

TESIS DOCTORAL

2018

**Evaluación y Aprendizaje en Laboratorios
Remotos: Propuesta de un Sistema
Automático de Evaluación Formativa
Aplicado al Laboratorio Remoto VISIR**

Félix García Loro

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES**

**Director: Manuel-Alonso Castro Gil
Codirector: Sergio Martín Gutiérrez**

TESIS DOCTORAL

2018



**Evaluación y Aprendizaje en
Laboratorios Remotos: Propuesta de un
Sistema Automático de Evaluación
Formativa Aplicado al Laboratorio
Remoto VISIR**

Félix García Loro

**Programa de Doctorado en Tecnologías
Industriales**

Director: Manuel-Alonso Castro Gil

Codirector: Sergio Martín Gutiérrez

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Control, Telemática y Química
Aplicada a la Ingeniería (DIECCTQAI)

Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales

Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED

Evaluación y Aprendizaje en Laboratorios Remotos: Propuesta de un Sistema Automático de Evaluación Formativa Aplicado al Laboratorio Remoto VISIR

Autor:

Félix García Loro

Ingeniero Industrial especialidad en Electrónica y Automática por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)

Máster en Investigación en Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Control Industrial por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)

Director:

Manuel-Alonso Castro Gil

Catedrático de Universidad

Codirector:

Sergio Martín Gutiérrez

Profesor Contratado Doctor

Madrid, 2018

Tesis doctoral: Evaluación y Aprendizaje en Laboratorios Remotos: Propuesta de un Sistema Automático de Evaluación Formativa Aplicado al Laboratorio Remoto VISIR

Autor: Félix García Loro

Director: Manuel-Alonso Castro Gil

Codirector Sergio Martín Gutiérrez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocal:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Madrid

de

de 2018

El Secretario del Tribunal

A todos los míos por su apoyo. Sin embargo, necesito destacar dos circunstancias que han resultado trascendentales durante este camino y que reposarán en mi corazón el resto de mi vida:

A mi mujer y a mi hija; os agradezco vuestra comprensión por el tiempo robado. Ambas, junto con el que está por llegar, sois mi oasis.

A mi padre; por enseñarme, una vez más, el significado real de la fuerza y la lucha, gracias.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Manuel Castro su apoyo y guía durante todos estos años, ¡empiezan a ser muchos ya!, pasando de ser mi profesor de Electrónica, mi Director de Proyecto Fin de Carrera, mi Director del Trabajo Fin de Máster y, finalmente, mi Director de Tesis. Confío en caminar senderos que sigan vinculados a ti para seguir sorprendiéndome.

Quiero agradecer a Sergio Martín, mi co-Director de tesis, sus consejos, ejemplos, recomendaciones, etc., que siempre fueron desde una posición igualitaria (gracias Sergio). Tanto tú como Manuel habéis sido la brújula de esta tesis.

Cualquiera que se haya enfrentado a este camino sabe que no lo he podido recorrer solo, sino que hay muchas otras personas que me han ayudado de distintas formas: con un consejo, con una indicación, con una pequeña aportación o con una contribución vital.

Quiero agradecer a Juanan y Juan toda su ayuda y dedicación desinteresada con el día a día y el diseño de los experimentos del laboratorio remoto en el que se centra esta tesis. Asimismo, a Pablo Losada por su ayuda en toda la parte web y de integración.

Gracias a Elio, Gabi y Santiago, que siempre me han señalado dónde estaba la meta.

Gracias también a Beatriz, Antonio, Clara, Charo, Paco, Juanvi y Moha en distintos aspectos y momentos.

Gracias a toda la comunidad VISIR, aprendiendo siempre unos de otros, y una mención especial al padre de VISIR, Ingvar Gustavsson (DEP).

Respecto a Pablo Orduña, no sé cómo expresarle mi agradecimiento no sólo por su ayuda en esta tesis. Cualquiera que le conozca sabe a qué me refiero. Seré escueto: Z3JhY2lhcywgdGllbmVzIHVuIGFtaWd0IGVuIG3DrS4=

Gracias a Javier y a Susana por haberme abierto el abanico.

No puedo olvidarme de Juan, Javier y Juan Carlos por estar siempre a mi lado cuando los he necesitado.

Y, por supuesto, gracias a toda mi familia.

Félix García Loro, Madrid, 2018

RESUMEN

En la actualidad los laboratorios remotos son una herramienta completamente integrada en los procesos educativos especialmente en enseñanzas técnicas que requieren la adquisición y evaluación tanto de contenidos como de competencias prácticas. Este fomento en el uso de laboratorios remotos con fines educativos se ha visto favorecido por sus altas prestaciones, la flexibilidad proporcionada a la hora de asimilarlos en los procesos de aprendizaje y su fiabilidad de uso.

El diseño y desarrollo de laboratorios remotos, como cualquier otra herramienta de la educación a distancia, ha buscado especialmente paliar las diferencias respecto a su homólogo en la educación presencial. Asimismo, aprovechan las ventajas inherentes de la educación a distancia como que los estudiantes se sienten más cómodos y seguros en un entorno en el que la experimentación está ajustada a sus necesidades temporales y geográficas y en un entorno en el que no se sienten evaluados por la figura presente del docente. Por otro lado, los laboratorios remotos, como laboratorios reales, no sólo trasladan todos los inconvenientes presentes en un laboratorio presencial que no estén relacionados con las habilidades manuales, sino que, además, incorporan nuevos inconvenientes relacionados con la tecnología desarrollada para su despliegue y añaden limitaciones en la experimentación ya sea para proteger los equipos e instrumentos que forman el laboratorio remoto como limitaciones constructivas del laboratorio. Además, la distancia impuesta intrínsecamente en su utilización conlleva un agravante respecto a los laboratorios presenciales: la distancia respecto al docente y, por lo tanto, una comunicación asíncrona con éste.

En este trabajo se presenta una herramienta y su arquitectura que aprovecha una ventaja constructiva de los laboratorios remotos: la comunicación entre usuario y laboratorio. El escenario empleado ha sido el laboratorio remoto VISIR. VISIR es un laboratorio remoto para la construcción de circuitos eléctricos/electrónicos.

A partir de dicha comunicación se establece un análisis de la actividad llevada a cabo por el usuario que permite llevar a cabo una evaluación tanto formativa como sumativa. Cada práctica de laboratorio se subdivide en un conjunto de experimentos individuales para los que se establece un patrón con el que contrastar la experimentación llevada a cabo en el laboratorio. De esta forma no sólo se automatiza el proceso de evaluación (sumativa) sino que se establece un escenario en el que la realimentación del docente de prácticas (formativa), presente en las prácticas de laboratorio presencial, está automatizada a través de la herramienta desarrollada mediante de una realimentación general del sistema, encargada del uso y configuración de los equipos, y una realimentación particular del docente, encargada del experimento evaluado, en pro de una autorregulación del aprendizaje.

ABSTRACT

At present remote laboratories are integrated into educational processes. This integration has been especially successful in technical degrees, where acquisition and assessment of both content and practical skills are key aspects. The use of remote laboratories has been fostered in educational institutions due to their high performance, flexibility and reliability.

The design and implementation of remote laboratories -, as with any other distance education tool - has focused especially on reproducing their counterpart in face-to-face education. And as with any other distance education tool, they take advantage of its inherent benefits: students feel more comfortable and safer in an environment that is adapted to their temporal and geographic needs and in a space where they do not feel assessed by the presence of a teacher. As the real laboratories they are, remote laboratories, transfer all the disadvantages related to handling from hands-on laboratories. They also add new problems related to the technology used for their deployment and add limitations in the experimentation for protecting the equipment and instruments as well as constructive constraints. Additionally, the intrinsic distance between student and teacher turns into asynchronous laboratory communication.

This doctoral dissertation presents a tool developed for remote laboratories and its architecture. This tool takes advantage of the constructive assets of one requirements of remote laboratories: communication between user and laboratory. The VISIR remote lab has been the scenario used for its deployment. VISIR is a remote laboratory for wiring and measuring electronics circuits on a breadboard remotely. Communication between the user and VISIR has been processed in order to analyze the activity of users in the remote lab through the logs stored in the RLMS WebLab. Each laboratory course is divided into a set of practical exercises and these, into a set of experiments. A pattern is assigned to each of these experiments and they are used to check against the activity

carried out by the users/students. Thus, not only the summative assessment is automated; a formative assessment is enabled too. The formative assessment is composed of the global feedback from the system —handled by the system and in charge of the use and settings of instruments and equipment— and of a specific feedback defined by the teaching staff and intended for evaluating the experiment designed by the teacher. This system provides a scenario for encouraging self-regulated learning.

ÍNDICE

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice.....	xv
Índice de Figuras.....	xxi
Índice de Tablas	xxix
Índice de Acrónimos	xxxiii
1. Introducción.....	1
1.1. Motivación de la investigación	1
1.2. Hipótesis y objetivos	6
1.3. Organización de la memoria.....	13
2. Contextualización y Estado del Arte.....	15
2.1. Proceso de aprendizaje.....	15
2.1.1. Introducción	16
2.1.2. Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)	17
2.2. Estrategias de aprendizaje.....	18
2.2.1. Definición de estrategia de aprendizaje.....	19
2.2.2. Tipos de estrategias de aprendizaje	21
2.2.2.1. Estrategias de aprendizaje cognitivo	21
2.2.2.2. Estrategias de aprendizaje conductual	22
2.2.2.3. Estrategias de aprendizaje autorregulado.....	22
2.3. Educación a Distancia.....	23
2.3.1. Introducción	24
2.3.2. El término de Educación a Distancia	25
2.3.3. Historia de la Educación a Distancia	30

2.3.4.	Metodología UNED.....	39
2.3.5.	E-learning.....	42
2.3.6.	Herramientas en la Educación a Distancia.....	46
2.3.6.1.	Entornos Virtuales de Aprendizaje.....	48
2.3.6.2.	Sistema de Gestión de Aprendizaje	49
2.3.6.3.	Entornos Personales de Aprendizaje	52
2.4.	<i>Entornos prácticos en la Educación a Distancia</i>	55
2.5.	<i>Laboratorios remotos</i>	56
2.5.1.	Características de los laboratorios remotos	57
2.5.2.	Arquitectura de los laboratorios remotos	58
2.5.3.	Percepción de los laboratorios remotos.....	59
2.5.4.	Integración de los laboratorios remotos en entornos educativos.....	68
2.5.4.1.	Laboratorios remotos como único proveedor experimental real	70
2.5.4.1.1.	Aplicados en el campus	70
2.5.4.1.1.1.	Célula de ensayo teleoperada.....	71
2.5.4.1.1.2.	Cambridge Weblab.....	73
2.5.4.1.2.	Aplicados fuera del campus	74
2.5.4.1.2.1.	Educación semipresencial: Máquina de estados de un ascensor .	75
2.5.4.1.2.2.	Educación semipresencial: Laboratorio CIM	76
2.5.4.1.2.3.	Educación a distancia: Célula de ensayo teleoperada	77
2.5.4.1.2.4.	Educación semipresencial: VISIR	77
2.5.4.1.2.5.	MOOC: VISIR	78
2.5.4.2.	Laboratorios remotos como elemento complementario	81
2.5.4.2.1.	Laboratorios remotos como elemento previo	82
2.5.4.2.1.1.	ISEP: VISIR.....	82
2.5.4.2.1.2.	UNED: VISIR.....	83
2.5.4.2.2.	Laboratorio remoto como elemento posterior.....	84
2.5.4.2.2.1.	Katedralskolan de Lund: VISIR	85
2.5.4.2.3.	Laboratorio remoto con acceso abierto durante el curso.....	86
2.5.4.2.3.1.	Deusto: VISIR.....	86
2.5.4.2.3.2.	ISEP: VISIR.....	87
2.5.4.3.	Laboratorios remotos como elemento en la clase presencial	88
2.5.4.3.1.	Laboratorio remoto como apoyo a exposición	88
2.5.4.3.1.1.	Célula de ensayo teleoperada	89
2.5.4.3.2.	Laboratorio remoto como escenario de examen.....	89
2.5.4.3.2.1.	BTH e instituto Katedralskolan de Lund - VISIR	90
2.5.4.3.2.2.	Estación de regulación	90
2.5.5.	Campos de aplicación de los laboratorios remotos	92
2.5.5.1.	Laboratorio remoto para la aplicación de la técnica DSSS.....	93
2.5.5.2.	Laboratorio para la modulación de la amplitud y frecuencia	95
2.5.5.3.	Laboratorio de comunicaciones Wireless.	96

2.5.5.4. LRA-ULE célula de clasificación electroneumática	97
2.5.5.5. Green Electric Energy Park (GEEP)	101
2.5.6. Laboratorios remotos dedicados a la electrónica analógica	103
2.5.6.1. Laboratorio remoto de electrónica inmersivo elab-3D	104
2.5.6.2. Laboratorio remoto para electricidad básica NetLab	108
2.5.6.3. Laboratorio remoto para electrónica LaboREM	111
2.5.7. Laboratorio remoto VISIR.....	117
2.5.7.1. Hardware	121
2.5.7.1.1. Chasis PXI.....	122
2.5.7.1.2. Controlador	122
2.5.7.1.3. Fuente de alimentación.....	123
2.5.7.1.4. Generador de funciones.....	123
2.5.7.1.5. Polímetro.....	124
2.5.7.1.6. Osciloscopio.....	124
2.5.7.1.7. Matriz de conmutación	124
2.5.7.1.8. Tarjetas de instrumentos	126
2.5.7.1.9. Tarjetas de componentes.....	127
2.5.7.2. Software	129
2.5.7.2.1. Interfaz web de usuario.....	129
2.5.7.2.2. Experiment server.....	131
2.5.7.2.2.1. Circuitlist.....	132
2.5.7.2.2.2. Multimeter	132
2.5.7.2.2.3. Function generator	133
2.5.7.2.2.4. Oscilloscope.....	134
2.5.7.2.2.5. Dcpower	136
2.5.7.2.3. Servidor de medida.....	137
2.5.7.2.4. Servidor de equipos.....	139
2.6. Evaluación	140
2.6.1. Realimentación de la evaluación	141
2.6.2. Evaluación en entornos prácticos.....	147
2.6.3. Evaluación en línea	153
2.6.3.1. Evaluación formativa en línea	153
2.6.3.2. Herramientas de autoevaluación en línea.....	156
2.6.3.3. Herramientas de Evaluación/Autoevaluación en entornos prácticos.....	157
2.6.3.3.1. AAAS	158
2.6.3.3.1.1. Entorno práctico empleado	158
2.6.3.3.1.2. Arquitectura del sistema de realimentación	158
2.6.3.3.1.3. Funcionamiento del sistema.....	159
2.6.3.3.2. SISA-EMU.....	163
2.6.3.3.2.1. Entorno práctico empleado	163
2.6.3.3.2.2. Arquitectura del sistema de realimentación	164

2.6.3.3.2.3. Funcionamiento del sistema.....	164
2.6.3.3.3. Módulo de verificación en SDLDS.....	166
2.6.3.3.3.1. Entorno práctico empleado	167
2.6.3.3.3.2. Arquitectura del sistema de realimentación	167
2.6.3.3.3.3. Funcionamiento del sistema.....	167
2.6.3.3.4. glGetFeedback	172
2.6.3.3.4.1. Entorno práctico empleado	173
2.6.3.3.4.2. Arquitectura del sistema de realimentación	173
2.6.3.3.4.3. Funcionamiento del sistema.....	173
2.6.3.3.5. F3A.....	174
2.6.3.3.5.1. Entorno práctico empleado	174
2.6.3.3.5.2. Arquitectura del sistema de realimentación	174
2.6.3.3.5.3. Funcionamiento del sistema.....	175
2.6.3.3.6. GOLDi.....	176
2.6.3.3.6.1. Entorno práctico empleado	176
2.6.3.3.6.2. Arquitectura del sistema de realimentación	176
2.6.3.3.6.3. Funcionamiento del sistema.....	176
2.6.3.3.7. HOP3X.....	179
2.6.3.3.7.1. Entorno práctico empleado	179
2.6.3.3.7.2. Arquitectura del sistema de realimentación	179
2.6.3.3.7.3. Funcionamiento del sistema.....	180
2.6.3.4. Resumen de los modelos evaluados.....	182
3. Visión general de la solución implementada	185
3.1. Introducción	185
3.2. Visión general del sistema propuesto	187
4. Estructura y generación del patrón.....	195
4.1. Introducción	195
4.2. Información disponible.....	196
4.3. Estructura de la 'request'	202
4.3.1. Construcción del circuito: <circuit>	202
4.3.2. Polímetro digital: <multimeter>	203
4.3.3. Generador de funciones: <functiongenerator>	204
4.3.4. Osciloscopio: <oscilloscope>.....	205
4.3.5. Fuente de alimentación: <dcpowerid>	206
4.4. Estructura del patrón.....	206
4.4.1. Patrón del circuito	207
4.4.1.1. Consideraciones previas para la generación del patrón del circuito.....	209
4.4.1.2. Proceso de análisis y transformación del patrón del circuito	211
4.4.1.3. Patrón del multímetro digital	225
4.4.1.4. Patrón del generador de funciones	226
4.4.1.5. Patrón de la fuente de alimentación	227

4.4.1.6. Patrón del osciloscopio	227
5. Entorno autoevaluativo/evaluativo	231
5.1. Introducción	231
5.2. Sistema de reservas	233
5.2.1. Justificación del sistema de reservas.....	233
5.2.1.1. Escenario A o escenario concurrente	234
5.2.1.2. Escenario B o escenario exclusivo	236
5.2.2. Funciones del sistema de reservas	241
5.2.2.1. Sistema de reservas.....	242
5.2.2.2. Entorno monitorizado o autoevaluativo:	244
5.2.3. Interfaz del sistema de reservas	245
5.2.4. Integración del sistema de reservas	250
5.2.4.1. Integración con LMS/CMS (LTI)	250
5.2.4.2. Integración con VISIR (WebLab-Deusto)	253
5.2.5. Estructura del sistema de reservas.....	255
5.3. Funcionamiento del entorno autoevaluativo/evaluativo	263
5.4. Proceso de análisis.....	269
5.4.1. Extracción de los identificadores de reserva	270
5.4.1.1. Informe de sesión.....	270
5.4.1.2. Informe de prácticas	271
5.4.2. Extracción de las ‘requests’	271
5.4.3. Preprocesamiento de las ‘requests’	273
5.4.4. Cotejamiento de la ‘request’	278
5.4.4.1. Premisas para el cotejamiento	278
5.4.4.2. Proceso del cotejamiento	279
5.4.4.2.1. Cotejamiento directo.....	280
5.4.4.2.2. Cotejamiento modular	280
5.4.4.2.2.1. Cotejamiento del montaje	280
5.4.4.2.2.2. Cotejamiento de la conexión de los instrumentos de medida....	280
5.4.4.2.2.3. Cotejamiento de la configuración de equipos e instrumentos ...	282
5.4.4.2.2.4. Cotejamiento del generador de funciones	282
5.4.4.2.2.5. Cotejamiento de la fuente de alimentación	282
5.4.4.2.2.6. Cotejamiento del polímetro.....	283
5.4.4.2.2.7. Cotejamiento del osciloscopio.....	283
5.4.4.2.2.7.1. Escala horizontal	283
5.4.4.2.2.7.2. Canales	284
5.4.4.2.2.7.3. Trigger.....	284
5.4.4.2.2.7.4. Menú de medidas.....	284
5.4.4.2.3. Almacenamiento.....	285
5.4.5. Generación del informe.....	286
5.4.5.1. Montaje incorrecto (‘status’ 0).....	286

5.4.5.2. Instrumentos mal conectados ('status' 1).....	286
5.4.5.3. Equipos y/o instrumentos mal configurados ('status' 2)	286
5.4.5.4. Experimento correcto ('status' 3)	290
6. Entorno administrativo.....	293
6.1. <i>Introducción</i>	293
6.2. <i>Necesidad del entorno administrativo</i>	294
6.3. <i>Creación de cursos</i>	296
6.4. <i>Creación de patrones modelo</i>	297
6.4.1. Información general	301
6.4.2. Información relativa al montaje del circuito.....	302
6.4.3. Información relativa a la configuración del generador de funciones	303
6.4.4. Información relativa a la configuración de la fuente de alimentación	306
6.4.5. Información relativa a la configuración del polímetro.....	306
6.4.6. Información relativa a la configuración del osciloscopio.....	307
6.5. <i>Almacenamiento del patrón modelo</i>	309
6.6. <i>Gestión del curso</i>	311
6.6.1. Presentación de la gestión del curso.....	312
6.6.2. Eliminación de prácticas.....	313
6.6.3. Disposición de las prácticas.....	314
6.6.4. Reusabilidad de los patrones modelo.....	314
7. Conclusiones y trabajo futuro.....	317
7.1. <i>Líneas de trabajo futuras</i>	321
8. Conclusions and future work.....	323
8.1. <i>Future lines of work</i>	326
Anexo: Contenido del CD	329
Referencias	335

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. ¿Qué es una estrategia?.....	19
Figura 2. Kenbak-1: Primer ordenador personal considerado por el Computer History Museum.....	35
Figura 3. Diagramas iniciales de ARPANET y sus nodos en octubre de 1980.....	36
Figura 4. Primer Smartphone: Simon Personal Communicator de IBM.....	38
Figura 5. Uso de internet: Comparativa entre pc y plataformas móviles.....	39
Figura 6. Metodología UNED.....	41
Figura 7. Uso de LMSs por tipo de organización.....	51
Figura 8. Herramientas más empleadas.....	51
Figura 9. Herramientas más deseadas.....	52
Figura 10. Comparativa de cuatro LMSs: BlackBoard Learn vs Moodle vs Docebo vs Edmodo.....	53
Figura 11. Esquema PLEs.....	54
Figura 12. Diagrama PLE.....	54
Figura 13. Arquitectura general de un laboratorio remoto.....	58
Figura 14. Resultados de la encuesta entre los estudiantes con experiencias de laboratorio.....	61
Figura 15. Interés de los profesores en la integración de los laboratorios remotos en el aula.....	62
Figura 16. Percepción de los laboratorios remotos: priori (superior) y posteriori (inferior).....	63

Figura 17. Porcentajes para la valoración a la pregunta Q1 por subpoblación y población total.....	64
Figura 18. Porcentajes para la valoración a la pregunta Q2 por subpoblación y población total.....	64
Figura 19. Porcentajes para la valoración a la pregunta Q3 por subpoblación y población total.....	65
Figura 20. Opinión de los estudiantes acerca de los laboratorios remotos.	67
Figura 21. Expectativas de los estudiantes antes de comenzar el curso (izqda.) y su opinión respecto al laboratorio remoto una vez concluido (dcha.).	67
Figura 22. Elementos de la célula teleoperada de la TU de Dortmund.	72
Figura 23. Integración del laboratorio remoto en el aprendizaje presencial.....	72
Figura 24. Cambridge Weblab.....	73
Figura 25. Panel de control con sistemas virtuales y reales controlados por el autómeta programable mediante funciones booleanas.	75
Figura 26. Laboratorio CIM.....	77
Figura 27. Integración de la célula de ensayo teleoperada en el aprendizaje online.	78
Figura 28. Resultados de la opinión de los usuarios/estudiantes sobre la afirmación: “El laboratorio remoto VISIR es beneficioso como herramienta para la obtención de competencias prácticas”. Usuarios/estudiantes con experiencia previa en laboratorios presenciales.....	82
Figura 29. Posición de los estudiantes de la asignatura de Fundamentos de Ingeniería Electrónica frente a la afirmación: “El laboratorio remoto VISIR es útil para preparar prácticas presenciales en el laboratorio”.....	84
Figura 30. Modelo de la estación de regulación empleada en el Departamento de Ingeniería Química del Tecnológico de Monterrey.....	91
Figura 31. Arquitectura del laboratorio DSSS.....	94
Figura 32. Interfaz de usuario.....	94
Figura 33. Panel frontal para la modulación de la amplitud (izquierda) y respuesta (derecha).....	96
Figura 34. Panel frontal para la modulación de la frecuencia (izquierda) y respuesta (derecha).....	96
Figura 35. Arquitectura general del laboratorio remoto.....	96

Figura 36. Hardware empleado para el laboratorio de comunicaciones Wireless.	97
Figura 37. Visualización de la cámara web enfocando el USRP.	97
Figura 38. Panel frontal para el experimento M-QAM.	98
Figura 39. Estructura general del OPC-DB link.	99
Figura 40. Arquitectura del laboratorio.	99
Figura 41. Sistema físico.	100
Figura 42. Instalaciones del laboratorio GEEP.	101
Figura 43. Pantalla de inicio del cliente LabVIEW de GEEP.	102
Figura 44. Implementación para el acceso remoto al laboratorio GEEP mediante NETLAB+.	103
Figura 45. Entorno virtual de 3DLabs.	105
Figura 46. Interfaz de eLab3D.	106
Figura 47. Equivalencia del puesto de trabajo virtual y real.	106
Figura 48. Arquitectura de eLab3D.	107
Figura 49. Arquitectura de NetLab.	109
Figura 50. La Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) en NetLab.	110
Figura 51. “Circuit Builder” de NetLab.	111
Figura 52. Hardware en NetLab.	112
Figura 53. LaboREM.	112
Figura 54. Aprendizaje implementado como una “búsqueda del tesoro”, con actividades en el LMS (lecciones, documentación, cuestionarios de autoevaluación y prueba final) y trabajo en el laboratorio remoto.	113
Figura 55. Diagrama de bloques de LaboREM. Los bloques en blanco representan las funciones en un laboratorio presencial; los bloques en gris aquellas implementadas en el laboratorio remoto.	114
Figura 56. Arquitectura de red y software.	114
Figura 57. Interfaz de cliente que muestra un panel frontal remoto: (Izquierda) etapas de aprendizaje del escenario pedagógico; (Centro) resultados experimentales (Bode parcelas de un filtro de paso alto; (Derecha) imagen en directo del laboratorio y los instrumentos, lista de Top 10 y la lista de espera de los usuarios.	116

Figura 58. Arquitectura hardware.....	116
Figura 59. Brazo robótico recogiendo un componente (a), colocándolo (b) y componente equipado con imanes.....	117
Figura 60. VISIR en el DIEEC-UNED. Capa de hardware en VISIR: chasis con las tarjetas del pc y de los equipos e instrumentos (izqda.); matriz de componentes (dcha.).....	118
Figura 61. Measure server (izqda.) y banco de trabajo simulado, captura de pantalla de la protoboard (dcha.).....	119
Figura 62. Chasis PXI 1042Q de 8 ranuras para AC Universal.....	122
Figura 63. Controlador PXI Express Embebido Dual-Core de 2.0 GHz PXI-8105.....	122
Figura 64. NI PXI-4110 Fuente de Alimentación DC Programable de Triple Salida.	123
Figura 65. NI PXI-5412 Generador de funciones.....	123
Figura 66. NI PXI-4072 FlexDMM y Medidor LCR Polímetro Digital (DMM).....	124
Figura 67. PXI-5114 Osciloscopio/Digitalizador de 8 Bits, 250 MS/s.	125
Figura 68. Matriz de conmutación con las mínimas tarjetas necesarias.	125
Figura 69. Propagación de los nodos en la matriz de conmutación.	126
Figura 70. Matriz de conmutación.....	127
Figura 71. Distintas configuraciones en las tarjetas de componentes: máximo de relés SIL admisibles (izquierda); empleando únicamente relés DIL (derecha).....	127
Figura 72. Zonas presentes en las tarjetas de componentes.....	128
Figura 73. Arquitectura de VISIR.	130
Figura 74. Interfaces de los instrumentos.	130
Figura 75. Evaluación y realimentación, dimensiones de la implementación.	144
Figura 76. El ciclo de aprendizaje basado en la investigación del proyecto Go-Lab.....	151
Figura 77. Modelo de evaluación automática propuesto.....	159
Figura 78. Pantallas de la aplicación a partir de la principal (centro).....	159
Figura 79. Parte del fichero con los datos recogidos de la actividad realizada.	160
Figura 80. Carga en la aplicación de los ejercicios del profesor y del estudiante.	161
Figura 81. Muestra de la comparación entre los ejercicios de profesor y estudiante.....	161
Figura 82. Algoritmo de determinación del tipo de ejercicio.	162

Figura 83. Muestra del resultado cuantitativo del ejercicio a partir de la ficha de evaluación.	163
Figura 84. El simulador SISA-F. Vista del depurador (izquierda), vista de la simulación (derecha).....	165
Figura 85. Problema propuesto a los alumnos.....	166
Figura 86. Script para realizar las comprobaciones del ejercicio de la Figura 85 y para proporcionar los mensajes descritos en la Tabla 23.	168
Figura 87. Sistema modular del simulador SDLDS.....	169
Figura 88. Integración del sistema SDLDS.....	169
Figura 89. Pantallas para seleccionar el tipo de circuito de conmutación y especificar su comportamiento.....	169
Figura 90. Representación y esquemas generados de las estructuras.	170
Figura 91. Pantalla principal para el diseño manual de un circuito conmutación.	170
Figura 92. Diagrama de flujo de la ejecución del algoritmo.	171
Figura 93. Ejemplos del módulo de verificación.	172
Figura 94. Visión general del sistema de realimentación y evaluación automática de las asignaciones de modelado 3D OpenGL.....	173
Figura 95. Estructura de la herramienta.	175
Figura 96. Visión general del entorno GOLDi.	177
Figura 97. Análisis del diseño del estudiante.....	177
Figura 98. Almacenamiento del proceso de aprendizaje.....	178
Figura 99. Arquitectura general de HOP3X e integración de la herramienta UTL.	180
Figura 100. Interfaz HOP3x.....	181
Figura 101. Esquema general de la arquitectura del sistema.....	189
Figura 102. Estructura establecida en el RLMS.....	192
Figura 103. Captura de pantalla de la protoboard para el experimento analizado.....	197
Figura 104. Denominación de los nudos.	203
Figura 105. Configuración en el polímetro para la lectura de caída de tensión en corriente continua.	204
Figura 106. Circuito de ejemplo.	208

Figura 107. Distintas configuraciones en protoboard (VISIR) para el circuito de la Figura 106.	208
Figura 108. Transformación equivalente llevada a cabo. El nuevo cortocircuito se ha representado en color verde.	216
Figura 109. Circuitos equivalentes con componentes sin polaridad.	224
Figura 110. Acceso al entorno evaluativo/autoevaluativo en la pantalla principal del sistema de reservas.	232
Figura 111. Montaje para la práctica del escenario A o escenario concurrente.	234
Figura 112. Diagrama de fases para las componentes y configuración dadas del montaje representado en la Figura 111.	235
Figura 113. Montaje en la protoboard simulada de VISIR del circuito mostrado en la Figura 111.	235
Figura 114. Esquemático de la práctica del escenario B o escenario exclusivo.	236
Figura 115. Implementación física del montaje representada la Figura 114.	236
Figura 116. Curvas obtenidas. Resistencia de la NTC en función del tiempo (izqda) y temperatura del componente en función del tiempo (dcha).	239
Figura 117. Circuito eléctrico resultante de la analogía presentada en la Tabla 38.	240
Figura 118. CPF3 resistencia de película metálica (Vishay-CPF , 2016).	240
Figura 119. Circuito eléctrico equivalente para el estado estacionario térmico.	240
Figura 120. Circuito eléctrico equivalente para el transitorio térmico.	241
Figura 121. Curva de temperatura teórica para el transitorio térmico.	241
Figura 122. Plataforma empleada para el seguimiento de las actividades de vídeo y vídeo-preguntas del MOOC “Bases de Circuitos y Electrónica Práctica”. Móviles, tabletas y otros dispositivos representados en eje principal; PC representado en eje secundario.	246
Figura 123. Uso de internet: Comparativa entre pc y plataformas móviles.	247
Figura 124. Capturas para distintas plataformas y modelos de distintas pantallas del sistema de reservas.	248
Figura 125. Esquema básico de LTI.	251
Figura 126. Actores en LTI.	252
Figura 127. Arquitectura WebLab-Deusto.	254
Figura 128. Esquema de federación de usuarios desde LMS/CMS por medio de la API de	

federación de WebLab-Deusto.....	254
Figura 129. Almacenamiento de los logs por sesiones de acceso al laboratorio remoto.	255
Figura 130. Flujo de información entre los distintos entornos.	256
Figura 131. Arquitectura y navegación en el sistema de reservas.....	259
Figura 132. Reservas activas.....	260
Figura 133. Tipos de informes disponibles.	263
Figura 134. Informe de sesión de prácticas.....	265
Figura 135. Informe de práctica.....	266
Figura 136. Pantalla de informe de sesión/práctica.	267
Figura 137. Extracto principal del pdf generado para el informe de práctica.	270
Figura 138. Obtención de los identificadores de reserva (reservation_id).	272
Figura 139. Extracción de las 'requests'.....	274
Figura 140. Preprocesamiento de las 'requests'.....	275
Figura 141. Cotejamiento 'requests' I.....	287
Figura 142. Cotejamiento 'requests' II.	288
Figura 143. Generación del informe.	291
Figura 144. Entorno administrativo.	295
Figura 145. Distintas capturas de pantalla en la generación del curso.....	298
Figura 146. Vinculación de los patrones modelo con las prácticas de los cursos.....	299
Figura 147. Campos que forman el bloque de información general del patrón modelo.	301
Figura 148. Información relativa al circuito.....	303
Figura 149. Información relativa al generador de funciones.....	304
Figura 150. Comparativa en la frecuencia resonante entre el valor teórico (izqda) y el valor práctico (dcha).....	305
Figura 151. Campos para la fuente de alimentación.	307
Figura 152. Campos en el polímetro.	308
Figura 153. Campos en el osciloscopio.	309

Figura 154. Distintas pantallas de la gestión del curso.	312
Figura 155. Gestión de los patrones modelo en el laboratorio remoto.....	315

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Algunas clasificaciones de las distintas generaciones de la Educación a Distancia.	31
Tabla 2. Resumen de las distintas generaciones de la Educación a Distancia.	40
Tabla 3. Listado de tipos de plugins en Moodle.	47
Tabla 4. Características de los diferentes tipos de laboratorios.	60
Tabla 5. Análisis por subpoblaciones para las preguntas relativas al laboratorio remoto de la encuesta pre-curso. Q1, Q2 y Q3.	65
Tabla 6. Tests de independencia para Q1, Q2 y Q3.	66
Tabla 7. Coeficiente de contingencia y V de Cramer para Q1, Q2 y Q3.	66
Tabla 8. Coeficiente de incertidumbre y lambda for Q1, Q2 y Q3.	66
Tabla 9. Resultados de la titulación académica más alta de los estudiantes agrupados por especialidad en la primera edición y segunda edición. Variación del porcentaje de la segunda edición respecto a la primera y resultados totales para ambas ediciones.	80
Tabla 10. Resultados de la encuesta con el laboratorio VISIR propiedad de BTH en el instituto Katedralskolan de Lund.	86
Tabla 11. Comparativa entre las soluciones servicios web y RFP.	115
Tabla 12. Mensajes de las tarjetas por tipo.	126
Tabla 13. Codificación para el equipo/instrumento.	139
Tabla 14. Codificación para la forma de onda.	139
Tabla 15. Características de la evaluación eficaz y propuestas de herramientas a los problemas que plantea.	142

Tabla 16. Principios para la realimentación de la evaluación.....	143
Tabla 17. Condiciones bajo las que la evaluación favorece el proceso de aprendizaje del estudiante.	145
Tabla 18. Estructura de criterios y subcriterios de evaluación y sus pesos.	149
Tabla 19. Objetivos propuestos por ABET, que abarcan el propósito fundamental de los laboratorios educativos de ingeniería.....	152
Tabla 20. Características descriptivas de los estudios.	155
Tabla 21. Explicación de los datos recogidos en el fichero de trazas.	160
Tabla 22. Significado de los tipos de ejercicio y de los errores asociados.	162
Tabla 23. Especificación del script de corrección.....	166
Tabla 24. Ejemplos de indicadores.	181
Tabla 25. Comparativa de los factores considerados relevantes para las soluciones evaluadas.....	182
Tabla 26. Contenido de la etiqueta 'circuitlist' en los XML de las 'request' correspondientes a la Figura 107.....	209
Tabla 27. Posibles tipos de componentes en el 'circuitlist'.	211
Tabla 28. Líneas descartadas en el preprocesamiento.....	212
Tabla 29. Transformaciones realizadas en el paso 1.	213
Tabla 30. Transformaciones realizadas al finalizar el paso 2.	218
Tabla 31. Estado escenarios tras paso 3.	220
Tabla 32. Procesamiento realizado en el paso 4. Designación de nudos genéricos para los equipos.....	221
Tabla 33. Procesamiento realizado en el paso 3. Designación de nudos genéricos para los componentes.....	223
Tabla 34. Designación de nudos genéricos para los componentes.	225
Tabla 35. Actividades para la práctica del escenario A o concurrente.	236
Tabla 36. Valores tabulados para la NTC 8016 10 k Ω	238
Tabla 37. Resultados obtenidos en un ensayo realizado, medidas cada 20 segundos...	238
Tabla 38. Analogía sistema térmico - sistema eléctrico.....	239
Tabla 39. Tabla <<reservas>> de la BBDD.	261

Tabla 40. Tabla <<weblabcom>> de la BBDD.	261
Tabla 41. Tabla <<course_exp>> de la BBDD.	262
Tabla 42. Tabla <<pattern>> de la BBDD.	262
Tabla 43. Posibles estados recibidos por los estudiantes para cada experimento.....	268
Tabla 44. Tabla <<course_exp>> de la BBDD.	298
Tabla 45. Columnas de <<pattern>>.	310
Tabla 46. Ejemplo de los campos relativos al montaje y configuración de los equipos e instrumentos almacenados en la BBDD.	311
Tabla 47. Contenido del CD	329

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ABET	Accreditation Board for Engineering and Technology
API	Application Programming Interface
BBDD	Bases de Datos
BCEP	Bases de Circuitos y Electrónica Práctica
BTH	Blekinge Tekniska Högskola
CMS	Content Management System
COMA	Curso Online Masivo Abierto
CRS	Computer Reservations System
DIEEC	Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Control
DIEECTQAI	Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Control, Telemática y Química Aplicada a la Ingeniería
ED	Equipo Docente
EEES	Espacio Europeo de Educación Superior
GPIB	General Purpose Interface Bus
ITS	Intelligent Tutoring System
LMS	Learning Management System
LTI	Learning Tool Interoperability
MOOC	Massive Open Online Course
NC	No Conectado
NI	National Instruments
PCI	Peripheral Component Interconnect
PLE	Personal Learning Environment
PXI	PCI eXtensions for Instrumentation
RAE	Real Academia Española
RLMS	Remote Laboratory Management System
SCORM	Sharable Content Object Reference Model
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics
TC	Tool Consumer
TIC	Tecnologías de Información y Comunicación
TP	Tool Provider
UNED	Universidad Nacional de Educación a Distancia
VISA	Virtual Instrument Software Architecture
VISIR	Virtual Instruments System In Reality

1. INTRODUCCIÓN

Soldado: ¿Vale la pena morir por ese planeta dejado de la mano de Dios?"

Zapp Brannigan: "A mí no me preguntes soldado, eres tú quien va a morir por él".

Futurama.

El presente trabajo de investigación describe el trabajo realizado para la optimización de los recursos de laboratorio del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Control (DIEEC), ahora Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Control, Telemática y Química Aplicada a la Ingeniería (DIEECTQAI), de la Escuela Técnica de Ingenieros Industriales (ETSII) de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

1.1. Motivación de la investigación

La importancia de la experimentación en el aprendizaje ha sido destacada por varios autores (Coble et al., 2010; Hanson et al., 2009; Naef, 2006; Nedic, Machotka y Nafalski, 2003). En este sentido, los laboratorios remotos —laboratorios reales accesibles y controlables remotamente mediante una red—, dentro del contexto adecuado, pueden permitir a los estudiantes dirigir (autorregular) su aprendizaje para alcanzar el conocimiento (Marques et al., 2014). De hecho, los laboratorios remotos son, en general, más flexibles y dinámicos a la hora de su integración en distintos escenarios de aprendizaje. La educación a distancia, a priori, es la primera beneficiada en la aparición

de los laboratorios remotos debido a la imposibilidad de proveer a los usuarios/estudiantes de prácticas de laboratorio con equipos reales. Sin embargo, existen múltiples escenarios de aprendizaje o educativos en los que los laboratorios remotos pueden ser integrados. Es tarea de los docentes tomar las medidas adecuadas para crear los entornos adecuados que permitan el aprendizaje autorregulado (Zheng y Li, 2016).

Los recursos de laboratorio en el marco de Educación a Distancia seguido en la UNED se basan en jornadas presenciales —por lo general, ocho horas en las que los estudiantes manipulan e interactúan con equipos e instrumentos reales— y complementado con simuladores y/o laboratorios virtuales.

Las prácticas presenciales en el modelo seguido en la UNED se encuentran sometidas a distintos costes asociados respecto a las universidades presenciales derivados de la dispersión geográfica de los estudiantes.

Los alumnos asistentes a las prácticas presenciales en la Sede Central de la UNED perciben las ayudas económicas indicadas como concepto de "Bolsa de Viaje". Las ayudas económicas abarcan:

- Ayuda por desplazamiento: Se abona una ayuda por desplazamiento por cada convocatoria de prácticas en función de la localización del Centro Asociado al que está adscrito el estudiante. La cuantía asciende hasta 120 € para aquellos estudiantes fuera del territorio peninsular.
- Ayuda por estancia: Se abona una ayuda por estancia por cada día en que el estudiante haya realizado prácticas y en función de la localización del Centro Asociado, con un máximo de cinco días por convocatoria. La cuantía es de 37 € por día.

Por lo tanto, las prácticas presenciales en la UNED conllevan unos costes económicos muy superiores a los de otras instituciones dedicadas a la educación formal.

El modelo seguido en la UNED únicamente permite interactuar con equipos e instrumentos reales en las jornadas presenciales. Por este motivo, los laboratorios remotos —laboratorios reales, accesibles y controlables de forma remota mediante una red— se han convertido en una herramienta necesaria para ofrecer a los estudiantes un mayor contacto con la experimentación real.

Dentro de los aspectos que afectan a la metodología UNED, de gran importancia es el proceso educativo establecido en el EEES (Espacio Europeo de Educación Superior) (Ehea.info, 2017), en cuanto a los procesos de aprendizaje, promueve el cambio de la metodología docente centrando el proceso de aprendizaje en el estudiante basado en competencias y no en contenidos. Para autores como Hernández Pina Rosario y Cuesta (2010) se hace patente que el EEES pone énfasis en la autonomía del aprendizaje de los

estudiantes y en la responsabilidad que éstos deben asumir en el proceso de construcción de su conocimiento. Por lo tanto, el aprendizaje se centra en el estudiante y no en el docente, como venía siendo tradicionalmente. La figura del estudiante pasivo y como unidad receptora se convierte en el elemento activo del aprendizaje.

Por otro lado, cada individuo construye su aprendizaje de forma distinta. Basándose en sus conocimientos previos y competencias, reestructura su conocimiento y desarrolla nuevas competencias. En este proceso de aprendizaje, el individuo, no solo se beneficia al alcanzar un nuevo conocimiento o capacitación, sino que también se ve beneficiado de un aprendizaje de competencias inherentes al aprendizaje: aprendizaje procedimental, aprendizaje actitudinal, aprendizaje analítico, etc., y competencias para guiar su propio aprendizaje (aprendizaje autorregulado), propiciando el proceso metacognitivo: aprender a aprender, permitiéndole ser cada vez más autónomo y promoviendo la autorregulación de su propio aprendizaje. En este proceso, la motivación y disposición de los estudiantes juegan un papel importante.

Los estudiantes, al enfrentarse a una tarea, llevan a cabo una estrategia basada en sus competencias y conocimientos. Cada individuo posee múltiples estrategias de aprendizaje y, por lo tanto, a la hora de enfrentarse a una tarea no es suficiente con disponer de estrategias de aprendizaje adecuadas, sino que es necesario saber por qué, cómo y cuándo utilizarlas. Asimismo, la actitud y motivación de los estudiantes hacia la tarea tanto para regularla, controlarla y reflexionar sobre las diferentes decisiones que deben tomar en el momento tienen un papel clave (Valle et al., 1998). Con estos ingredientes, cada individuo es único, con unas competencias y conocimientos distintos a los del resto de individuos, y con una actitud, motivación y entorno distintivo.

Las distintas estrategias de aprendizaje aplicadas en el proceso conllevan una individualización del aprendizaje, lo que implica que distintos individuos emplean distintas herramientas educativas para alcanzar los mismos objetivos curriculares en una determinada materia. Asimismo, el uso de una herramienta educativa varía en función del individuo, integrándolo de distinta forma y con objetivos y beneficios distintos en su aprendizaje.

Por lo tanto, la idoneidad de una herramienta educativa es relativa, ya que su capacidad no depende de la herramienta ni de las actividades diseñadas/desarrolladas con ella, sino del individuo y de sus escenarios o contextos para alcanzar el conocimiento. Los docentes, mediante la identificación de las fortalezas y debilidades de aprendizaje de los estudiantes, pueden favorecer el aprendizaje de los estudiantes, y que el “aprender a aprender” (metacognición) proporcione una base para el aprendizaje permanente (Coffield et al., 2004).

En este sentido, los laboratorios remotos, poseen un gran atractivo para los estudiantes. Diversos estudios recogen la elevada motivación con la que los estudiantes afrontan las prácticas experimentales en laboratorios remotos (García-Loro, 2014; Dziabenko Orduña y García-Zubía, 2013; Claesson y Håkansson 2012). Además, la experiencia previa, tanto en entornos prácticos remotos como presenciales, no afecta a la valoración de los estudiantes sobre los laboratorios remotos (García-Loro, 2014). Esta mayor motivación por los laboratorios remotos, se ve asimismo reflejada en que los estudiantes, mayoritariamente prefieren las actividades mediante herramientas online debido a, entre otros motivos, a que les permiten trabajar a su propio ritmo (Lim et al., 2006). Profundizando en esta idea, Marques et al. (2014) señalan que los laboratorios remotos se adaptan muy bien para la autorregulación del aprendizaje.

Los laboratorios remotos potencian las posibilidades en la enseñanza, especialmente en áreas técnicas. Pueden ser incluidos en las clases teóricas a modo de demostración de los conceptos teóricos, ser una parte más o menos flexible del plan de estudios o empleados únicamente sólo para ser explorado por aquellos estudiantes interesados. Existen múltiples escenarios en los que la flexibilidad y disponibilidad en el acceso de los laboratorios remotos pueden servir de soporte a los profesores en el proceso de enseñanza y de ayuda o refuerzo a los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

Los entornos de aprendizaje pueden proporcionar distintas tecnologías para fomentar la autorregulación de los estudiantes (Duffy y Azevedo, 2015; Narciss, Proske y Koerndle, 2007). Los estudiantes pueden aprender de forma eficiente por varios tipos de andamiajes (scaffoldings), de aprendizaje autorregulados (Poitras y Lajoie, 2014).

A fin de dotar a los estudiantes de la capacidad de autorregulación en el proceso de aprendizaje existen multitud de herramientas. Sin embargo, el uso de una herramienta educativa varía en función del individuo, integrándolo de distinta forma y con objetivos y beneficios distintos en su aprendizaje. Es decir, distintos individuos emplean distintas herramientas educativas para alcanzar los mismos objetivos, y distintos individuos obtienen distintos beneficios (o puede darse el caso que hasta ninguno) al emplear la misma herramienta. Esta flexibilidad en los procesos de aprendizaje debe ser tenida en cuenta por los docentes.

Analizando la historia de la educación a distancia se observa una tendencia que la caracteriza, inicialmente busca suplir los déficits en un determinado campo, herramienta o actividad respecto a la educación presencial. Por lo general, esta solución se basa en la aplicación de la tecnología disponible para acotar la solución. Posteriormente, una vez consolidada la aplicación de la solución, se llevan a cabo mejoras, se incorporan funcionalidades y se explotan las posibilidades de la solución aplicada.

En esta línea, el desarrollo de los laboratorios remotos se ha centrado en disminuir la distancia entre la experimentación presencial y la experimentación remota, y en mejorar tanto la respuesta del laboratorio remoto como las funcionalidades del usuario. Sin embargo, no se encuentra un gran número de laboratorios remotos o entornos asociados a estos que aprovechen la comunicación entre el usuario y el laboratorio para aportar beneficios inherentes a los laboratorios remotos.

Por otro lado, si trasladamos el comportamiento de los estudiantes en las prácticas presenciales a los entornos de experimentación remota, se puede predecir que, en numerosas ocasiones, los estudiantes se sienten perdidos a la hora de manipular los equipos o en el montaje de los circuitos. Este hecho se agrava aún más en escenarios de experimentación individuales como es el caso de los laboratorios remotos, salvo por propuestas llevadas a cabo en determinados trabajos (Bochicchio et al., 2015; Fayolle, Gravier y Jailly, 2010, (Maiti, 2016). Mientras que en un laboratorio presencial los estudiantes pueden preguntar al docente encargado de las prácticas ante cualquier tipo de duda (manipulación de los equipos e instrumentos, preguntas relativas al montaje o a la corrección del experimento) prácticamente de forma síncrona, en un laboratorio remoto esta comunicación se realiza de forma asíncrona y normalmente la respuesta llega muy distanciada en el tiempo respecto a la experimentación.

Asimismo, en los casos en los que, debido a una mala interpretación de los enunciados o a lagunas de desconocimiento en el uso de los equipos e instrumentos de laboratorio, los estudiantes no llevan a cabo el experimento solicitado, en un laboratorio presencial este error es detectado por el docente, permitiendo cierto margen de maniobra a los estudiantes a enmendar el error, mientras que, en un laboratorio remoto, este tipo de error sólo es detectado a la hora de la corrección de la memoria de prácticas en el laboratorio remoto, que, por lo tanto, no permite maniobra de corrección a los estudiantes.

El trabajo realizado en esta tesis está basado en la experiencia y trabajo realizado en el Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control (DIEEC) de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Se pretende proporcionar nuevas funcionalidades al campo de experimentación y desarrollo de los laboratorios remotos dentro del departamento. Estas funcionalidades pretenden promover una mayor autonomía en el trabajo de los estudiantes dentro de los laboratorios remotos, incentivando la autorregulación del aprendizaje y enriquecer los entornos prácticos que emplean laboratorios remotos. Estos objetivos se pretenden conseguir mediante un entorno de autoevaluación (evaluación formativa no sumativa) de las prácticas en el laboratorio remoto VISIR (Virtual Instruments System In Reality) para los estudiantes,

ofreciendo asimismo la posibilidad a los docentes de la evaluación de dicha actividad de sus estudiantes (evaluación sumativa).

Para lograr este objetivo, el sistema implementado se ha basado en el laboratorio remoto VISIR. El laboratorio remoto VISIR es un laboratorio real de electrónica analógica, accesible y controlable de forma remota mediante una red. Desde la instalación del laboratorio remoto VISIR, y su implantación en las asignaturas de grado relacionadas en el departamento, ha sido un elemento clave en las prácticas de laboratorio de electrónica analógica para cursos de grado (Tawfik et al., 2012), en Cursos Online Masivos Abiertos (COMAs o MOOCs del inglés Massive Open Online Courses) (García-Loro et al., 2014a, 2014b) o en cursos de máster (Tawfik et al., 2013) así como asignaturas de cursos privados a distancia. Asimismo, en 2015, VISIR fue nombrado como el mejor laboratorio remoto por el Global Online Laboratory Consortium, GOLC, (Najimaldeen, 2017).

El laboratorio remoto VISIR tiene una característica que le convierte en un objetivo difícil, respecto a otros laboratorios remotos, para la implantación del entorno planteado en esta tesis: su alto grado de libertad a la hora de la experimentación. Al tratarse de un escenario abierto para la experimentación, y no experimentos delimitados a un determinado número de parámetros ajustables, el número de posibilidades crece exponencialmente respecto a otro tipo de laboratorio remoto. Sin embargo, esta característica que conlleva un escenario más complejo de análisis en el planteamiento también supone una ventaja para comprobar la hipótesis de esta tesis, ya que el escenario seleccionado es de los más exigentes que se pueden encontrar.

1.2. Hipótesis y objetivos

Hipótesis

Es posible definir un modelo para el análisis automático de la experimentación, aplicado al campo de los laboratorios remotos, sobre el que se puedan desarrollar herramientas que incentiven el aprendizaje autorregulado.

Para validar esta hipótesis se debe desarrollar un modelo para el análisis automático de la interacción en laboratorios remotos, que contemple un número indeterminado de experimentos dentro de una práctica y que sea independiente del experimento y del número de experimentos realizados, junto con un entorno que permite mostrar los resultados de dichos análisis basándose en parámetros objetivos. Por lo tanto, el objetivo general de este trabajo de tesis es:

Objetivo General

Desarrollar un modelo para el análisis automático de la interacción en laboratorios remotos e implementar un entorno que permita mostrar resultados a partir de dicho análisis, llevar a cabo una evaluación formativa y permitir una evaluación sumativa objetiva y transparente.

Tomando como origen el objetivo general, se derivan los siguientes objetivos específicos, que cubren los diversos aspectos en que se despliega el objetivo general.

Para el cumplimiento del objetivo general desarrollar e implementar la arquitectura general del modelo e identificar y definir los actores requeridos para el cumplimiento del objetivo general. Esta arquitectura será independiente del laboratorio remoto empleado. En este objetivo se deben establecer las interacciones requeridas entre los distintos actores y, asimismo, identificar las limitaciones de dichas interacciones.

Objetivo Específico 1

Desarrollar una arquitectura que integre el sistema encargado del almacenamiento, análisis de la experimentación y el entorno para la presentación de los resultados y evaluación.

Para la implementación del sistema se requiere la definición del laboratorio remoto sobre el que será implementado el sistema. La identificación de los parámetros relevantes en la experimentación con el laboratorio remoto, son, en general, independientes para cada laboratorio remoto incluso para aquellos dedicados a la misma área de conocimiento.

Objetivo Específico 2

Para un laboratorio remoto especificado, identificar y definir los parámetros relevantes en la experimentación que el usuario puede llevar a cabo a fin de establecer la realimentación que será posible establecer con el usuario.

Una parte significativa del sistema será la definición de los escenarios de experimentación en los que el docente establecerá la evaluación. Para la evaluación, tanto sumativa como formativa, establecida en el objetivo general se requiere de un entorno que permita a los docentes estructurar la experimentación y definir los parámetros evaluables del experimento. Con el siguiente objetivo el docente podrá implementar

cursos formados un número determinados de prácticas que, a su vez, estarán formadas por un número determinado de experimentos. Cada experimento tendrá definido unos objetivos especificados por el docente.

Objetivo Específico 3

Definir e implementar un entorno que permita a los docentes incorporar cursos, prácticas y experimentos centrado en un laboratorio remoto.

Para el laboratorio remoto establecido, y a partir de la experimentación del estudiante, definición e implementación del acceso a los datos de experimentación del estudiante para su procesado acorde a lo establecido en el objetivo específico 2, cotejamiento de los datos procesados e identificación de los resultados relevantes obtenidos a fin de mostrar su visualización. Estos resultados obtenidos del cotejamiento de la experimentación del estudiante respecto al modelo del docente serán los indicadores, a partir de los que el sistema por un lado y el docente por otro proporcionan, que establecerán la realimentación recibida por el estudiante.

Objetivo Específico 4

Definir e implementar, para un laboratorio remoto determinado, la extracción de los datos de experimentación, su procesado, cotejamiento con el modelo del docente y la visualización e identificación de los resultados relevantes.

Para la validación del sistema se requiere experimentar con el laboratorio y evaluar la respuesta del sistema implementado. Sin embargo, su despliegue en cualquiera de los escenarios en los que el laboratorio remoto seleccionado se emplea dentro del DIEEC/DIEECTQAI de la UNED no garantizaría el correcto funcionamiento del sistema. Por ello, se establecerá un conjunto de pruebas para evaluar los posibles escenarios, haciendo mayor hincapié en aquellos más problemáticos. A partir de dichos ensayos, se establecerán posibles medidas correctoras, si bien, en algunos casos, estas deberán ser consensuadas.

Objetivo Específico 5

Validar el sistema global implementado mediante un juego de pruebas reales que cubra los distintos aspectos del laboratorio remoto seleccionado.

La implementación de la arquitectura general del sistema debe contemplar, como mínimo el almacenamiento del modelo de cada experimento, el almacenamiento de la definición de la estructura de cada curso, la definición de la estructura de cada práctica y el entorno de visualización de la experimentación del estudiante.

Objetivo operativo 1

En dependencia del objetivo específico 1; Implementación de la arquitectura general del sistema, independiente del laboratorio remoto empleado, definiendo e implementando las acciones de los distintos actores del sistema.

La concreción del objetivo específico 2 requiere distintas acciones a desarrollar. Por otro lado, independientemente de las acciones necesarias sea cual sea el laboratorio remoto, dado que la comunicación entre usuario y la capa de hardware es, en general, distinta para cada laboratorio remoto, se requiere la determinación del laboratorio remoto sobre el que se implementará el sistema. Para la implementación del sistema se ha seleccionado el laboratorio remoto VISIR. El laboratorio remoto VISIR posee determinadas características que lo convierten en un entorno de aplicación óptimo — grados de libertad disponibles para la experimentación, aceptación a nivel mundial o el número de unidades instaladas y empleadas en distintas universidades—. Por lo tanto, el siguiente objetivo operativo se centra en concretar el modelo definido para el análisis de la solicitud de acceso al hardware del laboratorio remoto VISIR.

En el laboratorio remoto VISIR, al igual que en un laboratorio presencial de electrónica analógica, distintas implementaciones resultan en el mismo circuito. Es decir, un circuito se puede implementar de múltiples formas en la protoboard sin que el resultado de las corrientes, tensiones y/o medidas se vean afectadas.

Objetivo operativo 2.1

En dependencia del objetivo específico 2; Desarrollar un algoritmo que permita la generalización de la construcción de los circuitos llevados a cabo en el laboratorio remoto VISIR, teniendo en cuenta las posibles distintas configuraciones equivalentes. Dicho algoritmo será empleado tanto para la generalización del modelo establecido por el docente como para el análisis de la implementación del estudiante.

Asimismo, los equipos e instrumentos requieren un tratamiento de la información. Sin embargo, en este caso y para el laboratorio remoto seleccionado, si bien sí es necesario una generalización de la conexión de los instrumentos y de ciertos parámetros relevantes de la configuración, la generalización de la configuración no es tan crítica y ésta puede ser abarcada tanto en la generación del modelo para su posterior almacenamiento, o bien en el cotejamiento con la experimentación del estudiante.

Objetivo operativo 2.2

En dependencia del objetivo específico 2; Implementar el código para la identificación de la configuración de los equipos e instrumentos relevantes para el modelo del experimento.

Una vez analizados todos los parámetros relevantes según se especifica en el objetivo específico 2 para la experimentación en el laboratorio remoto designado, se debe implementar el formato de almacenamiento (codificación del modelo de experimentación) y la forma en que dicha información almacenada será decodificada. La arquitectura de almacenamiento de los modelos de experimentación está definida en el objetivo específico 1 e implementada en el objetivo operativo 1, Los parámetros a almacenar son los establecidos en el objetivo operativo 2 y objetivo operativo 3.

Objetivo operativo 3

En dependencia del objetivo específico 2; Implementación de la codificación/descodificación del modelo establecido por el docente y su almacenamiento.

A fin de poder establecer cursos, protegidos con una contraseña y asegurar la univocidad, se implementará un entorno administrativo. Desde este entorno se

gestionarán todos, los cursos, prácticas y experimento y su uso será exclusivo para administrador/es y docentes.

Objetivo operativo 4

En dependencia del objetivo específico 3; Desarrollar un entorno administrativo para la creación, administración y gestión de cursos.

Los docentes han de poder establecer las prácticas en las que está compuesto su curso y diseñar los experimentos por los que estará formado cada práctica. Por ello, se requiere un entorno docente que sea capaz de añadir prácticas, organizarlas y eliminarlas dentro de un curso, así como los experimentos en los que se compone cada práctica. Esta estructura del curso será la que heredará la visualización del estudiante para la muestra de resultados. Se pretende. Asimismo, aprovechar los experimentos implementados en cualquier curso a fin de favorecerse la reusabilidad.

Objetivo operativo 5.1

En dependencia del objetivo específico 3; Desarrollar un entorno para el docente desde el que éste pueda definir las prácticas de cada curso y añadir experimentos a cada práctica, de forma que le permita establecer los parámetros relevantes para cada experimento.

Objetivo operativo 5.2

En dependencia del objetivo específico 3; Implementar las medidas necesarias para la reusabilidad de los modelos del docente establecidos en prácticas ya incorporadas al sistema.

A fin de analizar la interacción del estudiante en el laboratorio remoto, se requiere la extracción de los datos de experimentación. Estos datos serán todos los experimentos vinculados a una práctica en concreto. Por lo tanto, el elevado número de experimentos requiere un preprocesado de la información extraída basado en la identificación de los experimentos únicos y eliminación de los duplicados—experimentos con igual solicitud de configuración para el hardware del laboratorio—. Posteriormente, se requiere un procesado de estos experimentos únicos para poder ser cotejados con el modelo del docente. Por otro lado, en la visualización del entorno del estudiante, se deben establecer los distintos niveles del experimento, la estructura definida en el objetivo específico 3 e implementada en el objetivo operativo 5.1 y la visualización de los parámetros.

Objetivo operativo 6.1

En dependencia del objetivo específico 4; Implementar la extracción de los datos de experimentación del estudiante y su preprocesado.

Objetivo operativo 6.2

En dependencia del objetivo específico 4; Implementar el procesado de la información de la experimentación heredada del objetivo operativo 6.1 empleando el algoritmo definido en los objetivos operativo es 2.1 y 2.2.

Objetivo operativo 6.3

En dependencia del objetivo específico 4; Implementar el algoritmo de cotejamiento con el modelo de experimentación del docente y obtención de los resultados relevantes.

Objetivo operativo 7

En dependencia del objetivo específico 4; Implementar el algoritmo de cotejamiento con el modelo de experimentación del docente y obtención de los resultados relevantes.

Para la validación del sistema se requiere experimentar con el laboratorio y evaluar la respuesta del sistema implementado. A partir de dicho juego de pruebas se valorarán los posibles cambios necesarios en las acciones desarrolladas e implementadas de los distintos objetivos operativos.

Objetivo operativo 8

En dependencia del objetivo específico 5; Para el laboratorio remoto seleccionado, implementar un juego de pruebas para validar el funcionamiento de las distintas herramientas y sistemas del entorno.

1.3. Organización de la memoria

En el capítulo 2 se presenta una contextualización del entorno en el que se enmarca esta tesis. Partiendo desde el proceso de aprendizaje y las estrategias de aprendizaje, y su integración en la Educación a Distancia, siendo utilizable tanto en la educación on-line y la presencial. A continuación, se presentan los laboratorios remotos como herramienta de aprendizaje en la Educación. En este capítulo, además de describir distintos laboratorios remotos aplicados en distintas áreas de conocimiento, se focaliza en los laboratorios remotos de electrónica analógica y se describe en profundidad el laboratorio remoto VISIR —Laboratorio remoto para electrónica analógica sobre el que se ha desarrollado el sistema/entorno descrito en esta tesis—. Por último, se describen los sistemas de evaluación formativa automáticos desarrollados sobre entornos prácticos.

El capítulo 3 ofrece un resumen del sistema implementado y el entorno sobre el que se ha implementado. En este capítulo se pretende ofrecer un marco que aglutine los distintos entornos, en ningún caso se profundiza en las funciones o responsabilidades de los distintos sistemas. En los capítulos posteriores se desarrollan los distintos entornos descritos en este capítulo.

En el capítulo 4 se describe la estructura y generación del patrón de la experimentación. El proceso de generación del patrón es común tanto para el modelo llevado a cabo por el docente, como para la experimentación llevada a cabo por el estudiante. Se desarrolla partiendo de la información de entrada inicial hasta el patrón modelo que será almacenado en el entorno administrativo o el patrón del experimento del estudiante que será contrastado con el patrón modelo correspondiente en el entorno autoevaluativo/evaluativo.

En el capítulo 5 se detalla el entorno autoevaluativo/evaluativo. La herramienta implementada se ha integrado en el sistema de reservas del laboratorio remoto VISIR. El laboratorio remoto VISIR instalado en la UNED posee circuitos diseñados que presentan la necesidad de un sistema de reservas que gestione la disponibilidad del laboratorio remoto en función del tipo de experimento al que acceden los estudiantes. Por este motivo, este capítulo comienza con la descripción del sistema de reservas. Además de la

descripción del entorno y de los distintos tipos de informes implementados, se presentan los algoritmos del entorno automático evaluativo formativo.

El capítulo 6 está centrado en el entorno administrativo. Se parte de la justificación de su existencia, y, a partir de ella, se presentan las distintas funcionalidades y características (creación de cursos para el entorno autoevaluativo, creación de experimentos para cada práctica, reutilización, etc.). Asimismo, se describe como se lleva a cabo la creación y el almacenamiento de todas las variables del patrón modelo.

En el capítulo 7 se presentan las conclusiones del trabajo desarrollado y las posibles líneas de trabajo futuro.

2. CONTEXTUALIZACIÓN Y ESTADO DEL ARTE

“Desde que el hombre dejó por primera vez su cueva y conoció a otro individuo con distinto idioma y formas diferentes de ver las cosas, la raza humana ha tenido sólo un sueño: matarlo para no tener que aprender su idioma ni su forma de ver las cosas”.

Zapp Brannigan, Futurama.

El trabajo realizado en esta tesis comprende desde los procesos de aprendizaje, con el objetivo de establecer los fundamentos necesarios para el aprendizaje autorregulado, hasta la evaluación formativa/sumativa automática en entornos online aplicado a laboratorios remotos. Evidentemente, los procesos de aprendizaje se encuentran estrechamente vinculados a los de enseñanza. Asimismo, la educación a distancia, la evaluación en entornos prácticos y los laboratorios remotos, especialmente aquellos dedicados a la electrónica analógica, son el resto de escenarios donde se enmarcar este trabajo.

2.1. Proceso de aprendizaje

Desde que existe la humanidad, existen procesos educativos para la transmisión de conocimientos y habilidades de padres a hijos, de expertos a novicios o de ancianos a jóvenes. Los procesos involucrados en la enseñanza evolucionan basándose en

numerosas pruebas y ensayos de la eficacia de las distintas técnicas aplicadas para alcanzar las metas educativas.

En los últimos años se ha experimentado a un cambio de paradigma en la concepción de cómo se debe enseñar y aprender. Mientras que el modelo tradicional sitúa al profesor en el centro del aprendizaje, la nueva tendencia es la del aprendizaje centrado en el estudiante; Mientras que en el modelo tradicional la figura del estudiante es pasiva y receptora, en el nuevo modelo es el estudiante el elemento activo del aprendizaje.

2.1.1. Introducción

En la primera mitad del siglo XX, el proceso de aprendizaje se investigaba desde la corriente conductista, que estudiaba y modificaba la conducta a través de los procesos de condicionamiento clásico y operante. Se trata de un modelo pedagógico apoyado en el aprendizaje memorístico, es decir, un aprendizaje basado en contenidos declarativos y poco enfocado en la adquisición de técnicas procedimentales o por competencias. El aprendizaje se concibe como la unión entre diferentes conceptos simples a través del establecimiento de asociaciones graduales entre ellos (López-Martínez, 2015). En este proceso de aprendizaje, el estudiante es un elemento pasivo que adquiere habilidades o conceptos complejos progresivamente, partiendo siempre de los componentes más sencillos de la habilidad o concepto (Pozo y Monereo, 1999).

En la década de los 50 surge la corriente cognitivista (o del procesamiento de información), basada en el estudio de los procesos internos de pensamiento. Derivadas de ellas, en la década de los 70 surgen las técnicas cognitivas, basadas en el cambio de la conducta a través de la modificación de los procesos de pensamiento. El procesamiento de la información tiene como eje central la comprensión del significado de los conceptos para elaborar estructuras de conocimiento. Por tanto, se busca la asimilación comprensiva de los conocimientos, como medio para conseguir aprendizajes significativos de los estudiantes (Yanac, 2007).

Posteriormente aparece la vertiente constructiva de la teoría cognitiva, que parte de diversas fuentes, pero especialmente de las teorías constructivistas de Piaget (1954). En esta teoría, el proceso (de aprendizaje) se debe basar en una constante construcción y reconstrucción del conocimiento. En este proceso de aprendizaje, el individuo, no solo se beneficia al alcanzar un nuevo conocimiento o capacitación, sino que también se ve beneficiado de un aprendizaje de competencias inherentes al aprendizaje: aprendizaje procedimental, aprendizaje actitudinal, aprendizaje analítico, etc.; estableciendo nuevas competencias y reestructurando las existentes en el proceso de aprendizaje del individuo.

En resumen, el enfoque constructivista pretende que el individuo vaya reestructurando conocimientos y competencias para guiar su propio aprendizaje (aprendizaje autorregulado), propiciando el proceso metacognitivo: aprender a aprender, permitiéndole ser cada vez más autónomo y promoviendo la autorregulación de su propio aprendizaje (Zamora, 2015; López-Martínez, 2015).

Por último, el modelo social constructivista se basa en la interacción social como fuente del aprendizaje y considera que los estudiantes construyen activamente nuevas ideas a través del diálogo y del aprendizaje colaborativo (López-Martínez, 2015). En este modelo no solo se construye el conocimiento y las competencias a través de las acciones individuales (constructivista), sino que el individuo incorpora la realimentación de sus iguales a través de la interacción y el trabajo colaborativo.

2.1.2. Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)

En 1998 se inicia con la Declaración de la Sorbona un proceso de convergencia en el EEES que se concreta en 1999 con la firma de la Declaración de Bolonia por los Ministerios con competencias en Educación Superior de 29 estados europeos, y a la que le siguen declaraciones posteriores (Ehea.info, 2017).

El proceso educativo establecido en el EEES, en cuanto a los procesos de aprendizaje, promueve el cambio de la metodología docente dejando atrás el modelo didáctico centrado en el profesor (clases magistrales) y dirigiéndose a un modelo educativo centrado en el alumno en el que sea parte activa de su aprendizaje. Un primer indicador de esta reforma es el cambio en el sistema de ajuste de los créditos, que pasa de estar basado en el número de horas lectivas en el aula a basarse en el número de horas de carga académica. Además, el EEES pretende que el proceso educativo no solo dote de conocimiento al individuo, sino también de competencias en ámbitos ajenos al académico (Rodríguez-Gutiérrez, 2011). Hernández Pina et al. (2010) señalan que el EEES pone énfasis en la autonomía del aprendizaje de los estudiantes y en la responsabilidad que éstos deben asumir en el proceso de construcción de su conocimiento, así como la importancia de preparar a los alumnos para que se beneficien del “aprender a aprender” a lo largo de toda su vida.

Este modelo de aprendizaje centrado en el estudiante requiere cambios en la actitud de ambos actores presentes en el proceso de educativo (Rodríguez-Gutiérrez, 2011):

- Labor docente
 - Centrarse en los intereses y necesidades del alumno.
 - Estimular a los alumnos a la actuación independiente.

- Enseñar a aprender, pensar y convivir.
- Orientar y facilitar el proceso de aprendizaje.
- Labor del estudiante:
 - Participar activamente en su aprendizaje.
 - Utilizar formas cooperativas en su aprendizaje.
 - Responsabilización en el proceso de aprendizaje.
 - Participación en su evaluación.

2.2. Estrategias de aprendizaje

El término “estrategias de aprendizaje” es complicado de definir ya que las nomenclaturas utilizadas aún no han sido estandarizadas dentro de los campos de estudio (Weinstein, Acee y Jung, 2011).

Una estrategia no debe considerarse un concepto estático, sino un proceso dinámico en el que todo gira en torno a la resolución de un problema o consumación de una tarea. Una de las acepciones de la Real Academia Española, RAE, (RAE-estrategia, 2017) la define como:

“En un proceso regulable, conjunto de las reglas que aseguran una decisión óptima en cada momento.”

(RAE-estrategia, 2017)

Se podría decir que una estrategia es la búsqueda de una solución a un problema optimizando los recursos y de la información de los que se dispone en cada momento. Se trata, por tanto, de un proceso dinámico.

Coffield et al. (2004) indican que los profesores, a través de la identificación de las fortalezas y debilidades de aprendizaje de los estudiantes, pueden aumentar los ratios de retención y que el “aprender a aprender” proporcione una base para el aprendizaje permanente. Este concepto introduce la idoneidad de una herramienta educativa como algo relativo, ya que su capacidad no depende de la herramienta ni de las actividades diseñadas/desarrolladas con ella, sino del individuo y de sus escenarios o contextos para alcanzar el conocimiento.

Numerosos investigadores coinciden en que las estrategias de aprendizaje implican el uso de la cognición, la metacognición, la motivación, el afecto y el comportamiento para aumentar la probabilidad de éxito en el aprendizaje, crear experiencias significativas y recuperables y realizar tareas cognitivas de orden superior (Weinstein, Acee y Jung,

2011; Schunk y Zimmerman, 2007; Beltrán, 2003; Boekaerts, Pintrich y Zeidner, 2000; Zimmerman, 2000; Beltrán, 1993; Weinstein y Mayer, 1986; Paris, Lipson y Wixson, 1983).

2.2.1. Definición de estrategia de aprendizaje

Según Gu, (2005), la estrategia ideal comprende al menos los siguientes procesos (Figura 1):

- Identificación selectiva de las metas y tareas de aprendizaje.
- Coordinación de un comportamiento estratégico orquestado.
- Análisis de la tarea.
- Toma de decisiones.
- Ejecución de planes.
- Evaluación del progreso y resultados y modificación de los planes.

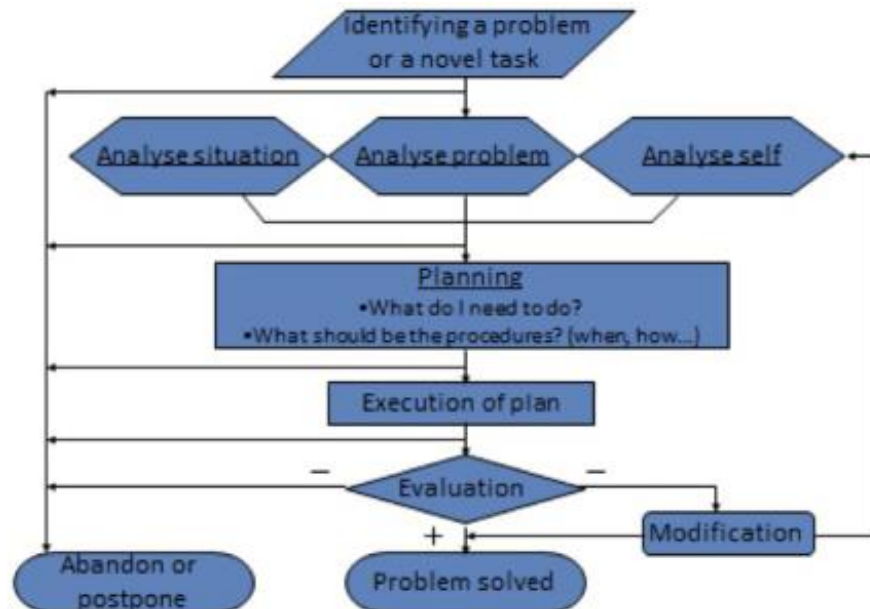


Figura 1. ¿Qué es una estrategia?
(Gu, 2005).

Según Beltrán (2003, 1993), las estrategias de aprendizaje favorecen el aprendizaje significativo, motivado e independiente de manera que el estudiante toma el control de su aprendizaje, siendo capaz de planificarlo, regularlo y evaluarlo. Por lo tanto, las distintas estrategias de aprendizaje aplicadas en el proceso conllevan una individualización del aprendizaje, lo que implica que distintos individuos emplean distintas herramientas educativas para alcanzar los mismos objetivos curriculares en una determinada materia. Asimismo, el uso de una herramienta educativa varía en función del individuo, integrándolo de distinta forma y con objetivos y beneficios distintos en su aprendizaje.

De este modo, no solo no se vincula una única estrategia de aprendizaje a un individuo, sino todo lo contrario, cada individuo posee múltiples estrategias de aprendizaje y, por lo tanto, a la hora de enfrentarse a una tarea no es suficiente con disponer de estrategias de aprendizaje adecuadas, sino que es necesario saber por qué, cómo y cuándo utilizarlas. Asimismo, es preciso que los estudiantes tengan una disposición favorable y estén motivados, tanto para ponerlas en marcha como para regular, controlar y reflexionar sobre las diferentes decisiones que deben tomar en el momento de enfrentarse a la resolución de esa tarea (Valle et al., 1998).

Existen múltiples definiciones de estrategias de aprendizaje.

- Para Rubin (1975, 1987) las estrategias de aprendizaje son “aquello que los estudiantes hacen para aprender y para regular su aprendizaje”.
- Dansereau (1985) define las estrategias de aprendizaje como “secuencias integradas de procedimientos o actividades que se eligen con el propósito de facilitar la adquisición, almacenamiento y/o utilización de la información”.
- Weinstein y Mayer (1986, p. 315) definen las estrategias de aprendizaje como “conductas y pensamientos que el estudiante utiliza durante el proceso de aprendizaje con la intención de influir en su proceso de codificación de la información”. Asimismo, “dichas estrategias se refieren a las diversas formas en que el estudiante puede apropiarse del conocimiento”.
- Para Genovard y Gotzens (1990, p. 266), las estrategias de aprendizaje se definen como “los comportamientos que el estudiante despliega durante su proceso de aprendizaje y que influyen en su proceso de codificación de la información que debe aprender”.
- O’Malley y Chamot (1990) las definen como “los raciocinios y procedimientos individuales que lleva a cabo el estudiante para comprender, aprender o retener nueva información”.
- Para Monereo y Castelló (1997), éstas se definen como “un proceso de toma de decisiones consciente e intencional sobre qué conocimientos se deben utilizar para alcanzar determinados objetivos de aprendizaje ante determinadas situaciones educativas”.
- Núñez et al. (1998), definen las estrategias de aprendizaje como “un conjunto de procesos o actividades que el estudiante pone en funcionamiento con el propósito de facilitar la adquisición, almacenamiento y/o utilización de la información”.

- Coffield et al. (2004) se refieren a las estrategias de aprendizaje como “una serie de competencias y acciones del individuo que tienen por objeto explicar las diferencias en el aprendizaje de los individuos”.
- Orey (2010) se refiere a las estrategias de aprendizaje como “la singularidad de cómo cada estudiante recibe y procesa nueva información a través de sus sentidos”.
- La NASSP (National Association of Secondary School Principals, EE. UU.) (Nassp.org, 2017) las define como “el conjunto de factores cognitivos, afectivos y fisiológicos característicos que sirven como indicadores relativamente estables de cómo el alumno percibe, interactúa y responde al entorno de aprendizaje”.

Las distintas definiciones de “estrategia de aprendizaje” tienen elementos importantes comunes:

- Individualización del aprendizaje a través de su experiencia personal.
- Individualización de las competencias y conocimiento previo.
- Individualización del número y tipo de estrategias de aprendizaje en cada individuo.
- Evaluación (autoevaluación) del proceso.
- Control en manos del estudiante.
- Factores cognitivos.
- Aspectos emocionales.

2.2.2. Tipos de estrategias de aprendizaje

Warr y Allan, 1998 distinguen tres categorías de estrategias en función del tipo de recursos empleados en la regulación del aprendizaje:

- Estrategias de aprendizaje cognitivo
- Estrategias de aprendizaje conductual
- Estrategias de aprendizaje autorregulado

2.2.2.1. Estrategias de aprendizaje cognitivo

Las estrategias cognitivas abarcan aquellos mecanismos que el individuo desencadena para alcanzar nuevas metas de capacidades y conocimiento, así como la integración del nuevo material con el conocimiento previo (Zamora, 2015). Es decir, son aquellas estrategias que el individuo utiliza para aprender, codificar, comprender y recordar la información al servicio de unas determinadas metas de aprendizaje (González y Tourón, 1992). Weinstein y Mayer (1986) distinguen tres clases de estrategias cognitivas:

- Estrategias de repetición. Estrategia conductual que se basa en la memorización de contenidos sin llegar a integrarlos como propios. Estos contenidos pueden llegar a establecerse en la memoria a largo plazo.
- Estrategias de selección. Estrategia analítica para la síntesis y clasificación de lo relevante y lo irrelevante, tanto de nuevos conocimientos y/o habilidades para completar una tarea como de los ya adquiridos.
- Estrategias de organización y elaboración. Estrategia relacional entre los elementos y procesos conocidos y los no conocidos y su integración en un todo coherente y significativo.

Sin embargo, autores como Pintrich y de Groot (1990) apuntan que las estrategias cognitivas constituyen uno de los componentes del aprendizaje autorregulado, ya que los estudiantes las utilizan para aprender, recordar y comprender el material.

2.2.2.2. Estrategias de aprendizaje conductual

Las estrategias de aprendizaje conductual son aquellas que se basan en recibir la información a través de la búsqueda de ayuda en las relaciones interpersonales (profesores, iguales, etc.) y/o en documentación (manuales, TICs, etc.) para, posteriormente, aplicar en la práctica los nuevos conocimientos o nuevas habilidades adquiridas. En cuanto a la aplicación práctica, Warr y Allan (1998) señalan que un individuo aumenta su propio conocimiento a través de intentos de hacer algo práctico. Por ejemplo, Hunter et al. (2008) afirman que los profesionales de los hospitales, en especial el personal de la oficina, aprenden adoptando un comportamiento dirigido a la interacción con otros profesionales, para facilitar la transferencia de conocimientos relevantes a las prácticas cotidianas.

2.2.2.3. Estrategias de aprendizaje autorregulado

La autorregulación del aprendizaje se puede explicar con múltiples construcciones que implican la cognición, la motivación, la metacognición, la emoción y el comportamiento (Greene y Azevedo, 2007; Pintrich, 2000). Según Zimmerman (1989), los estudiantes autorregulados son motivacionalmente, metacognitivamente y conductualmente participantes activos de su proceso de aprendizaje. Se espera, por lo tanto, que los estudiantes adquieran una sensación de amplia competencia, maestría y perspectivas individuales, pero los instructores deben diseñar evaluaciones para resaltar deficiencias y lagunas de aprendizaje, o para determinar si los estudiantes adoptan el punto de vista del maestro y llegan a la "respuesta correcta" (Reeve, 2009). Además, el uso autorregulado de estrategias de aprendizaje ayuda a los estudiantes a asumir más responsabilidad por su propio aprendizaje y convertirse en aprendices de por vida. El rápido desarrollo de las tecnologías y la necesidad cada vez mayor de la actualización en

la capacitación de los trabajadores, creará demandas cada vez mayores para que los individuos sean aprendices de por vida (Cornford, 2002). Se incluyen dentro de las estrategias de aprendizaje autorregulado:

- Estrategias metacognitivas. Son el conjunto de estrategias que permiten el conocimiento de los procesos mentales, así como el control y regulación de los mismos con el objetivo de lograr determinadas metas de aprendizaje (González y Tourón, 1992). Según (Kirby, 1984) este tipo de estrategias son menos susceptibles de ser enseñadas y están estrechamente relacionadas con el conocimiento metacognitivo.
- Estrategias de control y gestión de los recursos. Son el conjunto de estrategias de apoyo que incluyen diferentes tipos de recursos que contribuyen a que la resolución de la tarea se lleve a buen término (González y Tourón, 1992). este tipo de estrategias están relacionadas con los procedimientos que los estudiantes utilizan para gestionar sus esfuerzos y su medio, se centra en los recursos no intelectuales que dispone el estudiante y, no tanto en los aspectos puramente cognitivos del aprendizaje (Zamora, 2015).
- Estrategias motivacionales. las estrategias motivacionales son usadas por los estudiantes para enfrentarse a las emociones y situaciones que surgen en el proceso de aprendizaje (Zamora, 2015).

2.3. Educación a Distancia

En 1915, William Lighty de la Universidad de Wisconsin identificó las características esenciales, requisitos y potencial de la Educación a Distancia en su artículo (el primero) sobre educación por correspondencia en la “Conference of the National University Extension” (Holmberg et al., 2005):

“En la enseñanza extramural debe crearse el método, la técnica y la atmósfera que le dará a la universidad un nuevo sentido en la democracia. Para él (el maestro extramural) se trata de resolver los difíciles problemas relacionados con la enseñanza a distancia. Su solución apenas ha comenzado a esbozarse. Debe ser capaz de hacer algo más que corregir errores y comunicar la información. Debe poner en su instrucción su personalidad, su inspiración, su interpretación, como el pintor pone la suya en el lienzo, o como el músico la pone en su composición. En la medida en que sus alumnos pongan su capacidad de apreciación a lo que se les está comunicando, así se beneficiarán, como en el caso del lienzo o de la composición musical. La prueba suprema de la enseñanza es la capacidad para hacer esto, y en ningún campo hay una oportunidad tan fina como la que existe en la enseñanza extramural.”

Por lo tanto, la relación maestro-alumno en el estudio por correspondencia se vuelve muy real, muy personal, e incluso muy íntima. El nuevo tipo de profesor y el nuevo tipo de texto e instrucción son necesarios porque tenemos un nuevo tipo de estudiante respecto a la escuela convencional.

Generalmente es un estudiante adulto. Tiene una idea bastante definida de lo que necesita y quiere, y a menudo una idea casi igualmente definida de lo que no quiere. Tiene que ser convencido por la lógica y la experiencia, y no por la regla del mandato, de la posición del maestro, porque ninguna de las exigencias ordinarias que se aplican en la instrucción intramural son efectivas aquí. El estudiante toma una decisión rápida, si no la primera, con una evaluación de si las lecciones o el curso vale la pena.

Con el tipo de estudiante sugerido, se tiene que dar un cambio en los estándares de éxito y fracaso para los estudiantes extramurales. Un hombre puede pasar por la mitad o un tercio de un curso y obtener todo lo que necesita o quiere para satisfacer su propósito original.”

William Lighty, 1915.

2.3.1. Introducción

La historia de la Educación a Distancia es un claro ejemplo de cómo los distintos avances en distintas instituciones e individuos contribuyen a los avances de un determinado campo. Asimismo, la Educación a Distancia se particulariza, especialmente frente a la educación presencial tradicional, por la búsqueda e integración de tecnologías emergentes para el progreso de la educación que, posteriormente y en su mayoría, son incorporadas a la educación presencial. Se podría decir que la Educación a Distancia, gracias a la búsqueda de la ruptura de las barreras presentes en la educación a presencial, ha revolucionado los procesos educativos y la visión actual de los sistemas educativos.

Sin embargo, al hablar de Educación a Distancia, siempre se destacan los evidentes inconvenientes frente a la educación presencial y al clasicismo instaurado en el sistema educativo. Sin embargo, en pocas ocasiones se tienen en cuenta las carencias a las que responde la aparición y crecimiento de la Educación a Distancia que elimina barreras económicas, sociales, geográficas, temporales, etc., permitiendo la formación continua y la sostenibilidad educativa que no podría darse de otra forma.

Hoy en día, se entiende por Educación a Distancia aquellos entornos educativos formales en los que los procesos de aprendizaje y enseñanza tienen lugar cuando profesores y estudiantes están separados físicamente. En la actualidad, no se entiende la Educación a Distancia, aunque esto se puede generalizar a la educación en general, sin el

uso de las TICs (Tecnologías de Información y la Comunicación), Sin embargo, el concepto de Educación a Distancia varía con el tiempo, lugar, recursos e individuos.

2.3.2. El término de Educación a Distancia

El concepto de Educación a Distancia tiene muchas connotaciones y denotaciones, varía con el tiempo, lugar, recursos disponibles y enfoques individuales. En la actualidad, los términos Educación a Distancia, e-learning, aprendizaje en línea, online learning o aprendizaje web (web-based learning) se emplean de forma indiferente incluso en contextos formales. A medida que la tecnología del aprendizaje continúa evolucionando, los profesionales y los investigadores aún no han llegado a un acuerdo sobre definiciones y terminologías comunes (Moore et al., 2011). Como resultado, es difícil para los investigadores realizar comparaciones significativas entre estudios y basarse en los resultados de los estudios anteriores. Esto contribuye a conclusiones contradictorias sobre Educación a Distancia, e-learning y aprendizaje en línea.

En un estudio llevado a cabo por Moore et al. (2011), se concluye que la falta de coherencia en la terminología afecta inevitablemente no sólo a los investigadores, sino que también afecta a los diseñadores que están creando tipos similares de entornos. Asimismo, concluyen la terminología también plantea un problema cuando el contexto específico del entorno de aprendizaje no se describe con suficiente detalle. Por otro lado, encontraron que la mayoría de los participantes parecen estar más familiarizados con los términos e-learning y aprendizaje en línea. Este resultado lo justifican en base a la edad de los encuestados. Evidentemente, el término "Educación a Distancia" es más antiguo que cualquiera de los otros empleados y cubre metodologías que los otros no pueden cubrir, como el uso de la correspondencia como metodología de aprendizaje, a pesar de que se encuentren en desuso hoy en día.

A continuación, se van a presentar distintas definiciones de Educación a Distancia que muestran distintos enfoques de la Educación a Distancia. Una de las más conocidas es la siguiente:

"La Educación a Distancia incluye las diversas formas de estudio a todos los niveles que no están bajo la supervisión continua y continua de los tutores presentes con sus alumnos en aulas o en las mismas instalaciones, pero que, sin embargo, se benefician de la planificación, orientación y enseñanza de una tutorización organizada."

(Holmberg, 1986)

Esta definición de Educación a Distancia hace hincapié en la distancia física existente entre el estudiante y profesor, pero con la dotación de una estructura educativa. Asimismo, remarca la autogestión del estudiante en el proceso educativo y de la existencia de procesos organizativos del aprendizaje.

En 1985 Holmberg pormenoriza los rasgos más característicos de la Educación a Distancia en su libro "Educación a Distancia: situación y perspectivas" (García Aretio, 1987), que, posteriormente en 1995, amplió significativamente (Simonson, Smaldino y Zvacek, 2015). Se pueden recapitular en:

1. La Educación a Distancia sirve a los estudiantes que no pueden o no quieren hacer uso de la enseñanza cara a cara. Estos estudiantes son muy heterogéneos.
2. La Educación a Distancia implica que los estudiantes ya no tienen que estar sujetos a decisiones tomadas por otros acerca del lugar de estudio, programación del año, horarios, etc.
3. La Educación a Distancia promueve la elección e independencia de los estudiantes.
4. La Educación a Distancia es un instrumento de aprendizaje recurrente y permanente y de libre acceso a las oportunidades de aprendizaje y la equidad.
5. Todo aprendizaje relacionado con la adquisición de conocimientos cognitivos y habilidades cognitivas, así como el aprendizaje afectivo y algún aprendizaje psicomotor, son efectivamente proporcionados por la Educación a Distancia. La Educación a Distancia puede inspirar enfoques metacognitivos.
6. La Educación a Distancia se basa en el aprendizaje profundo como actividad individual. El aprendizaje es guiado y apoyado por medios no contiguos. La enseñanza y el aprendizaje dependen de la comunicación mediada, generalmente basada en cursos pre-producidos.
7. La Educación a Distancia está abierta a los modos de aprendizaje conductista, cognitivo, constructivista y otros. Tiene un elemento de industrialización con división del trabajo, uso de dispositivos mecánicos, procesamiento electrónico de datos y comunicación de masas, generalmente basado en cursos pre-producidos.
8. Las relaciones personales, el placer del estudio y la empatía entre los estudiantes y los que los apoyan (tutores, consejeros, etc.) son fundamentales para el aprendizaje en Educación a Distancia. Los sentimientos de empatía y pertenencia promueven la motivación de los estudiantes para aprender e influir favorablemente en el aprendizaje. Tales sentimientos son transmitidos por los estudiantes que participan en la toma de decisiones.

Otras definiciones dejan fuera ciertos componentes en los que la Educación a Distancia se basó como la correspondencia.

“Cursos de educación o cursos de formación para ser empleados en lugares remotos (fuera del campus) por medio de audio, vídeo (en vivo o grabaciones) o tecnologías informáticas.”

(Lewis et als, 1999).

La definición de Educación a Distancia varía, asimismo con la percepción del individuo y de los recursos tecnológicos disponibles. Así, por ejemplo, en (García Aretio, 2012) se muestran dos definiciones del autor separadas 15 años que muestran distintos matices en cuanto a la interacción y técnicas de aprendizaje.

“Sistema tecnológico de comunicación masiva y bidireccional que sustituye la interacción personal en el aula de profesor y alumno como medio preferente de enseñanza, por la acción sistemática y conjunta de diversos recursos didácticos y el apoyo de una organización tutorial, que propician el aprendizaje autónomo de los estudiantes”.

(García Aretio, 1986)

“La Educación a Distancia se basa en un diálogo didáctico mediado entre el profesor (institución) y el estudiante que, ubicado en espacio diferente al de aquél, puede aprender de forma independiente y también colaborativa”.

(García Aretio, 2001)

Simonson y Schlosser (2006) proporcionan una definición de la que destacan cuatro componentes principales, partiendo de la base de que la enseñanza a distancia y aprendizaje a distancia son dos conceptos inherentes a la Educación a Distancia: el aprendizaje a distancia no es posible sin la enseñanza a distancia. El desarrollo, diseño, gestión y evaluación recae sobre la enseñanza a distancia, mientras que el empleo de las experiencias de aprendizaje recae sobre el aprendizaje a distancia. La definición de Educación a Distancia que proporcionan es la siguiente:

“La Educación a Distancia se trata de educación formal basada en la institución, donde el grupo de aprendizaje está separado, y donde se utilizan sistemas interactivos de telecomunicaciones para conectar a los estudiantes, recursos e instructores.”

(Simonson y Schlosser, 2006)

Los componentes que los autores destacan con esta definición son:

- La educación formal respaldada por una institución docente, de esta forma, la Educación a Distancia no engloba el autoestudio.

- La separación entre el profesor y los estudiantes, no solo geográficamente sino también a una separación en el tiempo (educación asíncrona) y a una separación intelectual entre profesor y estudiantes.
- Los “sistemas interactivos de telecomunicaciones” pueden darse de forma síncrona y/o asíncrona. Además, no solo se refieren a los medios electrónicos (internet, teléfono, televisión, etc.), sino que se refieren a ellos como “comunicación a distancia”. De esta forma, incluyen dentro de la definición de Educación a Distancia la comunicación mediante el sistema postal, el estudio por correspondencia, y otros métodos no electrónicos de comunicación.
- La conexión entre estudiantes, recursos e instructores. Conexión bidireccional y existencia de recursos de aprendizaje a fin de que se genere el entorno necesario que permita que el aprendizaje ocurra.

En un artículo titulado “Defining Distance Learning and Distance Education”, King et al. (2001), realizan un estudio para alcanzar una definición de Educación a Distancia. Para ello, los autores realizan un camino en el que primero definen el término “aprendizaje”, a continuación, se encargan de definir “aprendizaje a distancia” y, a partir de esta definición, construyen la definición de “Educación a Distancia”. De esta forma, definen el aprendizaje como:

“El aprendizaje es una mejora de las capacidades de conocimiento y/o comportamiento como resultado de experiencias mediadas que presentan limitaciones debido a las interacciones con el emplazamiento.”

(King et al., 2001)

A partir de esta definición, los autores buscan la definición de aprendizaje a distancia. El aprendizaje puede ocurrir por un diseño dirigido, o puede ocurrir por casualidad. Por lo tanto, los autores proponen tres subcategorías principales de aprendizaje y analizan su interacción en el entorno presencial y a distancia:

- instrucción: aprendizaje basado en objetivos;
- exploración: sin objetivos;
- accidental: aprendizaje no intencional.

La definición de aprendizaje a distancia que, finalmente alcanzan es:

“El aprendizaje a distancia es una mejora de las capacidades en el conocimiento y/o comportamientos como resultado de experiencias mediadas que están limitadas por el tiempo y / o la distancia de manera que el estudiante no comparte el mismo emplazamiento con lo que se está aprendiendo.”

(King et al., 2001)

De la definición de aprendizaje a distancia surge la definición de Educación a Distancia:

“La Educación a Distancia es un aprendizaje formalizado en el que la situación geográfica/temporal limita el aprendizaje al no permitir el contacto personal entre el estudiante y el instructor.”

(King et al., 2001)

Michael Moore, siendo director del “American Center for the Study of Distance Education” y Greg Kearsley, definieron en 1996 la Educación a Distancia como:

“La Educación a Distancia es el aprendizaje planificado que normalmente ocurre en un lugar diferente de donde se imparte la enseñanza y, como resultado, requiere técnicas especiales de diseño del curso, técnicas especiales de instrucción, métodos de comunicación por medios electrónicos y otras tecnologías, así como disposiciones especiales de organización y administración ”

(Moore y Kearsley, 1996)

En esta definición, se incluyen conceptos como el aprendizaje planificado, adaptación de los materiales y técnicas, integración de la tecnología y el respaldo de una organización.

La Asociación de Educación a Distancia de los Estados Unidos (United States Distance Learning Association, USDLA) define la Educación a Distancia como (Wang, 2014):

1. A todo término utilizado para referirse a la separación física entre maestros y alumnos: Educación a Distancia, Aprendizaje a Distancia, Aprendizaje Distribuido.
2. La aplicación (e infraestructura) de la Tecnología de la Información y Comunicación a las actividades educativas y a los estudiantes, conectando a profesores y estudiantes en diferentes lugares.
3. El estudiante y el instructor están físicamente separados geográficamente. Todas las comunicaciones se llevan a cabo por algún tipo de medio electrónico en tiempo real o diferido. La ubicación no afecta a este proceso.
4. El marco organizacional y el proceso de proporcionar instrucción a distancia. La Educación a Distancia tiene lugar cuando un maestro y un estudiante están físicamente separados, y la tecnología (es decir, audio, video y computadoras, impresión) se usa como puente para superar la brecha educacional.

De todas las características e implicaciones recogidas en las diferentes definiciones de la Educación a Distancia se puede elaborar un marco que englobe los distintos condicionantes que se pueden dar en la Educación a Distancia:

- La Educación a Distancia se trata de una educación formal.
- La Educación a Distancia conlleva que el proceso de aprendizaje se realiza bajo una separación física entre el profesor y estudiante.
- La Educación a Distancia está marcada por actividades asíncronas, aunque pueden platearse actividades síncronas dotadas de mecanismos asíncronos para estudiantes que no puedan ajustarse.
- La Educación a Distancia implica la autorregulación y autoplanificación de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, aunque esta independencia se encuentre bajo ciertas limitaciones fijadas por la planificación tutorial. Esta autorregulación posee un elemento motivacional más marcado que otras modalidades educativas.
- La Educación a Distancia se basa en procesos cognitivistas y constructivistas, promoviendo, además, los procesos metacognitivos.
- La Educación a Distancia, empleando cualquiera de las tecnologías existentes, debe favorecer y promover no solo la interacción entre profesor y estudiante sino también la interacción entre estudiantes. Esta interacción no se debe limitar a la comunicación sino también a la colaboración.
- La Educación a Distancia involucra el uso e integración de las herramientas disponibles tecnológicamente para promover cualquiera de las actividades del proceso educativo a distancia.
- La educación requiere de materiales educativos y tecnologías educativas específicos para entornos educativo a distancia.
- La Educación a Distancia requiere de una estructura organizativa, administrativa y educativa que respalde el proceso de enseñanza/aprendizaje.
- El estudiante es el centro de la formación.
- Estrategia educativa centrada en el estudiante.

2.3.3. Historia de la Educación a Distancia

La Educación a Distancia está fuertemente vinculada a la tecnología. Los medios tecnológicos actuales empleados en la Educación a Distancia distan mucho de la forma en que este tipo de enseñanza y aprendizaje era afrontada pocos años atrás. Diferentes estudios han tratado de clasificar las diferentes etapas/generaciones/olas de la Educación a Distancia en función de su evolución respecto a los cambios tecnológicos y las teorías

del aprendizaje. En general, estas clasificaciones se basan en la forma en que la tecnología impactó en las posibilidades de enseñanza y aprendizaje, y, en menor medida en los cambios aparecidos en las teorías del aprendizaje (Heydenrych y Prinsloo, 2010). Los distintos modelos propuestos por los distintos autores oscilan en el número de generaciones, pero todos ellos sitúan la aparición de la Educación a Distancia en un modelo basado en la correspondencia y apoyándose en la imprenta como primer hito tecnológico (Tabla 1).

Tabla 1 Algunas clasificaciones de las distintas generaciones de la Educación a Distancia.
(Heydenrych y Prinsloo, 2010)

Garrison (1995) [in Peters, 1998]	
1st	Correspondence – single medium (print) – mass production of content
2nd	Teleconferencing – audio – communications network – synchronous
3rd	Multi-media, computer-assisted learning and communication – interaction with content
Lauzon and Moore (1989)	
1st	Correspondence – single medium (print) – mass production of content
2nd	Teleconferencing – audio – communications network – synchronous
3rd	Multi-media and computer-assisted learning – interaction with content
4th	Student control and sharing collective intelligence – Internet/WWW
Guglielmo (1998)	
1st	Correspondence – single medium (print) – mass production of content
2nd	Multi-media and computer-assisted learning – interaction with content
3rd	Group communication – Internet/WWW communication technologies
Taylor (1999 and 2001)	
1st	Correspondence – single medium (print) – mass production of content
2nd	Teleconferencing – audio – communications network – synchronous
3rd	Multi-media and computer-assisted learning – interaction with content
4th	Flexible learning via online delivery – communication enhanced online
5th	Intelligent flexible learning – automated content and responses and campus portals
Moore and Kearsley (2005)	
1st	Correspondence – single medium (print) – mass production of technology – correspondence
2nd	Radio and television broadcasting
3rd	Combined approach – correspondence assisted by broadcasting (open universities)
4th	Telelearning – interactive audio/video conferencing
5th	Online delivery – multimedia interactive content with online communication and support

La primera tecnología empleada en la Educación a Distancia es la imprenta, y el medio empleado la correspondencia. Mediante el servicio postal, se completa la comunicación, evidentemente asíncrona, entre el estudiante y el profesor tanto de

materiales de aprendizaje como de evaluaciones. A este respecto, la primera reseña que aparece dentro del marco de la Educación a Distancia data del 20 de marzo de 1728 cuando en el periódico “Boston Gazette” el profesor Caleb Phillips anuncia un curso privado de taquigrafía por correspondencia con las palabras (Bernárdez, 2007; Holmberg, 1995; Battenberg, 1971):

“Cualquier persona en el país que desee aprender este Arte, puede, tomando las lecciones enviadas semanalmente, ser instruido tan perfectamente como aquellas que viven en Boston”.

De esta forma, se inicia la llamada primera generación de la Educación a Distancia implementada fundamentalmente por medio de la correspondencia.

En Europa, la primera manifestación de Educación a Distancia aparece en una publicación semanal, número 30 del Lunds Weckoblad de 1833, en Lund, Suecia. En ella, había un anuncio que ofrecía la oportunidad de estudiar composición empleando el correo postal (Holmberg, 2005; Bratt, 1977). En este anuncio, además, se puede apreciar la primera reseña a una comunicación bidireccional entre profesor y alumno en el ámbito de la Educación a Distancia (García Aretio, 2013). En dicha publicación aparecía el siguiente anuncio (Keegan, 2013; Bååth, 1985):

“El abajo firmante, con todo respeto, avisa a aquellas damas y aquellos caballeros de las ciudades vecinas que estudian composición a través del correo, que la dirección para el mes de agosto será Little Grey Friars Street, Lund.

A.J. Meuller”

Poco después, en 1840, Isaac Pitman inicia un curso por correspondencia de taquigrafía en Inglaterra. Los estudiantes tenían que taquigrafiar pasajes cortos de la Biblia y devolverlos para su evaluación mediante el sistema de correos. La iniciativa tuvo una gran acogida y en poco tiempo tuvo una aglomeración de aprendices (Phillips 1998). Por ello, poco después, en 1843, se forma la “Phonographic Correspondence Society” con el objetivo de encargarse de las correcciones de ejercicios taquigráficos (McIsaac y Gunawardena, 1996).

La que se puede considerar la primera institución creada para la enseñanza a distancia es el “Institut Toussaint et Langenscheidt”, fundado por Charles Toussaint y Gustav Langenscheidt en 1856 para la enseñanza de lenguas extranjeras por correspondencia (García Aretio, 2013).

En 1858, la Universidad de Londres se convierte en la primera universidad en ofrecer titulaciones de educación superior a distancia para estudiantes de todo el mundo con sus Programas Internacionales. (University of London, 2017). De esta forma se abre la educación superior a las masas empleando el servicio postal y permitiendo acceder a ella

a estudiantes que no podían costearse una formación universitaria o a aquellos que no podían permitirse estudiar a jornada completa.

Por aquellos años, la educación universitaria estaba monopolizada por los miembros pertenecientes a las capas elitistas de la sociedad y centralizada en las grandes urbes. Esta alternativa educativa, que universalizaba y democratizaba la formación universitaria, fue inicialmente vista como una educación de segunda clase, especialmente por dichas capas elitistas (McIsaac y Gunawardena, 1996; Pittman, 1991).

La tecnología de comunicación empleada entre profesor y alumno es primordialmente el correo postal y, en menor medida, telegramas. En 1876, Graham Bell inventa el teléfono y se integra poco a poco a las tecnologías empleadas en la Educación a Distancia.

A finales del siglo XIX, en 1892, aparece por primera vez el término “Educación a Distancia” en un folleto de la Universidad de Wisconsin-Madison, Estados Unidos (Pappas, 2013; Anglia Ruskin University, 2013). Ese mismo año, en la Universidad de Chicago, se estableció el primer programa de correspondencia importante en los Estados Unidos en el que el profesor y el alumno se encontraban en diferentes lugares (McIsaac y Gunawardena, 1996).

Hasta el momento, los materiales empleados en la Educación a Distancia son los mismos que los empleados en la educación tradicional. Se trataba de textos rudimentarios y poco adecuados para su estudio independiente, por lo que el aprendizaje no era fácil. El modelo de enseñanza empleado se basa en las teorías conductistas. Este hecho provocó el desarrollo de metodologías más interactivas que promoviesen algún tipo de relación del estudiante con la institución y se empiezan a promover. Además, surgen otro tipo de soluciones para ayudar al estudiante a llevar a cabo un aprendizaje independiente, como por ejemplo el acompañamiento al material didáctico de guías de ayuda al estudio o ejercicios de evaluación (García Aretio, 2013). En este sentido, en 1894 se genera un nuevo hito en la Educación a Distancia: la primera aparición de materiales adaptados al estudio independiente del alumno. En Berlín Alemania, aparece el “Rustisches Fernlehrinstitut”, con un plan general para el desarrollo y distribución de materiales adaptados al aprendizaje independiente para preparar estudiantes al examen de acceso a la Universidad conocido como “Método Rustin” desde 1899 (García Aretio, 2013; Holmberg et al., 2005; Delling, 1985).

En España, la primera aparición de Educación a Distancia data de 1903 con la creación de las “Escuelas Libres de Ingenieros” (Sarramona, 1975; García Aretio, 2013).

En 1906 la Universidad de Wisconsin incorpora una nueva tecnología a la Educación a Distancia: Las grabaciones de voz de clases mediante el uso del fonógrafo, para ser enviadas posteriormente a los estudiantes (Anglia Ruskin University, 2013).

Pocos años después, se produce el primer registro de la incorporación para usos educativos de la radio es en 1922 en la Universidad de Pensilvania, cuando comenzó a transmitir cursos (Moore, 2016). Durante esta década hasta 13 universidades de Estados Unidos ofrecieron cursos apoyándose en la radio y la correspondencia. Sin embargo, la radio demostró no estar a la altura de su aparente potencial, por lo que, en 1940, dichos programas habían desaparecido debido a las limitaciones técnicas de la radio, la falta de un público objetivo bien definido y el fracaso en la creación de un sistema evaluativo adecuado (Pittman, V. 1985). Sin embargo, el empleo de la radio como medio de alcanzar a los estudiantes, seguiría presente en años sucesivos.

Esta etapa incorpora a los ya existentes (correspondencia, materiales adaptados y radio) tecnologías audiovisuales: televisión, radiocasetes, diapositivas, videocasetes, etc., combinando las distintas tecnologías en distinta proporción y forma. Asimismo, el teléfono se incorpora como medio síncrono de comunicación bidireccional entre estudiantes y profesores o tutores. Sin embargo, los esfuerzos durante esta etapa se centran más en el diseño, producción y generación de materiales didácticos, dejando en segundo lugar la interacción con los alumnos y de éstos entre sí. Sin embargo, el material didáctico más empleado sigue siendo el texto impreso.

A pesar de la disponibilidad de la tecnología, el primer uso educativo de la televisión, de forma experimental, fue entre 1932 y 1937 en la Universidad de Iowa. El uso generalizado de los medios audiovisuales en la formación militar demostró su eficacia en la educación. Así, el uso del video en el aula se hizo frecuente. Sin embargo, esto todavía no condujo al uso de la televisión para la Educación a Distancia (Kentnor, 2015).

Durante esta etapa se fundan numerosas universidades que cuya formación es rigurosamente a distancia. La británica Open University, se funda en 1969, en 1970 la Athabasca University de Canadá, en España la Universidad Nacional de Educación a Distancia en 1973 o la FernUniversität Hagen en Alemania un año después. Sin embargo, ya en 1946 se fundó la Universidad de Sudáfrica, convirtiéndose en la universidad pionera de Educación a Distancia (Daniel, 2012a).

La aparición de los ordenadores personales marca una nueva revolución en la Educación a Distancia. El Computer History Museum, (Computer History Museum, 2017), designa como el primer ordenador personal el Kenbak-1 desarrollado por John Blankenbaker en 1971 (Figura 2).

Pocos años antes, sucede el mayor hito tecnológico del que la Educación a Distancia se ha servido: la globalización de internet. Aunque la primera conexión host-to-host, de UCLA (Universidad de California Los Ángeles) a SRI (Stanford Research Institute), se remonta al 29 de octubre de 1969 según se muestra en los registros escritos a mano (Figura 3), según el Computer History Museum (2017), se puede considerar el primer paso para la creación de internet en 1962, cuando J.C.R. Licklider propone una “Red Intergaláctica” donde todos en el mundo están interconectados y pueden acceder a programas y datos en cualquier sitio desde cualquier lugar. Licklider se convierte en el primer jefe del programa de investigación en computadoras de Red de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada, ARPA (Advanced Research Projects Agency Network). De esta forma se crea ARPANET. Posteriormente, en 1976, se introduce el protocolo Transfer Control Protocol/ Internet Protocol (TCP/IP). En 1983, el Departamento de Defensa decide dividir la red en dos una “ARPANET” abierta y una de uso estrictamente militar: MILNET.

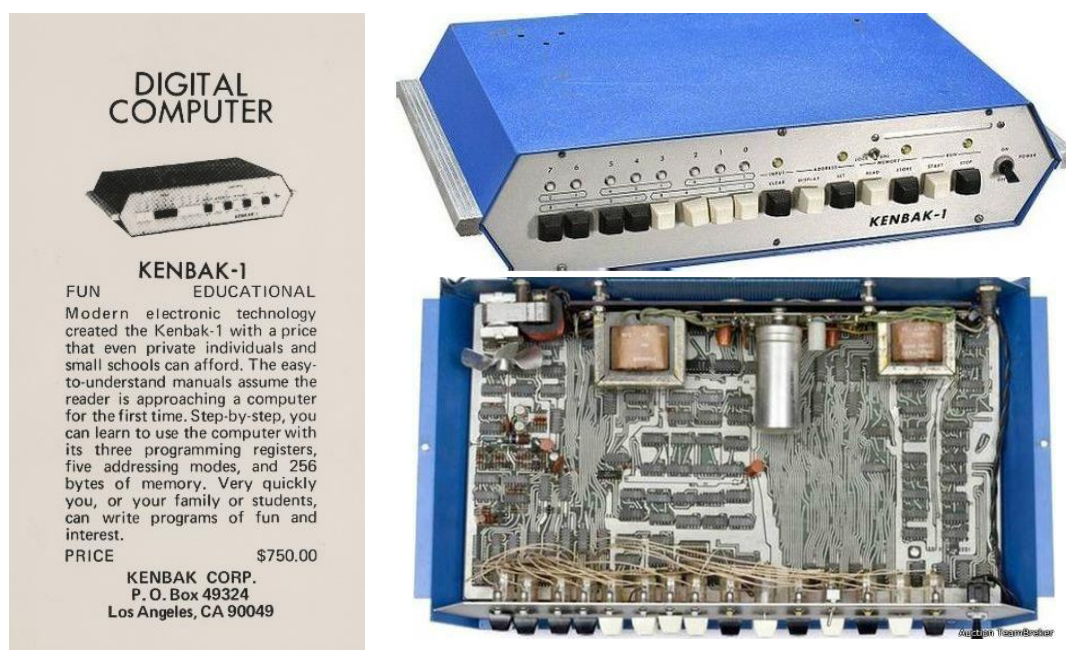
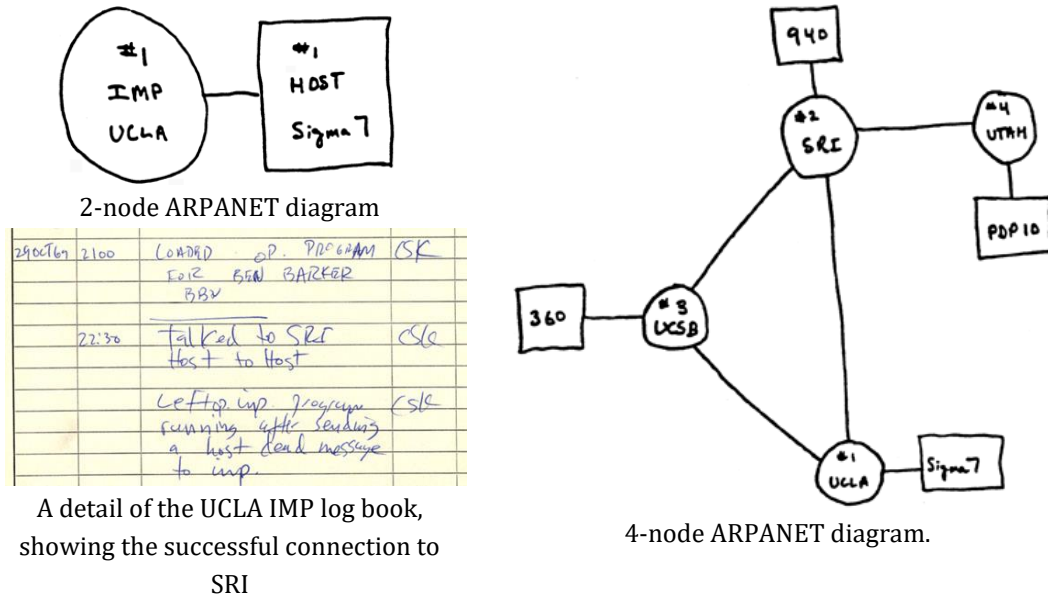


Figura 2. Kenbak-1: Primer ordenador personal considerado por el Computer History Museum.
(Computer History Museum, 2017).

En 1991, Tim Berners-Lee, habiendo desarrollado en los años anteriores la “World Wide Web”: sistema de distribución de documentos de hipertexto o hipermedios interconectados y accesibles vía Internet; crea la primera página de internet que aún puede consultarse (W3.org, 2017). El primer navegador, Mosaic, aparece poco tiempo después (Computer History Museum, 2017).



A detail of the UCLA IMP log book, showing the successful connection to SRI

ARPANET GEOGRAPHIC MAP, OCTOBER 1980

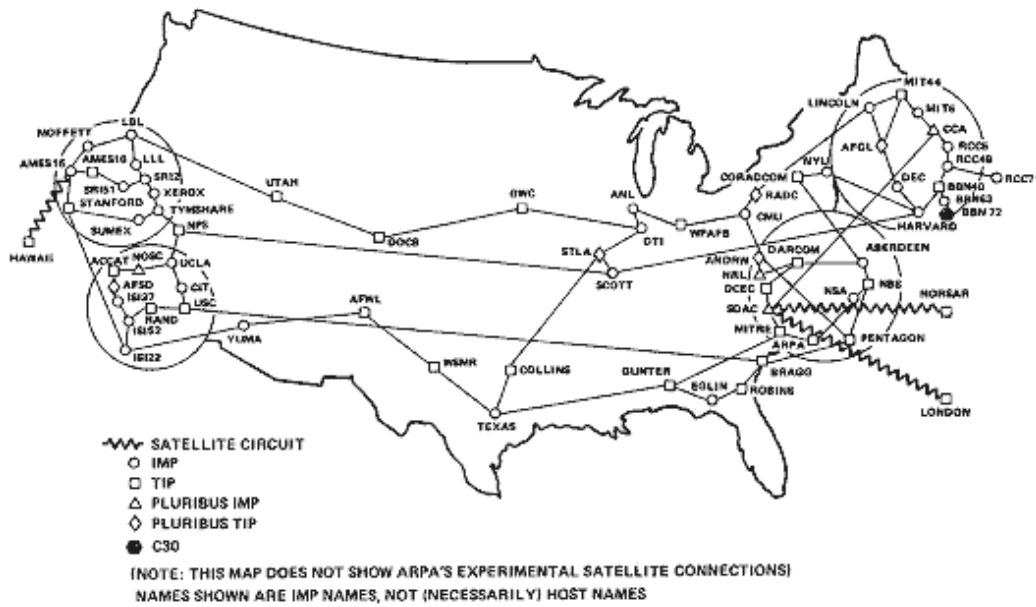


Figura 3. Diagramas iniciales de ARPANET y sus nodos en octubre de 1980. (Computer History Museum, 2017).

A partir de este punto, la explosión en el uso de internet y ordenadores personales cambia la concepción de la Educación a Distancia, provocado por la incorporación de nuevas metodologías y herramientas educativas basadas en estos dos hitos tecnológicos. Las comunidades de investigadores tienen al alcance los últimos avances en cualquier materia, con lo que el crecimiento se convierte en exponencial. Aparece el correo electrónico, limitando el correo postal a comunicaciones formales. Aparecen los campus virtuales y aulas virtuales. Se introducen cambios en el paradigma de la Educación a Distancia (Anderson y Dron, 2011), tanto constructivistas: herramientas de intercomunicación “de muchos a muchos” síncronas y asíncronas, como las

web/videoconferencias, chats o foros; como conectivistas: Herramientas de comunicación como Web 2.0, redes sociales, etc. Surgen movimientos de software libre con comunidades “anónimas” de desarrolladores aportando cada uno sus avances, variaciones sobre el producto ‘base’, actualizaciones, etc., consiguiendo una mejora constante del producto.

A finales de la primera década del siglo XXI, el 25 de febrero 2007, se realiza el primer anuncio del iPhone, titulado “hello”, durante la gala de los Oscar (YouTube, 2017). El iPhone sale a la venta el 29 de junio de 2007 y supone una revolución tecnológica en todos los ámbitos debido a la globalización en el uso de smartphones, y que, en la Educación a Distancia, conlleva la integración para cumplir la premisa: “en cualquier sitio, a cualquier hora”. Sin embargo, el primer Smartphone apareció en 1993 sin mucho éxito: el IBM Simon Personal Communicator (Microsoft: Simon, 2017). Este dispositivo fue, asimismo, el primer teléfono con pantalla táctil (Figura 4).

En 2008, se lleva a cabo el primer Curso Online Masivo Abierto, MOOC (del inglés Massive Open Online Course) "Connectivism and Connective Knowledge", también conocido como “CCK08”. Los MOOCs han fomentado la formación continua y permite el acceso a los recursos de aprendizaje en cualquier momento y desde cualquier lugar. El término MOOC fue introducido por primera vez en 2008 por Dave Cormier para describir el curso de Siemens y Downes "Connectivism and Connective Knowledge" (Yuan y Powell, 2013; Kukhareno, 2013). A este curso le siguieron otros en la misma línea. En 2011, el curso “Introduction to Artificial Intelligence” de Sebastian Thrun (Universidad de Stanford), atrajo un éxito sin precedentes con 160.000 matriculados, obteniendo 23.000 de ellos el certificado del curso. En 2012, el New York Times nombró el 2012 como "el año del MOOC" (Pappano, 2017), catapultando el término y el interés en los MOOCs. Desde el acuñamiento de la palabra MOOC para definir a este tipo de cursos, se pueden distinguir dos tipos de MOOCs: cMOOCs y xMOOCs (Yuan y Powell, 2013). Los cMOOCs enfatizan la creación, la creatividad, la autonomía y el aprendizaje a través de las relaciones sociales. Los xMOOCs siguen modelos de aprendizaje más tradicionales a través de vídeos, preguntas cortas y exámenes. Son especialmente estos últimos los que han triunfado en la sociedad (Daniel, 2012b). En mayo de 2013, comienza el MOOC “Bases de Circuitos y Electrónica Práctica” (BCEP). Se trata del primer MOOC que emplea un laboratorio remoto para su uso en un curso masivo.

En un informe realizado por StatCounter (Simpson, 2016), con datos recogidos de más de 15 billones de visitas al mes sobre más de 2,5 millones de páginas web, en octubre de 2016 el acceso a internet desde plataformas móviles superó por primera vez al acceso a internet desde PCs, Figura 5.



PRODUCT OF THE MONTH

BellSouth Cellular/IBM Release Simon PDA

The Simon™ Personal Digital Assistant (PDA) is a departure from the electronic note pad approach of previous models in the market. As Bill Lempesis, editor and publisher of PenVision summed up, "What executives really want is a cellular phone, a pager, a notebook computer." In this context, Lempesis described Simon as the "first implementation that consciously takes all the gadgetry of the modern business executive and puts it into one unit."

Simon's pen-based screen interface is nestled inside a cellular telephone, and includes two-way wireless fax, paging, and E-mail capabilities for mobile communication. Other features included in Simon are a calendar, appointment scheduler and address book, calculator, and note pad/sketch pad. In conjunction with the pager, the PDA can be used to return calls from pages by the push of a button. Faxes can be annotated on-screen directly using a pen, or through a touch-screen keyboard. For E-mail, Simon is capable of using cc:Mail™ to send and receive



E-mail through appropriate E-mail post offices that support remote dial-in.

Simon takes advantage of a standardized operating system: the device is powered by an Intel-compatible microcomputer chip, and its underlying operating system is DOS, with an additional icon-based graphical user interface to help the user move through applications quickly.

In addition, Simon uses a standard Type II PCMCIA slot, which allows a standard card, coupled with appropriate software, to be coupled with the Simon PDA. Some possible capabilities include alphanumeric paging, E-mail retrieval from most types of public networks, a direct PC interface for up/downloading data, and expanded memory.

The Simon PDA measures 8 x 2.5 x 1.5 inches, and weighs 18 ounces. Rollout has begun in several areas of Florida and is expanding into other BellSouth Cellular markets; the release program is scheduled to bring the PDA into nationwide distribution by April 1994. Price is expected to be under \$1000.

The Simon PDA

Circle

124.

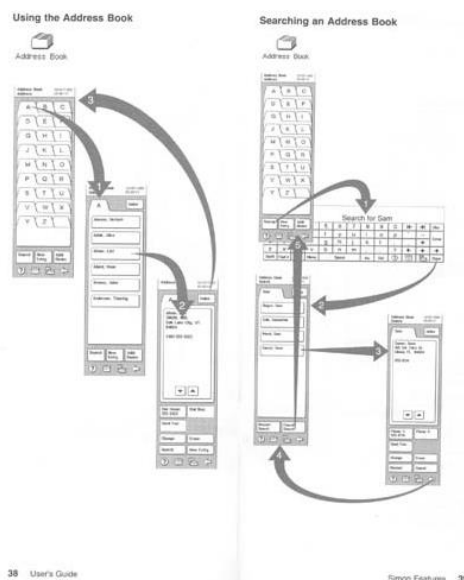


Figura 4. Primer Smartphone: Simon Personal Comunicador de IBM.
(Microsoft: Simon, 2017).

Es muy llamativo el auge de las plataformas móviles a la hora de acceder a internet, cuando tan sólo 5 años atrás el acceso desde equipos de escritorio superaba ampliamente el 90% de la cuota de acceso a internet. Este auge ha sido especialmente provocado desde terminales móviles; en este sentido, las tablets han experimentado un estancamiento e incluso cierto retroceso según los datos recogidos en StatCounter (StatCounter Global Stats, 2017). Por lo tanto, la compatibilidad desde plataformas móviles es cada vez más importante no sólo debido al creciente tráfico, sino porque Google favorece las webs "amigables" diseñadas para su visualización en dispositivos móviles en sus resultados

de búsqueda desde plataformas móviles. Asimismo, en marzo de 2017, Android, con 37,93% de cuota, superó a Windows, con 37,91%, como sistema operativo empleado en las visitas en internet (Simpson, 2017). A pesar del rápido crecimiento de los dispositivos móviles, los equipos de escritorio siguen siendo el principal canal de acceso a internet en mercados maduros como los de Europa y EEUU. Sin embargo, parece evidente que la tendencia en el aumento del empleo de dispositivos móviles debe implicar cambios en el diseño de las interfaces de usuario a fin de facilitar el acceso e interacción.

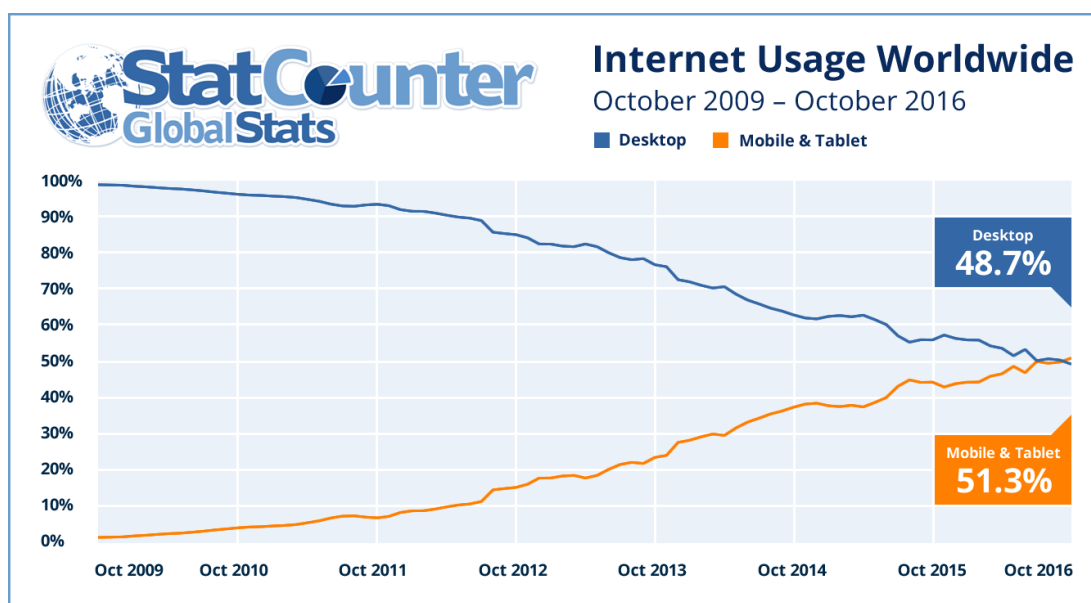


Figura 5. Uso de internet: Comparativa entre pc y plataformas móviles. (StatCounter Global Stats, 2017).

En la Tabla 2 se muestra un resumen de las distintas generaciones resumidas por Heydenrych y Prinsloo (2010) a partir de un estudio de los distintos modelos propuestos por distintos autores.

2.3.4. Metodología UNED

La Universidad Nacional de Educación a Distancia es una universidad a distancia creada en el año 1972. El modelo metodológico parte del establecido por la Open University del Reino Unido, fundada pocos años antes (1969). Las principales evoluciones del modelo han tenido que ver con la adaptación a la realidad de los sistemas educativos de cada país y con la incorporación de los medios y herramientas proporcionados por las TICs. La metodología “a distancia” de la UNED es reforzada por la metodología presencial, a través de la tutoría. La metodología y mecanismos presentes en la UNED para facilitar el aprendizaje dentro del marco del EEES se muestran en la Figura 6.

Tabla 2. Resumen de las distintas generaciones de la Educación a Distancia.
(Heydenrych y Prinsloo, 2010).

	Generation 1	Generation 2	Generation 3	Generation 4	Generation 5
Period	1451–1916 CE	1918–1955	1956–1968	1969–2005	Present day
Key features	The printing press and books – correspondence – mass media and technologies	Progress in media recording, film, animation, radio and television – mass media and technologies	Multimedia, computer animation and computer-assisted learning, and telematics (telephony) – interactive content	Video-conferencing, audio-graphics, the Internet and WWW – sharing of resources, asynchronous and live communication – integration of media and technology for multiple platforms (freedom to select) – student and teacher options	Video-conferencing, audio-graphics, the Internet and WWW – sharing of resources, asynchronous and live communication – integration of media and technology for multiple platforms (freedom to select) – learner and teacher options – the rise of Web 2 technologies
Pedagogy	Behaviourism (largely transmission of information)	Behaviourism/cognitivism (still dominated by transmission of information)	Behaviourism/cognitivism/constructivism	Behaviourism/cognitivism/constructivism/social constructivism or constructionism/enactivism/connectivism	Behaviourism/cognitivism/constructivism/social constructivism
Curriculum	Knowledges formulated and sanctioned by the powerful elite and embedded in gender, class, caste, and race/tribal assumptions and relations. The rise of the modern university and the development of the different disciplines. Mode 1 knowledge production	Curricula formulated in different disciplines and embedded in gender, class, caste, and race/tribal assumptions and relations. The discipline becomes the ruling mantra. Mode 1 knowledge production	Curricula formulated in different disciplines and embedded in gender, class, caste, and race/tribal assumptions and relations. Mode 1 knowledge production	While disciplines and university knowledge still remain paramount, open educational resources (OERs), the corporate university, and other sites of knowledge production are increasingly impacting on the curriculum. The curriculum is moving beyond Mode 1 and Mode 2 knowledge and morphing into Mode 3 knowledge	As more and more knowledge producers (formal, informal and self-publishing) enter the market, the curricula increasingly become open and fluid. Open educational resources and the use of YouTube and other social technologies are changing the nature of knowledge, the curriculum and the validation of knowledge
Content owner	Universities	Universities	University	Universities and global community (dominated by so-called First-World content)	Universities and global community
Interaction	Content based and dominated by limitations of print technology – self-pacing – mass delivery of DE	Content based with limited interaction – mass delivery of DE and controlled access based on gender, class/caste, culture and age	Mostly asynchronous with limited interaction – mass delivery of DE – computer-aided instruction – computer-assisted learning	Content starting to move away from the university – asynchronous and synchronous interaction – mass delivery becomes problematic and demands for interaction challenge ICTs	Content starting to move away from the university – asynchronous and synchronous interaction – mass delivery becomes problematic and demands for interaction challenge ICTs
Medium	Text and images – also the advent of film	Text, images, sound and video (film) – the start of instructional television	Text, images, sound, video, instructional and live television	Text, images, sound and video	Text, images, sound and video
Production	Printing press, manual design and recording	Printing press, sound and video/ film recording, manual and computer design/ programming	Printing press, sound and video/film recording and computer design/programming	Mail system/television/telephone/computers/video and sound playback – equipment – computers starting to become a generic device and WWW (Internet) as a generic platform	Printing press, sound and video/ film recording and computer design/ programming/user involvement
Storage	Books and letters	Recordings – audio cassettes and video cassettes	Recordings – audio cassettes and video cassettes – storage on disks	Recordings – audio cassettes and video cassettes – storage on disks	Digital storage media (CD, DVD, memory sticks, central servers, hard drives, etc.)
Delivery	Mail system	Mail system/television/telephone/sound playback equipment	Mail system/television/telephone/computers/video and sound playback equipment – first computers used to send batches of data	Mail system/television/telephone/computers/video and sound playback equipment – first computers used to send batches of data	Mail system/television/telephone/computers/video and sound playback – equipment – computers starting to become a generic device and WWW (Internet) as a generic platform

Como ella misma reconoce, la modalidad educativa de la UNED dista de la educación presencial. Por ello, para dar a conocer las peculiaridades de su metodología, la UNED cuenta con un Plan de Acogida Dentro de este plan, se proporcionan cursos en abierto, incluso para aquellos individuos que no se encuentren matriculados (cursos 0, cursos de competencias genéricas, serie Mis primeros pasos en la UNED, etc.) con el fin de ayudarles en su elección y adaptación al modelo.

La filosofía seguida en la UNED se basa en un aprendizaje flexible, adaptando el estudio a los horarios laborales, situaciones personales, obligaciones familiares y profesionales.

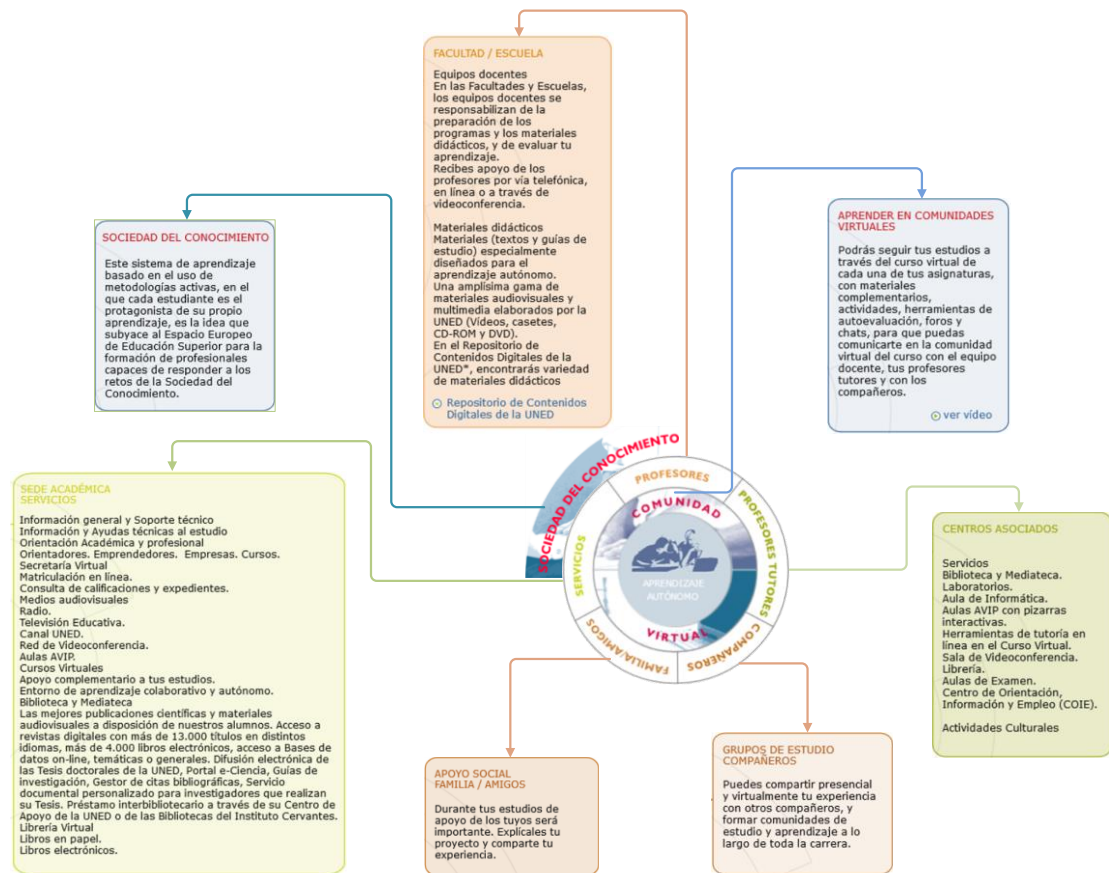


Figura 6. Metodología UNED.
(UNED-Metodología, 2017).

La UNED cuenta con Campus Virtual, Curso/Aula Virtual para cada asignatura para el seguimiento de la asignatura e interacción entre actores, Comunidades Virtuales para la colaboración y comunicación entre grupos y colectivos, etc.

Los materiales didácticos son adaptados a la metodología. Éstos son acompañados por una guía de estudio y pueden estar complementadas con agendas, herramientas educativas, cuadernos de prácticas, guías didácticas, etc. Asimismo, la UNED cuenta con

espacios en programas televisivos, La2 de TVE, y radiofónicos, RNE Radio 3, (UNED- Metodología, 2017).

2.3.5. E-learning

Hoy en día la Educación a Distancia y el e-learning (anglicismo traducible por aprendizaje electrónico) son dos conceptos que se mezclan y conmutan fácilmente (Moore et al., 2011). El motivo es que, en la actualidad, se encuentran muy cercanos en cuanto a las metodologías y tecnologías educativas empleadas. Sin embargo, hablando formalmente, el e-learning es un subconjunto de las tecnologías disponibles para la Educación a Distancia (García Aretio, 2002). Por otro lado, el término “e-learning” se centra más en el aprendizaje que “Educación a Distancia” que señala principalmente la distancia en la que se produce el proceso.

Sin embargo, la Educación a Distancia incluye en su proceso tanto el “aprendizaje a distancia” como “la “enseñanza a distancia”, y es en una de estas características en la que se concentra el e-learning: la centralización del proceso en el aprendizaje del estudiante. Estos motivos, entre otros, han catapultado el término e-learning por encima del término “Educación a Distancia” para referirse a los mismos conceptos educativos.

Por otro lado, organismos como la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) considera de gran importancia la enseñanza y el aprendizaje en la sociedad del siglo XXI y el e-learning o aprendizaje electrónico como medio para alcanzarlo:

“La enseñanza y el aprendizaje son dos aspectos fundamentales del mandato de la UNESCO y de la mayoría de los resultados previstos en lo tocante a la difusión de las TIC (Tecnologías de Información y Comunicación). Uno de los requisitos básicos de la educación del siglo XXI es preparar a la población para que pueda participar en una economía fundada en el conocimiento, lo que comprende las perspectivas sociales y culturales.”

El aprendizaje electrónico es la piedra angular para construir sociedades integradoras del conocimiento. La UNESCO, con su mandato singular de promover la libre circulación de las ideas y el conocimiento, ha desempeñado una función esencial en la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información. La contribución de la UNESCO incorporó los aspectos éticos, jurídicos y socioculturales de la sociedad de la información y contribuyó al aprovechamiento de las oportunidades que ofrecen las TIC, al situar al ser humano en el centro del enfoque.”

(Unesco – aprendizaje electrónico, 2017)

En (IGI Global, 2017) ofrecen 230 definiciones de distintas fuentes para definir el término “e-learning”. Se podrían incluir numerosas definiciones, pero, a continuación, se

va a destacar la ofrecida por el Consejo de Calidad del Aprendizaje Abierto y a Distancia del Reino Unido (Open and Distance Learning Quality Council), que define e-learning como:

"El proceso de aprendizaje efectivo creado por la combinación de contenidos digitalmente accesibles junto con soporte y servicios (al aprendizaje)."

(Odlqc.org.uk, 2017)

Esta definición proporcionada por el Consejo de Calidad del Aprendizaje Abierto y a Distancia del Reino Unido señala, respecto al e-learning, implica la existencia de una institución que dé soporte y servicios al proceso de aprendizaje, no hace referencia en cuanto si el tipo de educación es formal o no formal, pero si elimina en esta definición la educación informal. Asimismo, la definición destaca los contenidos digitales como los materiales y herramientas para llevar a cabo el proceso de aprendizaje, dejando de lado los textos impresos que si pueden estar presentes en la Educación a Distancia. El proceso de aprendizaje pone el foco en el estudiante, el cual construye su proceso de aprendizaje a partir de los contenidos proporcionados y apoyado en el soporte y servicios disponibles por parte de la institución.

A continuación, se van a presentar distintos términos derivados, o que han heredado, la construcción del término "e-learning" y que definen distintos entornos o escenarios de aprendizaje, todos ellos formados por subconjuntos del término "e-learning" y, por tanto, de "Educación a Distancia". No se pretende profundizar en ellos, ya que su proliferación es contante con el paso del tiempo y, en numerosas ocasiones, su definición no conlleva una delimitación clara respecto a otros posibles escenarios planteados.

m-learning (Mobile learning o aprendizaje móvil)

Sin lugar a dudas, de entre la familia de términos surgidos a partir del e-learning, el m-learning es aquel que mejor se ha instaurado en la educación y sociedad. En esta modalidad de aprendizaje, los dispositivos móviles con conexión a red son el centro en torno al que gira el aprendizaje. El m-learning focaliza un aprendizaje independiente de la movilidad del estudiante mediante aprendizaje soportado en plataformas móviles.

Por tanto, la adaptación de los contenidos (enfoque, visualización, formato, tamaño, estructura, etc.) no sólo debe ser enfocada hacia el aprendizaje a distancia sino al tipo de plataforma empleada. La UNESCO sostiene acerca del m-learning (Unesco – aprendizaje móvil, 2017):

"...ofrece métodos modernos de apoyo al proceso de aprendizaje mediante el uso de instrumentos móviles, tales como los ordenadores portátiles y las tabletas informáticas, los lectores MP3, los teléfonos inteligentes (smartphones) y los teléfonos móviles."

El aprendizaje móvil, personalizado, portátil, cooperativo, interactivo y ubicado en el contexto, presenta características singulares que no posee el aprendizaje tradicional mediante el uso de instrumentos electrónicos (e-learning). En el primero se hace hincapié en el acceso al conocimiento en el momento adecuado, ya que por su conducto la instrucción puede realizarse en cualquier lugar y en todo momento. Por eso, en tanto que dispositivo de ayuda al aprendizaje formal e informal, posee un enorme potencial para transformar las prestaciones educativas y la capacitación.”

(Unesco – aprendizaje móvil, 2017)

u-learning (ubiquitous learning o aprendizaje ubicuo)

El u-learning se trata de un aprendizaje basado en las premisas de “cualquier persona, a cualquier hora y en cualquier lugar” (anyone, anytime, anywhere) Desaparece la formalidad del aprendizaje, dotando a cualquier momento y lugar de la posibilidad de proceso de aprendizaje y prolongándolo en el tiempo y en el espacio. El u-learning focaliza un aprendizaje independiente a la localización del estudiante mediante aprendizaje soportado en plataformas móviles.

Según Casey (2005), en su artículo titulado “u-Learning = e-Learning + m-Learning”, el u-learning se basa en la construcción de un ambiente de aprendizaje ubicuo.

“Los estilos de aprendizaje han progresado desde el aprendizaje electrónico (e-learning) hasta el aprendizaje móvil (m-learning) y desde el aprendizaje móvil hasta el aprendizaje ubicuo (u-learning).”

(Casey, 2005)

b-learning (Blended learning o aprendizaje combinado)

Se trata de una metodología de enseñanza-aprendizaje que tiene parte presencial y parte a distancia sustentada por plataformas educativas y web vía internet, por lo que no se puede considerar un subconjunto de la Educación a Distancia. Se trata de una modalidad que se sitúa entre la educación presencial y la Educación a Distancia y que pretende aprovechar los beneficios de ambos escenarios. Es la modalidad a la que las universidades presenciales tradicionales han emigrado para enriquecer los procesos de aprendizaje y enseñanza. Por este motivo, es una modalidad educativa ampliamente seguida y analizada.

Aprendizaje interconectado o networked-learning

Según Dirckinck-Holmfeld et al. (2009), el término central en esta metodología es “interconexión”. Las interacciones que se derivan de esta interconexión incluyen interacciones humanas con materiales y recursos (pero las interacciones con los

materiales por sí solos no son suficientes) y requiere de aspectos de la interacción hombre-humano mediada a través de las tecnologías digitales. Una definición de aprendizaje interconectado en la que Dirckinck-Holmfeld et al. (2009) se apoyan es:

“Aprendizaje en el que la tecnología de la información y la comunicación se utiliza para promover las conexiones: entre un alumno y otros alumnos, entre estudiantes y tutores; entre una comunidad de aprendizaje y sus recursos de aprendizaje”

(Goodyear et al., 2004)

Otros

e-learning-3d: integración de entornos virtuales 3d así como Entornos Virtuales Multi-Usuario (Multi-User Virtual Environments, MUVes) como herramienta de aprendizaje tanto formal como informal (Di Blas et al., 2012).

Micro-learning: metodología de enseñanza basada en la fragmentación de los contenidos educativos.

Online-learning (aprendizaje en línea): Metodología educativa entregada a través de Internet.

p-learning (pervasive learning o aprendizaje generalizado): Aprender a la velocidad necesaria para cada individuo adaptando los contenidos y objetivos según las habilidades (Pontefract, 2013).

Rapid-learning: metodología que hace referencia al proceso de creación de contenido, no a la capacitación en sí.

s-learning (social learning o aprendizaje social): metodología de aprendizaje informal basada en el uso de las redes sociales para mejorar la comunicación entre los alumnos y profesores/tutores.

te-learning, TEL (technology-enhanced learning o aprendizaje potenciado por la tecnología): Metodología basada en la aplicación de las TICs a la enseñanza y aprendizaje (Kirkwood y Price, 2014).

t-learning (transformative/transgressive learning o aprendizaje transformador/transgresivo), acepción 1: metodología apoyada en las herramientas de Internet, que promueve el desarrollo de cambios permanentes de las competencias de quienes toman este tipo de entrenamiento.

t-learning (television learning o aprendizaje mediante la televisión), acepción 2: metodología basada en el aprendizaje interactivo y personalizado a través de la pantalla del televisor (González, 2017).

w-learning /we-learning: metodología para la formación a distancia a través de metodologías participativas en base a herramientas colaborativas de la web 2.0. (ITE-Internet aula abierta 2.0, 2017)

2.3.6. Herramientas en la Educación a Distancia

En la actualidad existen multitud de herramientas para el desarrollo de los procesos académicos a distancia (enseñanza y aprendizaje). No hay duda de que los modelos seguidos se basan en el uso de las tecnologías, especialmente internet como medio para alcanzar los contenidos y los ordenadores personales o plataformas móviles como instrumento de acceso.

Estas herramientas están conceptualizadas de forma que sean intuitivas y amigables para los estudiantes ya que el objetivo se centra en el aprendizaje para la que está diseñada o implementada la herramienta. Sin embargo, el manejo de este tipo de herramientas conlleva aprendizajes accidentales o no intencionales (King et al., 2001).

En este sentido, la primera herramienta necesaria para el estudiante es aquella que aglutine y distribuya las actividades de formación integrando los distintos contenidos y herramientas de aprendizaje. En general todo este tipo de plataformas (Sistemas de Gestión del Aprendizaje o LMSs del inglés Learning Management Systems, Entornos Personales de Aprendizaje o PLEs del inglés Personal Learning Environments, Cursos Online Masivos Abiertos o MOOCs del inglés Massive Open Online Courses, etc.) comparten herramientas y tecnologías, su diferencia es el enfoque aplicado.

El tipo y número de herramientas (*plugins*) que existen en este tipo de plataformas, bien sean para complementar o para proporcionar el aprendizaje, es extremadamente elevado. Además, para los materiales o herramientas similares existen variaciones que permiten llevar a cabo el proceso de aprendizaje con diversos enfoques. La integración de herramientas externas cada vez es más sencilla debido a la estandarización de protocolos (Castro y cols., 2001).

Este tipo de herramientas no sólo están centradas en el estudiante o en el proceso de aprendizaje llevado a cabo por éste, sino que el docente posee numerosas herramientas para facilitar el análisis de los contenidos y estructura del curso y repercusión en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Tal abanico de herramientas y formas en las que entregar los contenidos proporciona la posibilidad de dotar cualquier tipo de enfoque al proceso de aprendizaje.

Como ejemplo de la variedad de herramientas, en la Tabla 3 se muestran los plugins disponibles en el LMS Moodle.

Tabla 3. Listado de tipos de plugins en Moodle.
(Docs.moodle.org, 2017).

Plugin type	Component name	Description
Activity modules	mod	Activity modules are essential types of plugins in Moodle as they provide activities in courses. For example: Forum, Quiz and Assignment.
Antivirus plugins	antivirus	Antivirus scanner plugins provide functionality for virus scanning user uploaded files using third-party virus scanning tools in Moodle. For example: ClamAV.
Assignment submission plugins	assignsubmission	Different forms of assignment submissions
Assignment feedback plugins	assignfeedback	Different forms of assignment feedbacks
Book tools	booktool	Small information-displays or tools that can be moved around pages
Database fields	datafield	Different types of data that may be added to the Database activity module
Database presets	datapreset	Pre-defined templates for the Database activity module
LTI sources	ltisource	LTI providers can be added to external tools easily through the external tools interface see Documentation on External Tools. This type of plugin is specific to LTI providers that need a plugin that can register custom handlers to process LTI messages
File Converters	fileconverter	Allow conversion between different types of user-submitted file. For example from .doc to PDF.
LTI services	ltiservice	Allows the implementation of LTI services as described by the IMS LTI specification
Quiz reports	quiz	Display and analyse the results of quizzes, or just plug miscellaneous behaviour into the quiz module
Quiz access rules	quizaccess	Add conditions to when or where quizzes can be attempted, for example only from some IP addresses, or student must enter a password first
SCORM reports	scormreport	Analysis of SCORM attempts
Workshop grading strategies	workshopform	Define the type of the grading form and implement the calculation of the grade for submission in the Workshop module
Workshop allocation methods	workshopallocation	Define ways how submissions are assigned for assessment in the Workshop module
Workshop evaluation methods	workshopeval	Implement the calculation of the grade for assessment (grading grade) in the Workshop module
Blocks	block	Small information-displays or tools that can be moved around pages
Question types	qtype	Different types of question (e.g. multiple-choice, drag-and-drop) that can be used in quizzes and other activities
Question behaviours	qbehaviour	Control how student interact with questions during an attempt
Question import/export formats	qformat	Import and export question definitions to/from the question bank
Text filters	filter	Automatically convert, highlight, and transmute text posted into Moodle.
Editors	editor	Alternative text editors for editing content
Atto editor plugins	atto	Extra functionality for the Atto text editor
TinyMCE editor plugins	tinymce	Extra functionality for the TinyMCE text editor.
Enrolment plugins	enrol	Ways to control who is enrolled in courses
Authentication plugins	auth	Allows connection to external sources of authentication
Admin tools	tool	Provides utility scripts useful for various site administration and maintenance tasks
Log stores	logstore	Event logs storage back-ends
Availability conditions	availability	Conditions to restrict user access to activities and sections.
Calendar types	calendartype	Defines how dates are displayed throughout Moodle
Messaging consumers	message	Represent various targets where messages and notifications can be sent to (email, sms, jabber, ...)
Course formats	format	Different ways of laying out the activities and blocks in a course
Data formats	dataformat	Formats for data exporting and downloading
User profile fields	profilefield	Add new types of data to user profiles
Reports	report	Provides useful views of data in a Moodle site for admins and teachers
Course reports	coursereport	Reports of activity within the course
Gradebook export	gradeexport	Export grades in various formats
Gradebook import	gradeimport	Import grades in various formats
Gradebook reports	gradereport	Display/edit grades in various layouts and reports
Advanced grading methods	gradingform	Interfaces for actually performing grading in activity modules (eg Rubrics)
MNet services	mnet-service	Allows to implement remote services for the MNet environment (deprecated, use web services instead)
Webservice protocols	webservice	Define new protocols for web service communication (such as SOAP, XML-RPC, JSON, REST ...)
Repository plugins	repository	Connect to external sources of files to use in Moodle
Portfolio plugins	portfolio	Connect external portfolio services as destinations for users to store Moodle content
Search engines	search	Search engine backends to index Moodle's contents.
Media players	media	Pluggable media players
Plagiarism plugins	plagiarism	Define external services to process submitted files and content
Cache store	cachestore	Cache storage back-ends.
Cache locks	cachelock	Cache lock implementations.
Themes	theme	Change the look of Moodle by changing the HTML and the CSS.
Local plugins	local	Generic plugins for local customisations
Legacy assignment types	assignment	Different forms of assignments to be graded by teachers
Legacy admin reports	report	Provides useful views of data in a Moodle site, for admins only.

Como se ha comentado anteriormente, además de las herramientas disponibles en las plataformas de gestión de contenidos de aprendizaje se pueden incorporar herramientas

externas. La variedad en el abanico de posibilidades de materiales de aprendizaje, variaciones y enfoques disponibles en este caso se puede considerar prácticamente infinito. Únicamente se destacará en este caso un tipo de herramienta para paliar los inconvenientes del aprendizaje en el campo del STEM (del inglés Science, Technology, Engineering and Mathematics) en entornos de e-learning y de Educación a Distancia: los laboratorios remotos. Este tipo de herramientas están cada vez más presentes en los centros educativos y su integración en gestores de aprendizaje es cada vez más frecuente (Orduña et al., 2013; de la Torre et al., 2013).

2.3.6.1. Entornos Virtuales de Aprendizaje

Actualmente existen un gran número de herramientas software que permiten obtener conocimiento desde un ordenador conectado a Internet (páginas web, wikis, etc.). Una de las herramientas más utilizadas por las organizaciones para el aprendizaje son los Sistemas de Gestión del Aprendizaje (SGA) o más conocidos como LMSs (Learning Management Systems) pero no se trata de la única opción disponible. Por ejemplo, Harris y Hodges (2016) han llevado a cabo una evaluación del uso de las herramientas de Google (Google+ y Google sites) en vez del empleo de LMSs (Desire2Learn es la plataforma empleada por la institución y con la que comparan distintas cuestiones) para una asignatura optativa del grado “Tecnología Instruccional”, cuyo resultado fue satisfactorio según las encuestas sobre los 44 estudiantes que completaron los cuestionarios de los 58 matriculados. Sin embargo, los resultados ofrecidos dependen de numerosos factores (calidad de los cursos en los distintos entornos, aprovechamiento de las herramientas disponibles en cada entorno, etc.) y la muestra de encuestados resulta pequeña. Además, no se aporta información acerca de una posible relación entre las calificaciones obtenidas y su opinión acerca del Entorno Virtual de Aprendizaje.

Por otro lado, el autocontrol y autorregulación del aprendizaje que se le transfiere al estudiante en educación distancia requiere de una estructura que ayude al estudiante a alcanzar las metas de aprendizaje. En este sentido, Reeve (2009) señala la necesidad de un control en la autorregulación de las actividades, incluso cuando los instructores creen que los estudiantes se benefician más cuando su deseo de aprender es intrínseco. Que el estudiante tenga el control del entorno de aprendizaje, provoca que factores como la motivación cobren un mayor peso frente a la educación guiada tradicional. Además, un amplio abanico de alternativas y/o posibilidades o contenidos desestructurados o inconexos puede distraer al estudiante del objetivo principal de aprendizaje. Por otra parte, la investigación previa sugiere que la alta motivación está relacionada con el uso de estrategias de aprendizaje consistentes, y la baja motivación con estrategias no dirigidas (Sankaran y Bui, 2001). Por lo tanto, estas herramientas, asimismo, deben

permitir al equipo docente administrar y controlar, estructurar y planificar el proceso de aprendizaje.

Un entorno virtual de aprendizaje (EVA), ambiente virtual de aprendizaje (AVA) o Virtual Learning Environment (VLE) es un conjunto de herramientas para gestionar el aprendizaje electrónico con un mecanismo de ejecución, que proporciona acceso a los recursos, seguimiento y evaluación de las actividades académicas (Hussain et al., 2011). El uso de esta herramienta ha transformado una gran parte de los espacios de enseñanza tradicionales en espacios virtuales de enseñanza y aprendizaje (Covadonga y Matesanz, 2009).

Estos entornos pueden contener todo tipo de herramientas que ayuden a alcanzar las metas y objetivos de aprendizaje: sistemas de videoconferencia, herramientas colaborativas en web, laboratorios virtuales, laboratorios remotos, repositorios de todo tipo de documentos, herramientas de autoevaluación, chats, foros, reproductores de videos/audio, webbooks, contenidos gamificados, seguimiento, etc. Estas herramientas no solo pueden proporcionar beneficios a los entornos educativos a distancia sino también a la formación presencial (Mason, 2013).

Los entornos para plataformas móviles, debido al auge en su uso y la característica “en cualquier momento y lugar”, están proliferando rápidamente, especialmente mediante la adaptación de entornos existentes para las características de este tipo de plataformas. Asimismo, los entornos para el desarrollo de cursos MOOC han experimentado un elevado crecimiento en los últimos años. A continuación, se van a describir los Sistemas de Gestión de Aprendizaje, la fórmula más difundida en la actualidad, y los Entornos Personales de Aprendizaje, que otorgan un mayor autocontrol y autorregulación al estudiante.

2.3.6.2. Sistema de Gestión de Aprendizaje

Se puede decir que un LMS es una aplicación informática que permite mostrar contenido educativo de una forma organizada y controlada. Un LMS, entre otras características, permite:

- Control administrativo: realiza las tareas de organización necesarias de forma centralizada, gestión de altas y bajas de alumnos, creación de grupos de trabajo, organización de aulas, almacenamiento de los perfiles de usuarios, características personales de los usuarios, etc
- Control de acceso: tienen un sistema de autenticación de usuarios global que concede el acceso a todos los cursos en los que el alumno está matriculado o inscrito.

- Control en función del perfil del usuario: distintos perfiles con distintos permisos (administrador, profesor, tutor, estudiante e invitado).
- Estructurar y gestionar recursos de usuarios, así como materiales y actividades de formación.
- Proporcionar la posibilidad de emplear herramientas para entregar la información con distintos enfoques (documentos de consulta, gamificación, videos, etc.).
- Proporcionar la posibilidad de emplear herramientas de comunicación (Chat, Foros, etc.).
- Proporcionar estándares e-learning para la creación de objetos de aprendizaje y para que otros usuarios puedan reutilizar los objetos de aprendizaje creados por otros usuarios. Por ejemplo, SCORM (del inglés Sharable Content Object Reference Model) o LTI (del inglés Learning Tool Interoperability).
- Evaluación. permiten realizar un seguimiento de la actividad y progreso y poseen herramientas de visualización. Mediante este seguimiento, el estudiante puede identificar aquellas áreas en las que requiere una mayor concentración de sus esfuerzos y los equipos docentes pueden detectar áreas en las que los estudiantes están mostrando mayores debilidades y actuar al respecto. Asimismo, contienen herramientas para posibilitar la educación continua.
- Los LMS están centrados en la enseñanza teórica. Para la enseñanza práctica se utilizan los laboratorios virtuales o remotos. Estos, ofrecen la posibilidad, a los estudiantes, de realizar sus prácticas y adquirir el conocimiento práctico que luego tendrán que aplicar en su trabajo (San Cristóbal Ruiz, 2010).
- Mediante el seguimiento de su progreso, se pueden detectar las áreas que necesitan ser reforzadas para mejorar.

Actualmente, existen un gran número de LMS en el mercado. Estos pueden ser clasificados en (San Cristóbal Ruiz, 2010):

- LMS de iniciativa privada: Plataformas comerciales o plataformas propietario. Como Blackboard, Edmodo, Connect Learning, Vertice, virtualtraining, EduStance, E-ducativa, eCollege, Educallao, Eminus, FigarOnline, Fronter, etc.
- LMS de código abierto. Son sistemas de aprendizaje que permiten modificar su estructura, añadir funcionalidades, etc., debido a que su código está disponible para cualquier programador. Por ejemplo, Moodle, Sakai, ILI, Whiteboard, KanataLV, Moodle, Dokeos, Claroline, ATutor,

Docebo, LRN, Sakai, Ganesha, openelms, eFront, ILIAS, OLAT, Canvas, etc.

En un estudio realizado por Capterra, (Medved, 2015), se puede observar el tipo de organizaciones que emplean LMS (Figura 7). Los tipos de organizaciones que usan sistemas de gestión del aprendizaje se dividen ampliamente entre las instituciones educativas, empresas que las utilizan para la capacitación de sus empleados o empresas para la venta de cursos.

En el mismo estudio, los encuestados respondieron a las herramientas que más utilizaban, Figura 8, y por aquellas que más deseaban poder incluir, Figura 9.

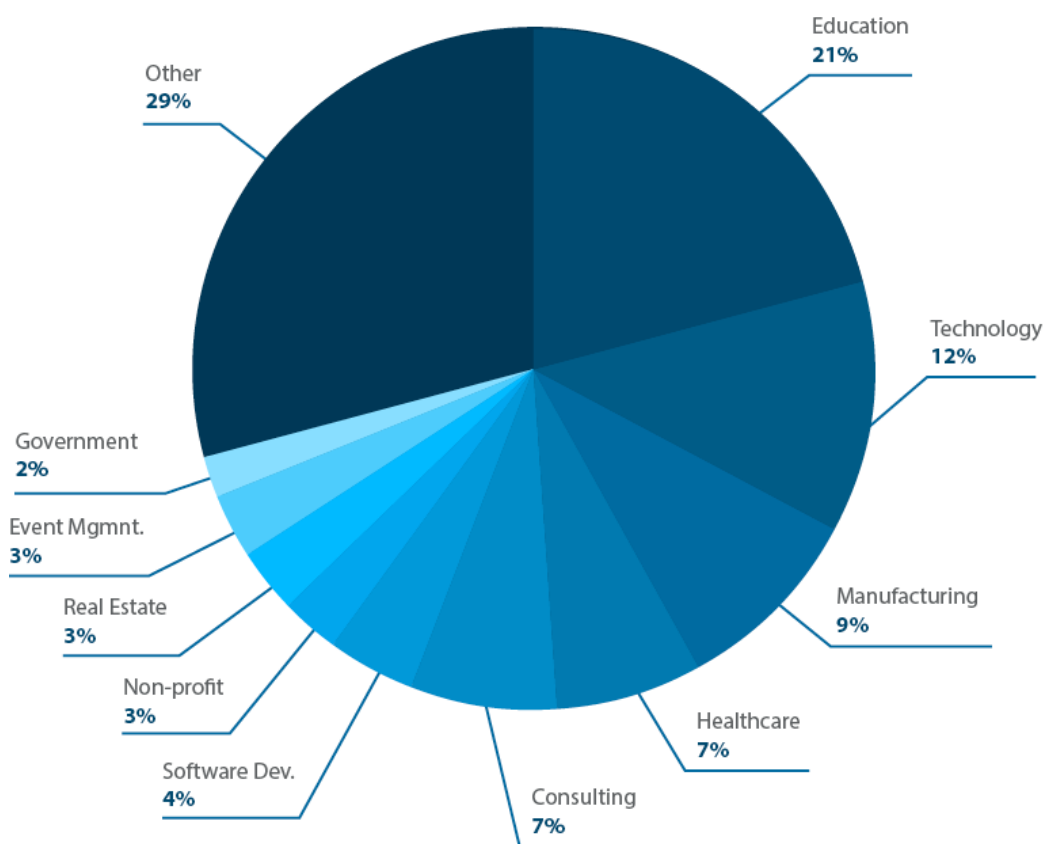


Figura 7. Uso de LMSs por tipo de organización.
(Medved, 2015).



Figura 8. Herramientas más empleadas.
(Medved, 2015).



Figura 9. Herramientas más deseadas.
(Medved, 2015).

En la Figura 10 se muestra una comparativa de 4 plataformas de LMSs (BlackBoard, Moodle, Docebo y Edmodo) (softwareinsider.com, 2017). En ella se puede observar las distintas características que este tipo de herramientas presentan. Según los datos de (Capterra.com, 2017), la plataforma con más clientes es Edmodo con 350.000; Por su parte, Moodle, se sitúa en segundo lugar respecto al número de clientes, 70.600, y como la plataforma líder en usuarios, 89.200.000.

2.3.6.3. Entornos Personales de Aprendizaje

Un entorno virtual de aprendizaje (PLE del inglés Personal Learning enviroment) es una herramienta que permite al estudiante administrar y gestionar su propio aprendizaje. Castañeda y Adell (2013) los sitúan como un enfoque de aprendizaje más que una metodología. En la Figura 11 y la Figura 12 se muestran dos propuestas de esquemas de PLE.

Según Henri et al. (2008), un PLE se define como "un conjunto de las diferentes aplicaciones, servicios y varios otros tipos de recursos de aprendizaje reunidos en diferentes contextos, construido por un individuo y utilizado en la vida cotidiana para el aprendizaje". Para Downes, (2007), los VLEs tradicionales emulan/simulan/replican el modelo tradicional presencial; Mediante los PLEs la administración y gestión del aprendizaje pasa de la institución al estudiante permitiendo al estudiante ser un "productor" y no solo un "consumidor" de recursos educativos (Figura 12). Un PLE puede ser descrito como una plataforma modular, personal y personalizada que combina varios servicios universitarios formales con los servicios externos que el alumno utiliza de manera informal en su vida personal para actividades de aprendizaje (Moccozet et al., 2014; Lucke y Rensing, 2013). Un problema de los PLE empleados en contextos educativos institucionales, iPLE, es la capacidad requerida a los estudiantes para construir su propio PLE de una forma efectiva (Moccozet et al., 2014; Dabbagh y Kitsanas, 2012; White y Davis, 2011; Casquero et al., 2010). Este problema, capacitar a los estudiantes a construir su PLE, se traslada a los docentes (Lucke y Rensing, 2013).

   			
Course Development Features			
✗ Course Authoring	✓ Course Authoring	✓ Course Authoring	✓ Course Authoring
✓ Custom Branding	✓ Custom Branding	✓ Custom Branding	✗ Custom Branding
✓ Custom Functionality	✓ Custom Functionality	✗ Custom Functionality	✗ Custom Functionality
✓ Custom User Interface	✓ Custom User Interface	✓ Custom User Interface	✗ Custom User Interface
✓ Multiple Delivery Formats	✗ Multiple Delivery Formats	✓ Multiple Delivery Formats	✗ Multiple Delivery Formats
✓ Templates	✗ Templates	✓ Templates	✗ Templates
✓ Custom Fields	✓ Custom Fields	✓ Custom Fields	✓ Custom Fields
✓ Exam Engine	✓ Exam Engine	✓ Exam Engine	✓ Exam Engine
Administrative Features			
✗ Defined User Roles	✓ Defined User Roles	✓ Defined User Roles	✓ Defined User Roles
✗ Display Transcripts	✗ Display Transcripts	✓ Display Transcripts	✗ Display Transcripts
✓ eCommerce	✗ eCommerce	✓ eCommerce	✗ eCommerce
✗ Email Integration	✓ Email Integration	✓ Email Integration	✗ Email Integration
✓ Individual Plans	✓ Individual Plans	✓ Individual Plans	✗ Individual Plans
✓ Legacy System Integration	✗ Legacy System Integration	✓ Legacy System Integration	✗ Legacy System Integration
✓ Mobile Access	✓ Mobile Access	✓ Mobile Access	✗ Mobile Access
✓ Resource Management	✗ Resource Management	✓ Resource Management	✗ Resource Management
✓ Student Portal	✗ Student Portal	✓ Student Portal	✗ Student Portal
✗ Training Workflow	✓ Training Workflow	✓ Training Workflow	✗ Training Workflow
✗ Unlimited Users	✓ Unlimited Users	✓ Unlimited Users	✗ Unlimited Users
✓ User Access Controls	✓ User Access Controls	✓ User Access Controls	✗ User Access Controls
✓ Work Offline	✗ Work Offline	✓ Work Offline	✗ Work Offline
✓ Administrative Reporting	✓ Administrative Reporting	✓ Administrative Reporting	✓ Administrative Reporting
✓ Course Catalog	✓ Course Catalog	✓ Course Catalog	✓ Course Catalog
✓ Custom Reporting	✓ Custom Reporting	✓ Custom Reporting	✓ Custom Reporting
✓ Data Import/Export	✓ Data Import/Export	✓ Data Import/Export	✓ Data Import/Export
✓ Grading	✓ Grading	✓ Grading	✓ Grading
✓ Registration Management	✓ Registration Management	✓ Registration Management	✓ Registration Management
Collaboration Features			
✗ Blogs	✓ Blogs	✓ Blogs	✗ Blogs
✗ Collaboration Management	✓ Collaboration Management	✓ Collaboration Management	✓ Collaboration Management
✗ Discussion Forum	✓ Discussion Forum	✓ Discussion Forum	✓ Discussion Forum
✗ File Exchange	✓ File Exchange	✓ File Exchange	✗ File Exchange
✗ Internal Messaging	✓ Internal Messaging	✓ Internal Messaging	✓ Internal Messaging
✗ Live Chat	✓ Live Chat	✓ Live Chat	✗ Live Chat
✗ Wikis	✓ Wikis	✗ Wikis	✗ Wikis
Assessment Methods			
✓ Goal Setting	✗ Goal Setting	✗ Goal Setting	✗ Goal Setting
✓ Training Metrics	✗ Training Metrics	✓ Training Metrics	✗ Training Metrics
✓ Skills Tracking	✓ Skills Tracking	✓ Skills Tracking	✓ Skills Tracking
✓ Testing	✓ Testing	✓ Testing	✓ Testing
Instruction Methods			
✓ Blended Learning	✗ Blended Learning	✗ Blended Learning	✗ Blended Learning
✗ e-Learning	✓ e-Learning	✓ e-Learning	✓ e-Learning
✓ Interactive Courses	✓ Interactive Courses	✓ Interactive Courses	✗ Interactive Courses
✓ Multimedia	✓ Multimedia	✓ Multimedia	✗ Multimedia
✓ Self-Paced	✗ Self-Paced	✓ Self-Paced	✗ Self-Paced
✓ Virtual Classroom	✓ Virtual Classroom	✓ Virtual Classroom	✓ Virtual Classroom

Figura 10. Comparativa de cuatro LMSs: BlackBoard Learn vs Moodle vs Docebo vs Edmodo. (softwareinsider.com, 2017).

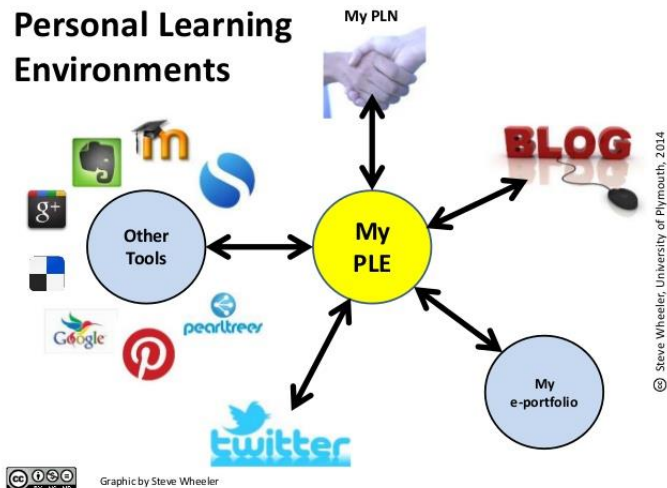


Figura 11. Esquema PLEs.
(Wheeler, 2014).

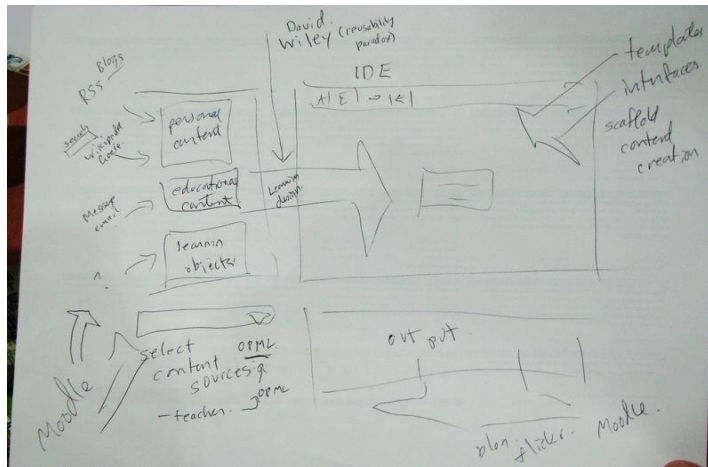


Figura 12. Diagrama PLE.
(Stephen Downes, 2007).

Características de los PLE (Barroso, Cabero y Vázquez, 2012):

- El aprendizaje es autorregulado y autocontrolado por el estudiante. Es el estudiante el que fija sus objetivos, recorridos y metas de aprendizaje. De esta forma aprenden a construir, regular y controlar el propio aprendizaje.
- El estudiante es un elemento activo: organizador, buscador, adaptador, creador y publicador de contenidos.
- Limitado control institucional sobre el proceso y el producto.
- Son fáciles y amigables de construir, manejar y desenvolverse sobre ellos, pues tienden a desplegarse y construirse con herramientas web 2.0.
- Construyen entornos especialmente abiertos a herramientas sociales para compartir contenidos, intereses y problemas y para promover la interacción tanto formal como informal. En este sentido, buscan favorecer la colaboración.

- Su creación exige a los profesores y alumnos una fuerte capacitación conceptual y tecnológica.
- Permiten proyectos de colaboración, con docentes de otros centros y otros países, y mantener el compromiso con la educación y la profesión docente.

2.4. Entornos prácticos en la Educación a Distancia

Todo tipo de disciplina académica relacionada con el ámbito de las ciencias (ingeniería, química, salud, física, biología, etc.) requiere un elevado componente práctico en su formación ya que, en general, el entorno profesional estará muy alejado del marco teórico. Asimismo, las prácticas de laboratorio permiten una toma de contacto de los estudiantes con la investigación. La experiencia al trabajar con equipos y componentes reales proporciona unos complementos al aprendizaje ampliamente conocidos por los profesionales y necesarios para cualquier persona que busca un aprendizaje más allá de los modelos teóricos.

Distintos autores como Cotfas, Cotfas, y Gerigan (2015), Coble et al (2010), Hanson et al (2009), Naef (2006) o Nedic, Machotka y Nafalski (2003) aluden a los laboratorios presenciales, laboratorios remotos, laboratorios virtuales y los simuladores como las posibilidades que ofrecen las instituciones educativas con el fin de complementar los contenidos teóricos y el desarrollo de cursos en los que la experimentación juega un papel importante:

- Simuladores: se tratan de programas informáticos que se instalan y ejecutan en cualquier PC sin necesidad de internet. Son una abstracción de la realidad, modelos que simulan el comportamiento de un determinado sistema, en el que se puedan distinguir las variables y parámetros que lo caracterizan, para entenderlo o para evaluar la implementación de posibles medidas a fin de obtener unos determinados objetivos.
- Laboratorios virtuales: se tratan de programas informáticos en red por lo que su uso requiere de acceso a internet. Suelen tener herramientas colaborativas como chats. Al igual que los simuladores, son una abstracción de la realidad, modelos que simulan el comportamiento de un sistema.
- Laboratorios remotos: tienen 2 bloques bien diferenciados, virtual y real. El software (bloque virtual) es el encargado de la parte virtual del laboratorio: del interfaz de usuario, visualización (en algunos casos), gestión de solicitudes, gestión de usuarios y la comunicación con el bloque real. El laboratorio (bloque real) formado por los equipos, instrumentos,

componentes (en su caso) y dispositivos requeridos para su manejo remoto.

- Laboratorios reales: se tratan de aulas presenciales equipadas con los medios necesarios para llevar a cabo experimentos de carácter científico.

Cada formato de laboratorio (presencial, remoto, virtual o simulado) tiene unas ventajas sobre los otros tanto para usuarios, instituciones, docentes y objetivos de aprendizaje. Autores como Lang et al. (2007), Naef (2006) o Ma y Nickerson (2006) afirman que no es posible una comparación directa entre las distintas alternativas debido a la falta de un criterio uniforme para evaluar la efectividad de cada laboratorio. Naef (2006) y Lindsay y Good (2005) concluyen que no se puede concluir objetivamente que ningún tipo de laboratorio es superior a otro, ya que cada uno de ellos proporciona diferentes beneficios de aprendizaje. Por lo tanto, la mejor solución es una combinación de los métodos o el uso de aquellos que mejor se adecue al individuo y metas establecidas.

Existen muchas ventajas y desventajas presentes en la Educación a Distancia respecto a la modalidad presencial (Taylor, Honchell y DeWitt, 1996). Estos inconvenientes se agravan cuando el curso requiere el acceso a experiencias de laboratorio. Elias, Shehata y Morgan (2015) sugieren que, debido al rápido desarrollo de internet, los laboratorios remotos son una nueva herramienta que hace la vida más fácil para aquellos que quieren aprender a distancia.

2.5. Laboratorios remotos

Los laboratorios remotos son laboratorios reales accesibles y controlables remotamente mediante una red —por lo general, internet—. Diferentes diseños de laboratorios web se han creado para aportar experiencias prácticas educativas en todo el mundo. Algunos ejemplos se describen en (Stefanovic et al., 2009; Gustavsson et al., 2007; Karadimas y Efstathiou, 2007). Autores como Ma y Nickerson (2006) subrayan que los laboratorios remotos y presenciales son muy similares. En esta línea, Corter et al. (2007) señalan que, tanto los laboratorios presenciales como los laboratorios remotos, son parte del mundo real y esa es la diferencia entre ellos y los laboratorios simulados y/o virtuales.

Sin embargo, los laboratorios remotos también trasladan inconvenientes de los laboratorios presenciales, especialmente en lo referente al apartado experimental. Factores como averías en los equipos e instrumentos, monitores/tutores de prácticas con baja experiencia, inconvenientes derivados del desconocimiento en el funcionamiento de los equipos e instrumentos, componentes defectuosos, etc. Por ejemplo, como se recogen Claesson y Håkansson (2012), los estudiantes de un grupo proporcionaron una

valoración más negativa que sus compañeros de otros grupos. Uno de los motivos analizados para explicar esta tendencia mostrada por este grupo de estudiantes fue debida a la baja experiencia del profesor con el laboratorio remoto.

Se puede concluir que, con el fin de ofrecer a los usuarios el rendimiento del equipo real bajo condiciones de operación reales, los simuladores y laboratorios virtuales representan una primera y económica aproximación al problema, pero están lejos de proporcionar determinadas capacidades que se pretende al diseñar unas prácticas de laboratorio. Ma y Nickerson (2006) apuntan que lo que hace especiales a los laboratorios remotos es la distancia entre el experimento y el usuario. La diferencia fundamental impuesta por la operación a distancia es la separación física de los estudiantes y equipo experimental real, por lo tanto, los laboratorios remotos tienen una capacidad muy limitada para proporcionar habilidades manuales. Por otro lado, algunos autores, sostienen que la presencia física es sólo un elemento de la percepción de la realidad, una realidad subjetiva del estudiante (Hanson et al., 2009; Biocca, 2001; Sheridan, 1999). Asimismo, apuntan, que la solución a este inconveniente se alcanza por medio de una interfaz que dote de una mayor inmersión de los estudiantes en el laboratorio.

2.5.1. Características de los laboratorios remotos

Los laboratorios remotos son laboratorios reales formados por una capa de software y otra capa de hardware, cuyos equipos e instrumentos son configurados y las lecturas de sus instrumentos de medida observadas de forma remota mediante el uso de internet. Las principales características de los laboratorios remotos son:

- Están compuestos por equipos, instrumentos, componentes y/o sistemas reales. Por lo tanto, requieren de un espacio físico para su implementación, pero no necesariamente accesible (únicamente lo necesario para las tareas de mantenimiento).
- Emplean interfaces gráficas para la manipulación de los equipos e instrumentos.
- Son accesibles y manipulables desde internet. Permiten un acceso sin restricciones en cualquier momento y en cualquier lugar incluso cuando las instalaciones del centro se encuentran cerradas. El laboratorio se adapta a las circunstancias y necesidades de los estudiantes, y no al contrario promoviendo el aprendizaje constructivista y autorregulado.
- Dotan de un entorno de laboratorio seguro al estudiante.
- Los experimentos requieren de un diseño e implementación correcta por parte de los equipos docentes. Además, por lo general tiene una capa de software para proteger a los distintos elementos del sistema. Por lo tanto,

la responsabilidad recae sobre el docente, y el estudiante puede experimentar de forma libre. Los equipos, instrumentos y componentes sufren menos desgaste debido a la ausencia de usos indebidos.

- Presentan ciertas limitaciones a la hora de la experimentación, en algunos casos debido a limitaciones constructivas, en otro debido a la configuración del laboratorio (bien sea por protecciones en la capa de software o por el diseño del equipo docente).
- En aquellos laboratorios remotos que emplean webcams para la captura de video requieren de una correcta definición de los formatos para obtener una correcta visualización de manera síncrona a los sucesos.
- La experimentación que requiere de tiempos de muestreo relativamente pequeños requiere de sistemas costosos.
- Proporcionan conocimientos transversales debido al uso de las TICs, aunque este no sea el objetivo principal del laboratorio.

2.5.2. Arquitectura de los laboratorios remotos

La arquitectura básica de un laboratorio remoto se muestra en la Figura 13 y está formada por los siguientes elementos (San Cristóbal Ruiz, 2010):

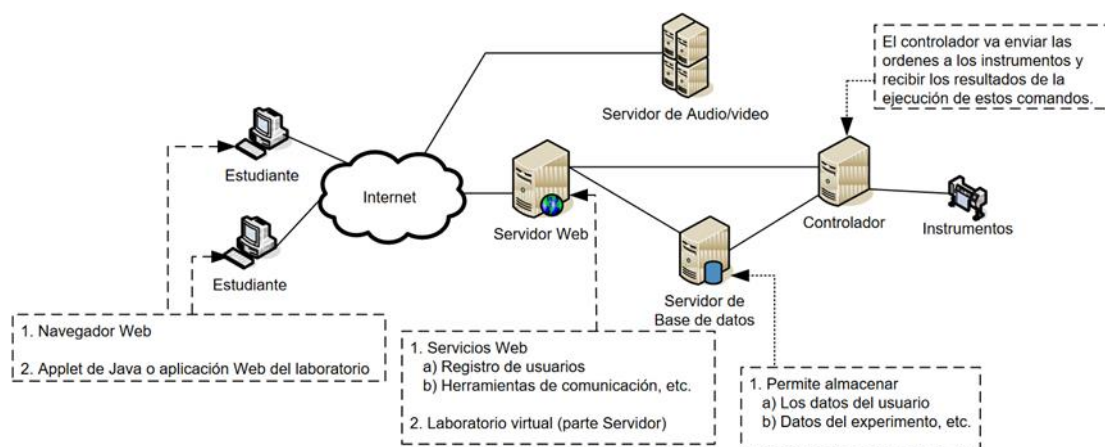


Figura 13. Arquitectura general de un laboratorio remoto.
(San Cristóbal Ruiz, 2010).

- Ordenador del Estudiante. El estudiante necesita un ordenador con conexión a Internet y accede al laboratorio utilizando un navegador. Este navegador cargará la aplicación web del laboratorio.
- Servidor Web. Es uno de los elementos clave de la arquitectura. Sus funciones son:
 - Atender y responder las peticiones http realizadas por el navegador del estudiante. enviar las páginas, *applets* o *activex* del laboratorio, recibir las acciones a realizar en el laboratorio,

- enviar las respuestas de las acciones realizadas en el laboratorio, etc.
- Ofrecer servicios complementarios al laboratorio y al usuario que se conecta al laboratorio, como: autenticación, autorización, herramientas de comunicación, reservas, plantas hidráulicas, etc.
- Enviar los comandos indicados por el estudiante al controlador y recibir las respuestas de este.
- Controlador. Es un ordenador conectado a los instrumentos del laboratorio, suelen conectarse a través de tarjetas de adquisición de datos o DAQ, buses de interfaz de propósito general o GPIB, una interfaz RS-232, etc. El controlador debe:
 - 1. Recibir, del servidor Web, los comandos que deben ejecutar los instrumentos.
 - 2. Convertir estos comandos en señales y enviarlos a través de la tarjeta de adquisición, bus GPIB, etc.
 - 3. Recibir las señales de respuesta y las transforma para el servidor Web.
- Instrumentos. Existe una gran variedad de hardware que puede ser conectado a un ordenador y manejado de forma remota. Algunos ejemplos son: Osciloscopios, analizadores de espectro.
- Servidor de Audio y Video. Es el encargado de servir el audio y video del laboratorio físico al estudiante, de tal forma que este vea las respuestas del instrumento a sus órdenes. Podría ser parte del servidor Web.
- Servidor de base de datos. Las bases de datos podrían estar incluidas en el servidor. Pero por motivos de mantenimiento, escalabilidad y seguridad, es preferible que este fuera de él. Contiene la información necesaria para el sistema como: estudiantes, prácticas, resultados, etc.

En la Tabla 4 se muestra una comparativa de las distintas características de los distintos tipos laboratorios.

2.5.3. Percepción de los laboratorios remotos

Dentro de las propuestas a la integración de la experimentación, en 2011 se inició el proyecto OLAREX (Dziabenko Orduña y Garcia-Zubía, 2013). Formado por instituciones de diferentes países de la UE (España, Lituania, Austria, Bulgaria, Hungría y Polonia). El objetivo principal del proyecto era implementar de manera innovadora materiales de aprendizaje basados en las TIC, experimentos remotos y metodología didáctica en

entornos formales y no formales de aprendizaje continuo. En definitiva, la búsqueda de una mejora y modernización de los currículos en STEM, fomento de la creatividad y la motivación de los estudiantes y desarrollo de las habilidades profesionales y conocimientos sobre el impacto de las tecnologías en evolución.

Tabla 4. Características de los diferentes tipos de laboratorios.

	Simulador	Laboratorio virtual	Laboratorio remoto	Laboratorio presencial
Uso de equipos reales	No (Stark et al., 2017)	No (Stark et al., 2017)	Si (Corter et al., 2007)	Si (Corter et al., 2007)
Resultados	Modelizados (Stark et al., 2017)	Modelizados (Nedic et al., 2003)	Reales (Stark et al., 2017)	Reales (Cotfas et al., 2015)
Conexión a Internet	No (San Cristóbal Ruiz, 2010)	Si (San Cristóbal Ruiz, 2010)	Si (Corter et al., 2004)	No
emplazamiento	Virtual (PC)	Virtual (Servidor web) (Cotfas et al., 2015)	Virtual (Servidor web) y físico (limitado). (Corter et al., 2004)	Físico (aula preparada) (Ma y Nickerson, 2006)
Problemas de versiones	Si (San Cristóbal Ruiz, 2010)	No (San Cristóbal Ruiz, 2010)	No (San Cristóbal Ruiz, 2010)	No (San Cristóbal Ruiz, 2010)
Interacción con el monitor/tutor	asíncrona	asíncrona	asíncrona	Síncrona (Rosado y Herreros, 2005)
Interacción con iguales	No. (Stark et al., 2017)	En general no. (Stark et al., 2017)	En general no. (Stark et al., 2017)	Si (Stark et al., 2017)
Disponibilidad	Cualquier momento (San Cristóbal Ruiz, 2010)	Cualquier momento (San Cristóbal Ruiz, 2010)	Cualquier momento (San Cristóbal Ruiz, 2010)	En general limitada
Coste	Gratuitas versiones de prueba. €€ versiones comerciales (San Cristóbal Ruiz, 2010)	€ (Stark et al., 2017)	€€€ (Stark et al., 2017)	€€€€ (Rosado y Herreros, 2005)
Interfaz	Abstracción en general.	Abstracción o emulada	Abstracción (Macias y Mendez, 2007), emulada (Lopez, et al., 2014) o real (mediante webcams) (Odeh et al., 2012)	Real (Ma y Nickerson, 2006)
Seguridad del entorno	Total (San Cristóbal Ruiz, 2010)	Total (Rosado y Herreros, 2005)	Total para usuarios, relativamente alta para los equipos e instrumentos (depende de las capas de seguridad sw/hw establecidas).	Ninguna especial (Muhamad, et al., 2012)

Dentro del marco de dicho proyecto, se analizaron algunos resultados de una encuesta realizada en España, entre marzo a abril de 2012, para analizar los conocimientos y aptitudes solicitadas a los estudiantes de secundaria; la demanda sobre el desarrollo de competencias TIC de los profesores; el papel del personal administrativo en la integración de las TIC en los programas escolares; materiales de aprendizaje online y las necesidades de experimentos remotos, así como los métodos de educación.

Las conclusiones obtenidas fueron que todos los destinatarios de la encuesta declararon un gran interés en los laboratorios remotos y los experimentos, creyendo que

estas herramientas pueden ayudar a mejorar curricularmente en STEM y en métodos en la enseñanza en el aula y al mismo tiempo desarrollar competencias en los estudiantes que son requeridos por la industria.

242 estudiantes de 464 participantes (52,4%) señalaron que usan actividades prácticas de laboratorio y experimentan laboratorios en la clase. Este subconjunto de estudiantes con experiencia en prácticas de laboratorio evaluó su experiencia con una escala Likert de 5 puntos (Figura 14): totalmente de acuerdo (barra más a la izquierda) - ... - totalmente en desacuerdo (barra más a la derecha).

El 44% de todos los participantes de la encuesta como para interactuar con el equipo de laboratorio. El 46% están totalmente de acuerdo y en su mayoría están de acuerdo en que entienden mejor el material de aprendizaje. El 37% de los que responden están totalmente de acuerdo y en su mayoría están de acuerdo en que están ansiosos por aplicar sus conocimientos teóricos en experimentos de laboratorio. 173 estudiantes de 462 (37%) han oído hablar de laboratorios accesibles remotamente antes, mientras que 283 estudiantes (casi el 63%) nunca han oído hablar de él. Sin embargo, a pesar del gran número de quienes nunca han oído hablar de los experimentos remotos, después de una breve presentación del laboratorio remoto, más del 67% de todos los respondedores estarían interesados en probar y aplicar experimentos accesibles a distancia. Nos muestra la disposición de los estudiantes a utilizar nuevas herramientas para apoyar sus tareas prácticas.

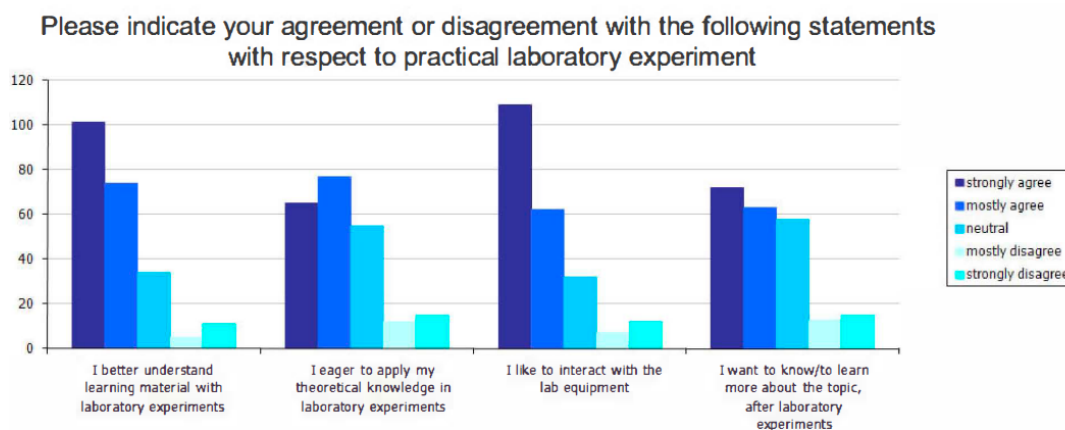


Figura 14. Resultados de la encuesta entre los estudiantes con experiencias de laboratorio. (Dziabenko Orduña y Garcia-Zubía, 2013).

Los profesores fueron otro objetivo de las encuestas. Más de 100 profesores completaron el cuestionario. Las respuestas fueron que: el 56% de los encuestados no utilizan un componente práctico de laboratorio actualmente en su plan de estudios; Mientras que el 44% aplica los experimentos de laboratorio en la clase. Normalmente los maestros aplican la actividad de laboratorio en matemáticas, biología y tecnologías. Si hay experimentos remotos disponibles en la escuela, el 50% responde que están

interesados, el 7% está muy interesado y el 6% está completamente interesado en aplicarlos en la clase (Figura 15).

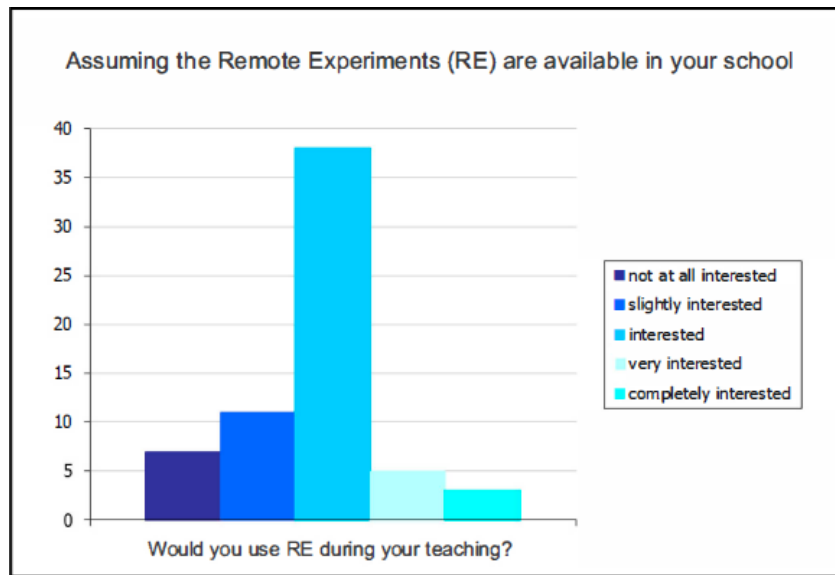


Figura 15. Interés de los profesores en la integración de los laboratorios remotos en el aula. (Dziabenko Orduña y García-Zubía, 2013).

En el ámbito preuniversitario, el proyecto Go-Lab (Global Online Science Labs for Inquiry Learning at School) (Go-lab-project.eu, 2016), tiene como propósito animar a los jóvenes a involucrarse en temas científicos, adquirir conocimientos científicos y experimentar la cultura de hacer ciencia emprendiendo una experimentación guiada activa. El objetivo del proyecto son estudiantes de 10 a 18 años de edad, ofreciéndoles la oportunidad de realizar experimentos científicos personalizados con laboratorios en línea en espacios de aprendizaje pedagógicamente estructurados y soportando andamiajes, permitiendo así el entorno de aprendizaje más allá de las aulas. El enfoque que el proyecto pretende es la de crear un marco pedagógico para el aprendizaje basado en la investigación experimental con los laboratorios en línea (laboratorios virtuales y remotos).

Los laboratorios en línea pueden utilizarse en el contexto de la educación escolar, pero también para actividades de aprendizaje autorreguladas. Go-Lab involucra a maestros, estudiantes e investigadores en actividades de aprendizaje colaborativo mediante la creación de una red integral de aprendizaje abierto. De esta forma se espera ampliar el diálogo entre los científicos y la comunidad educativa, hacer cumplir la colaboración entre escuelas y organizaciones de investigación y ayudar a los jóvenes a adquirir una mejor comprensión del papel de la ciencia en la sociedad.

Hyder et al (2010) realizaron una encuesta a los estudiantes antes y después de completar un experimento para entender sus percepciones de la experimentación del laboratorio remoto. El laboratorio remoto se basaba en la experimentación de la

transferencia de calor en una barra de metal mediante la medición de temperaturas en diferentes puntos. La encuesta previa a la experimentación mostró una tendencia negativa en cuanto a la percepción del beneficio y utilidad de los laboratorios remotos por parte de los estudiantes, especialmente al compararla con los laboratorios tradicionales. Una vez interactuado con el laboratorio remoto, la percepción de los estudiantes varió radicalmente (Figura 16)

En (García-Loro, 2014) se analizaron las respuestas de una encuesta opcional previa a las dos primeras ediciones del curso MOOC Bases de Circuitos y Electrónica Básica (BCEP). En dicho curso se integraba el empleo del laboratorio remoto VISIR por primera vez en un MOOC. La población total se dividió en tres subpoblaciones en función de su experiencia práctica con el fin de evaluar si las expectativas y opinión respecto al laboratorio remoto VISIR se debía a su experiencia previa. La población total (2405 respuestas de ambas ediciones) se subdividió en: SER, los que tenían experiencia previa en laboratorios remotos (73, 3,04%); SPE, estudiantes que tenían experiencia previa en las prácticas de laboratorio, pero no habían interactuado antes con laboratorios remotos (1869, 77,71%); y SNE, aquellos estudiantes que no tenían experiencia en prácticas de laboratorio (463, 19,25%). Las cuestiones relativas al laboratorio remoto analizadas de la encuesta pre-curso seguían una escala Likert:

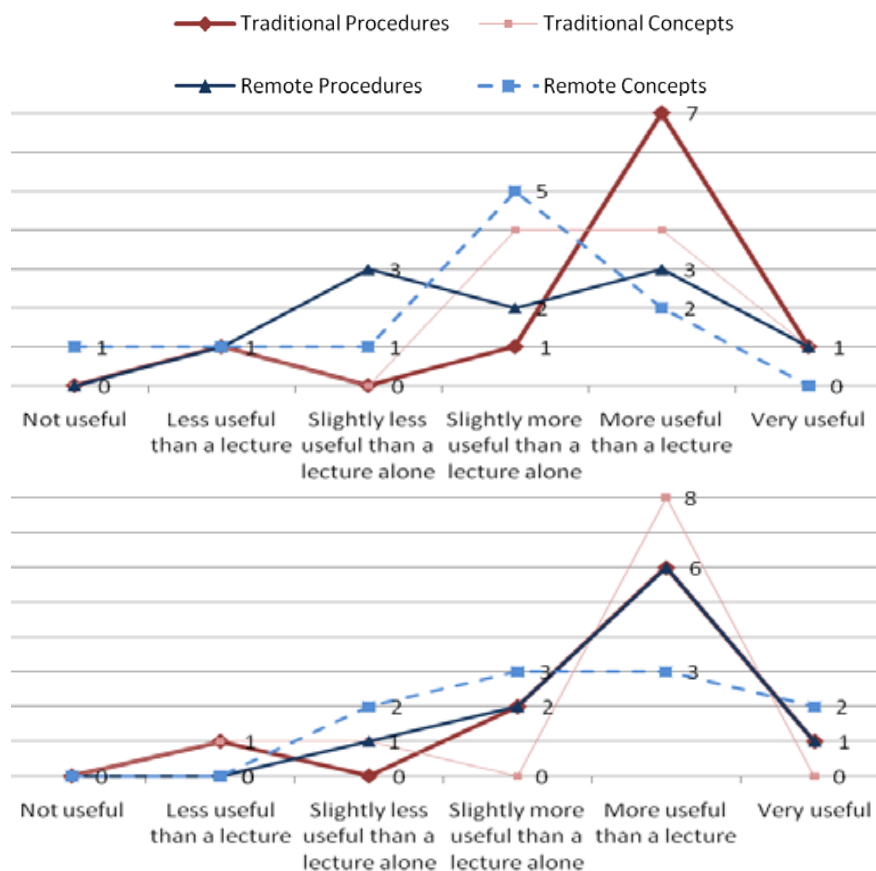


Figura 16. Percepción de los laboratorios remotos: priori (superior) y posteriori (inferior). (Hyder et al, 2010).

- Q1: Motivación por el laboratorio remoto: “Un factor importante en mi matriculación en el curso es la utilización de un laboratorio remoto”.
- Q2: Conveniencia de los laboratorios remotos. “Considero que los laboratorios remotos son una herramienta adecuada para obtener competencias prácticas”
- Q3: Fiabilidad de los laboratorios remotos. “Considero que los laboratorios remotos están lo suficientemente desarrollados para ofrecer resultados fieles”

La representación gráfica de las valoraciones ofrecidas por cada subpoblación entanto por cien se muestra en la Figura 17 para la pregunta Q1, Figura 18 para la pregunta Q2 y Figura 19 para la pregunta Q3.

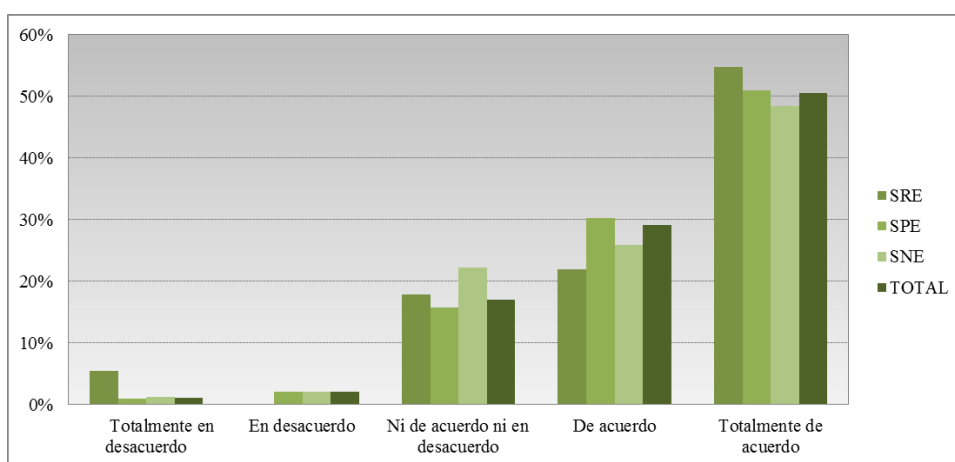


Figura 17. Porcentajes para la valoración a la pregunta Q1 por subpoblación y población total. (García-Loro, 2014).

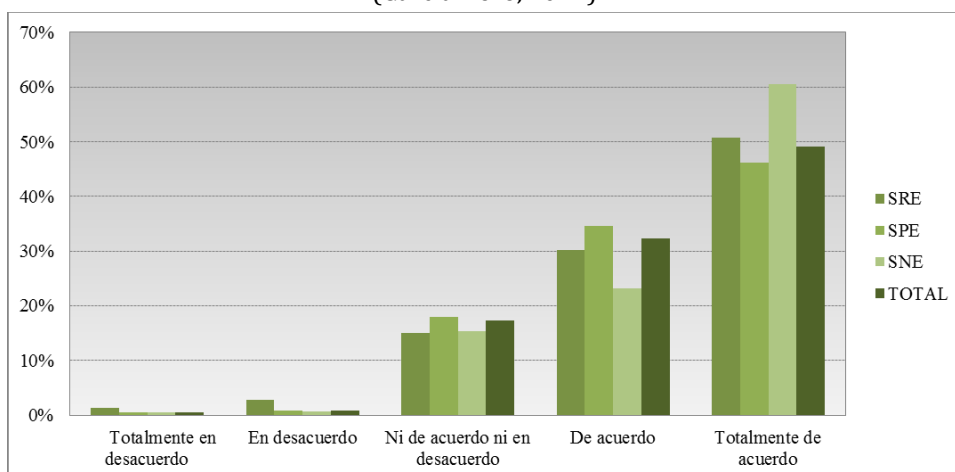


Figura 18. Porcentajes para la valoración a la pregunta Q2 por subpoblación y población total. (García-Loro, 2014).

Asignando pesos a cada uno de los niveles de la escala Likert (1 → Totalmente en desacuerdo, 2 → En desacuerdo, 3 → Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 → De acuerdo y 5 → Totalmente de acuerdo) se evaluaron numéricamente las respuestas de los

estudiantes. Los resultados obtenidos para cada subpoblación se muestran a continuación (Tabla 5) para las 3 preguntas planteadas de la encuesta pre-curso:

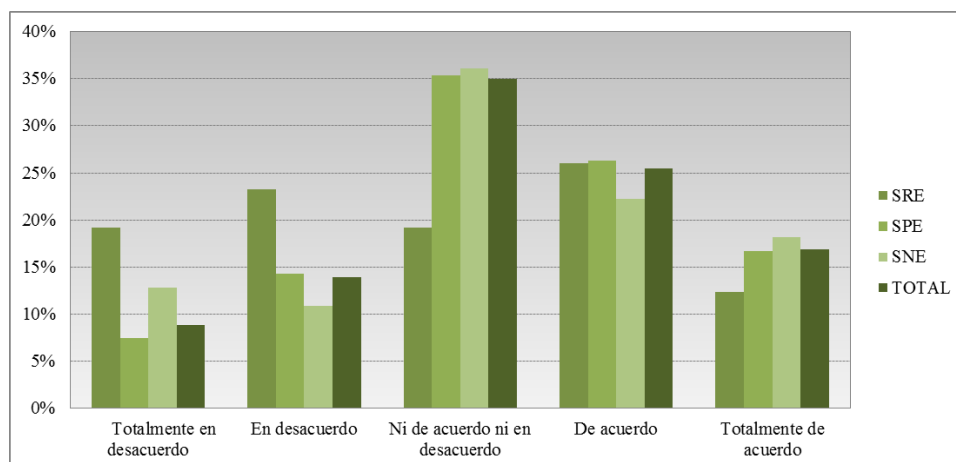


Figura 19. Porcentajes para la valoración a la pregunta Q3 por subpoblación y población total. (García-Loro, 2014).

Tabla 5. Análisis por subpoblaciones para las preguntas relativas al laboratorio remoto de la encuesta pre-curso. Q1, Q2 y Q3.

	Q1			Q2			Q3		
	SRE	SPE	SNE	SRE	SPE	SNE	SRE	SPE	SNE
Media	4,644	4,635	4,622	4,260	4,253	4,425	2,890	3,306	3,222
Mediana	5	5	5	5	4	5	3	3	3
Moda	4	4	4	4	4	4	4	3	3
Media geométrica	4,590	4,584	4,566	4,129	4,162	4,335	2,538	3,065	2,920
Varianza	0,399	0,379	0,426	0,834	0,651	0,643	1,766	1,278	1,520
Desviación estándar	0,632	0,615	0,653	0,913	0,807	0,802	1,329	1,130	1,233
Coefficiente de variación	13,61%	13,27%	14,12%	21,44%	18,96%	18,12%	45,97%	34,19%	38,25%

Analizando visualmente los resultados obtenidos parece que las opiniones de los alumnos son independientes de la subpoblación a la que pertenecen. Para corroborar esta afirmación se realizó un estudio de independencia con el test de Chi-cuadrado y test de verisimilitud, por medio de una tabla de contingencia. Ambas pruebas mostraron resultados similares. Existen celdas de la tabla de contingencia con 5 sucesos o menos y, a pesar de que el cociente de verisimilitud no se ve afectado por este hecho (Wilks, 1935), el test de Chi-cuadrado sí puede verse afectado.

Ambos tests de independencia comprueban la hipótesis de si las filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 99%. A pesar de que existen celdas de la tabla de contingencia con frecuencias inferiores a 5, los resultados para ambos test son iguales. Los valores obtenidos para Q1, Q2 y Q3 son menores que 0,01 (Tabla 6), por lo tanto, existe una relación entre la respuesta y la subpoblación a la que pertenece. Sin embargo, los tests de Chi-cuadrado y de verosimilitud no hablan de la fuerza entre la relación existente. Para determinar la fuerza en la relación se han realizado distintas pruebas. Los resultados se muestran en la Tabla 7 y Tabla 8.

Todos los valores están muy cercanos a cero, lo que indica un bajo nivel de independencia. El valor de lambda igual a cero no implica independencia.

Tabla 6. Tests de independencia para Q1, Q2 y Q3. (García-Loro, 2014).

Analysis	Test of independence	
	Chi-Square (df : 8)	Likelihood ratio (df : 8)
	P-Value	P-Value
Q1	0,0073	0,0293
Q2	0	0
Q3	0	0

Tabla 7. Coeficiente de contingencia y V de Cramer para Q1, Q2 y Q3. (García-Loro, 2014).

Statistic	Q1	Q3	Q4
	Value	Value	Value
Contingency coefficient	0,0906	0,1228	0,1251
Cramer's V	0,0644	0,0875	0,0891

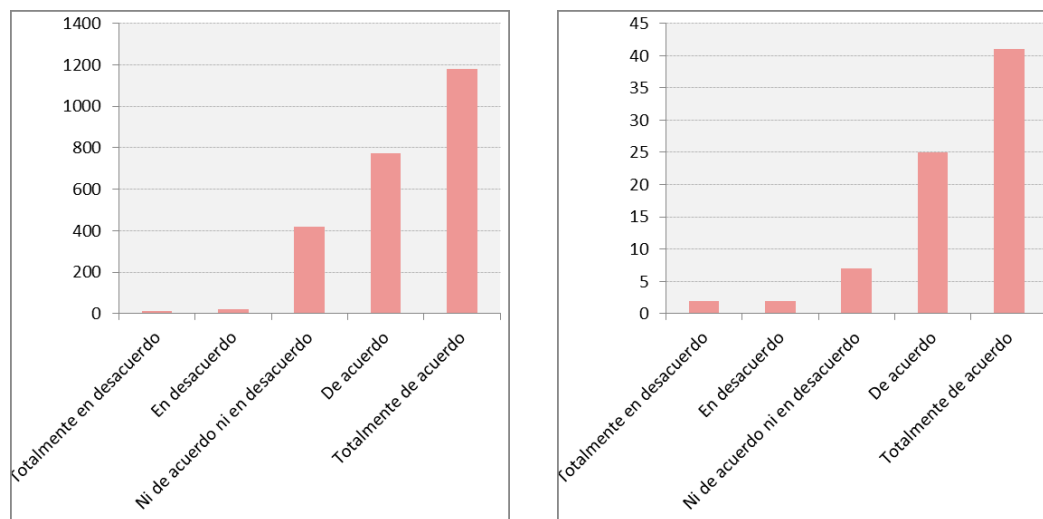
Como conclusión, las preguntas analizadas presentan una muy ligera dependencia por la subpoblación a la que pertenecen y su respuesta. Se podría concluir que la experiencia previa en los entornos prácticos prácticamente no afecta al punto de vista de los estudiantes acerca de los laboratorios remotos.

Tabla 8. Coeficiente de incertidumbre y lambda for Q1, Q2 y Q3. (García-Loro, 2014).

Statistic	Q1			Q3			Q4		
	Symm	With dep rows	With dep column	Symm	With dep rows	With dep column	Symm	With dep rows	With dep column
		0	0		0	0		0	0
Lambda	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0,0032
Uncertainty coeff	0,004	0,005	0,003	0,009	0,012	0,0069	0,007	0,012	0,005

En dicho MOOC, una vez que los estudiantes habían completado el curso y contaban con experiencia en el uso del laboratorio remoto, se les trasladó una serie de preguntas para que lo evaluaran. La intención no era solo conocer su punto de vista del laboratorio una vez habían experimentado con el, sino que también se deseaba comparar respecto a las cuestiones planteadas en la encuesta previa al curso.

Una de las cuestiones hacia referencia a la idoneidad de los laboratorios remotos para obtener competencias prácticas (Figura 20). Para ello se empleo una escala Likert de 5 niveles. En la encuesta previa al curso la afirmación era: "Los laboratorios remotos son una herramienta adecuada para obtener competencias prácticas"; Mientras que en la encuesta posterior al curso fue: "El laboratorio remoto VISIR es una herramienta adecuada para obtener competencias prácticas". Como se observa, la afirmación de la encuesta previa se refería de forma genérica a los laboratorios remotos, mientras que la pregunta posterior al curso se limita al laboratorio remoto VISIR exclusivamente.



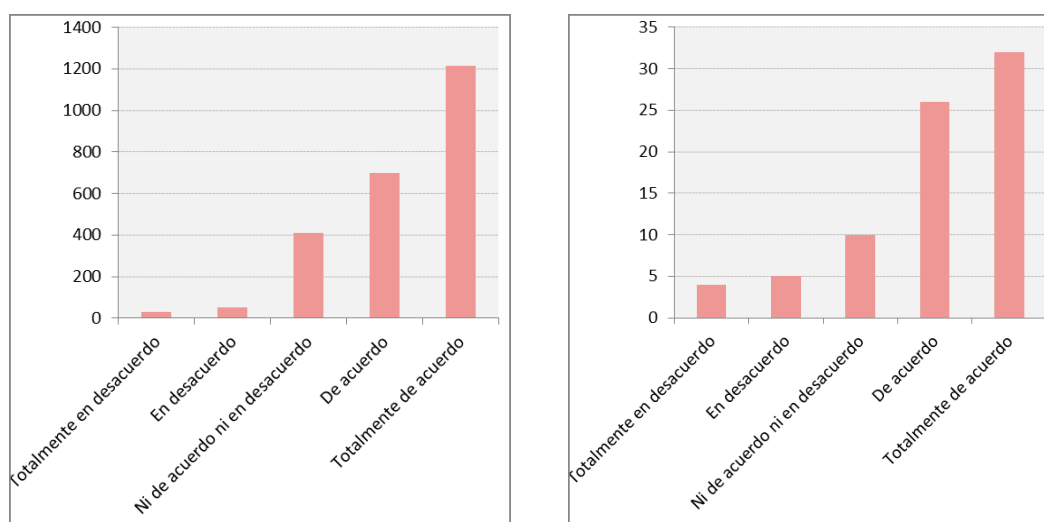
Conveniencia de los laboratorios remotos para la realización de prácticas de laboratorio, encuesta previa.

Idoneidad del laboratorio VISIR para la obtención de habilidades y competencias, encuesta posterior.

Figura 20. Opinión de los estudiantes acerca de los laboratorios remotos.

(García-Loro, 2014).

Otra cuestión interesante es acerca de la motivación del empleo del laboratorio (Figura 21). Los estudiantes matriculados fueron preguntados acerca de la importancia de la presencia del laboratorio remoto en su matriculación. La afirmación en la que se tenían que situar en la escala Likert de 5 niveles de la encuesta previa al curso fue: "Un factor importante de interés es la utilización de un laboratorio remoto". Para la encuesta posterior al curso, siguiendo la misma filosofía, la afirmación fue: "El empleo del laboratorio remoto VISIR alcanza las expectativas generadas".



Importancia de la presencia del laboratorio en la matriculación de los estudiantes

Respuesta de los estudiantes en cuanto a las expectativas a posteriori.

Figura 21. Expectativas de los estudiantes antes de comenzar el curso (izqda.) y su opinión respecto al laboratorio remoto una vez concluido (dcha.).

(García-Loro, 2014).

2.5.4. Integración de los laboratorios remotos en entornos educativos

En este apartado se analizan distintos entornos educativos en los que la integración de laboratorios remotos ha complementado o servido como alternativa a las prácticas experimentales. Los laboratorios remotos son laboratorios reales accesibles de forma remota a través de una red, en los que la interacción con los dispositivos físicos reales se lleva a cabo mediante sensores e instrumentación. La flexibilidad de este tipo de herramientas permite su despliegue siguiendo distintos estilos de aprendizaje y dota de la capacidad de individualización y autorregulación del aprendizaje.

En la investigación realizada por Ibrahim y Morsi (2005) se llevó a cabo una revisión específica de la disciplina de grado/postgrado de ingeniería eléctrica e informática vía online en 126 instituciones educativas. Revisaron las tecnologías de instrucción y los diferentes sistemas para ofrecer laboratorios eléctricos, electrónicos y digitales a través del aprendizaje a distancia para facilitar la educación en línea para las disciplinas de ingeniería. Los resultados son claramente indicativos de que la educación en línea todavía tiene que ganar terreno en la oferta de cursos de ingeniería básica que conduce a un título de ingeniería. La opinión de los autores es que esto se ve afectado en gran medida por la extensa práctica de los cursos de ingeniería. Sin embargo, con la evolución y el avance en los laboratorios remotos, se espera que el número de títulos de ingeniería en línea se incremente. En dicho estudio, se concluyó que, aunque la simulación se puede utilizar para reforzar conceptos, los experimentos prácticos son necesarios para la educación de ingeniería eléctrica para desarrollar las habilidades de los estudiantes en el manejo de la instrumentación. Posteriormente, aparecen numerosas propuestas para facilitar entornos prácticos reales en distintos escenarios académicos.

Los laboratorios remotos no sólo se adaptan a la educación/aprendizaje a distancia, sino que en cualquier tipo de formación proporcionan una mayor flexibilidad en el diseño de recorridos didácticos a fin de cumplir el diseño curricular establecido por los equipos docentes al establecer los objetivos educativos. Este aumento de flexibilidad potencia el aumento de alternativas educativas, el establecimiento de secuencias didácticas variadas, el incremento de las actividades o la interacción de los distintos contenidos didácticos proporcionados. Sin embargo, este aumento del abanico de posibilidades didácticas, no sólo las aportadas por los laboratorios, no tienen por qué ser beneficioso. En este sentido, Rifkin (2000) destaca la importancia de la calidad de las experiencias de enseñanza y aprendizaje frente a la cantidad.

Por otro lado, como indican Marques et al. (2014), la integración correcta de los laboratorios remotos en actividades educativas puede permitir a los estudiantes dirigir su aprendizaje para alcanzar los resultados deseados. Otro factor no deseable provocado

por el amplio espectro de posibilidades para alcanzar el conocimiento puede provocar la desmotivación ante la avalancha de información y, por tanto, el fracaso. Por ello, los profesores y los profesionales deben tomar medidas para mejorar las habilidades del aprendizaje autorregulado (Zheng y Li, 2016). Los instructores pueden alentar la autonomía del alumno, pero sólo si se alinea con las limitaciones del curso (Stolk et al, 2016). Además de facilitar un mejor aprendizaje de los estudiantes, los investigadores sugieren que una adopción más sistémica de motivación intrínseca también beneficia a los instructores y organizaciones (Roth et al, 2007; Gillet et al, 2013; Gagne, Koestner, y Zuckerman, 2000).

Los entornos de aprendizaje pueden proporcionar distintas tecnologías para fomentar la autorregulación de los estudiantes (Duffy y Azevedo, 2015; Narciss Proske y Koerndle, 2007). Los estudiantes pueden aprender de forma eficiente por varios tipos de andamiajes, *scaffoldings*, de aprendizaje autorregulados (Poitras y Lajoie, 2014). Sin embargo, cambiar los sistemas educativos hacia la autonomía del alumno, el impulso intrínseco y las emociones positivas no siempre es fácil (Stolk et al, 2016).

Con todo lo anterior, se puede resumir que los laboratorios remotos son una herramienta que, no solo puede adaptarse a distintos enfoques o estrategias de aprendizaje, sino que presenta un alto potencial. A fin de obtener los beneficios disponibles, la integración debe hacerse acorde a la estrategia establecida, y no como un elemento ajeno al resto de actividades.

La importancia de las experiencias de laboratorio en los currículos de educación de ingeniería ha sido enfatizada en un gran número de artículos de educación científica y de ingeniería (Ma y Nickerson, 2006; Feisel y Rosa, 2005; Hofstein y Lunetta, 2004; Johnstone y Al-Shuaili, 2001; Kirschner, 1988).

Los laboratorios remotos potencian las posibilidades en la enseñanza, especialmente en áreas técnicas. Pueden ser incluidos en las clases teóricas a modo de demostración de los conceptos teóricos, ser una parte más o menos flexible del plan de estudios o empleados únicamente sólo para ser explorado por aquellos estudiantes interesados. Existen múltiples escenarios en los que la flexibilidad y disponibilidad en el acceso de los laboratorios remotos pueden servir de soporte a los profesores en el proceso de enseñanza y de ayuda o refuerzo a los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

Existen múltiples escenarios en los que los laboratorios remotos pueden ser integrados. Los laboratorios presentan una elevada flexibilidad motivada por su acceso desde cualquier lugar y en cualquier momento. La educación a distancia, a priori, es la primera beneficiada en la aparición de los laboratorios remotos debido a la imposibilidad de proveer a los usuarios/estudiantes de prácticas de laboratorio con equipos reales. Sin

embargo, a continuación, se muestran distintas estrategias en las que los laboratorios reales han sido integrados con distintos objetivos en diferentes entornos educativos.

- Laboratorios remotos como único proveedor experimental real.
 - Aplicados en el campus.
 - Aplicados fuera del campus.
- Laboratorios remotos como elemento complementario a las prácticas presenciales.
 - Laboratorios remotos como elemento previo a las prácticas presenciales.
 - Laboratorios remotos como elemento posterior a las prácticas presenciales.
 - Laboratorio remoto con acceso abierto durante el curso.
- Laboratorios remotos en aula presencial para fines no experimentales
 - Laboratorio remoto como apoyo a exposición.
 - Laboratorio remoto como escenario de examen.

2.5.4.1. Laboratorios remotos como único proveedor experimental real

Los laboratorios remotos ofrecen la posibilidad de acceso a la experimentación con equipos e instrumentos reales sobre componentes reales. De esta forma se obtiene una visión más global de los contenidos teóricos del aula. Sin embargo, los laboratorios presenciales tienen una serie de inconvenientes que no presentan los laboratorios remotos:

- Laboratorios muy costosos que limitan la capacidad replicación.
- Necesidad de personal cualificado para el mantenimiento del equipo de laboratorio.
- Necesidad de un espacio físico accesible para la realización de las prácticas.
- Escenarios o montajes prediseñados con limitaciones preestablecidas por el profesor para centrarse en aspectos concretos (mediciones, manejo de los equipos, etc.).
- Limitación geográfica de las instalaciones prácticas con usuarios/estudiantes a distancia
- Limitación de las horas de apertura de las instalaciones de prácticas, por lo que pueden existir usuarios/estudiantes con horarios no compatibles.

2.5.4.1.1. Aplicados en el campus

Los laboratorios remotos son una solución en centros educativos en los que los recursos económicos, disponibilidad de personal cualificado y/o espacio físico son limitados. En estas condiciones, la provisión de experiencias prácticas a través de un

laboratorio remoto es la solución para paliar la carencia de interactividad con componentes, equipos e instrumentos reales de los laboratorios presenciales, ya que, tal y como señalan Corter et al. (2007), los laboratorios remotos y los laboratorios presenciales pertenecen al mundo real, mientras que los laboratorios virtuales y los simuladores no. De esta forma, se permite a los profesores/docentes de asignaturas técnicas complementar las actividades del aula con actividades prácticas sobre instalaciones reales, y a los estudiantes manipular equipos e instrumentos reales para la adquisición local de datos.

Profundizando en la disponibilidad temporal y ubicuidad característica de los laboratorios remotos, existen numerosas propuestas y entornos adaptados a las plataformas móviles en pro del aprendizaje móvil (m-learning). Por ejemplo, Jeschke et al. (2008) describen un método mediante tablets para proporcionar a los instructores/profesores y estudiantes los medios para acceder a los experimentos online con el fin de crear un entorno interactivo de aula-laboratorio.

2.5.4.1.1.1. Célula de ensayo teleoperada

En la TU de Dortmund (Universidad Tecnológica de Dortmund, Technische Universität Dortmund), se ha desarrollado un laboratorio remoto para la caracterización de materiales por el IUL (Instituto de Tecnología de Conformado y Construcción Ligera, Institut für Umformtechnik und Leichtbau). Este laboratorio se ha denominado célula de ensayo teleoperada (Ortelt et al., 2014). El laboratorio remoto posee un elevado abanico de posibles experimentos y se ha integrado en diferentes escenarios de enseñanza o aprendizaje. Además de 8 cámaras de alta resolución controladas remotamente, está formado por los siguientes elementos.

1. Máquinas de ensayos de materiales (hasta 250 kN).
2. Máquinas para ensayos de embutición (hasta 1000 kN).
3. Sistema de medición óptica GOM ARAMIS 4M.
4. Robot industrial KUKA KR30-3.
5. Sistema de control en tiempo real.
6. Sistema de seguridad.

En octubre de 2013 el laboratorio fue integrado en las clases presenciales de la asignatura “Fundamentos de Tecnología de Conformado” en el primer semestre del tercer curso para 250 estudiantes de ingeniería mecánica (Ortelt et al., 2014). El ensayo elegido fue el de tracción. Uno de los objetivos pedagógicos era la identificación de los parámetros relevantes que explican el comportamiento descrito en el modelo teórico.

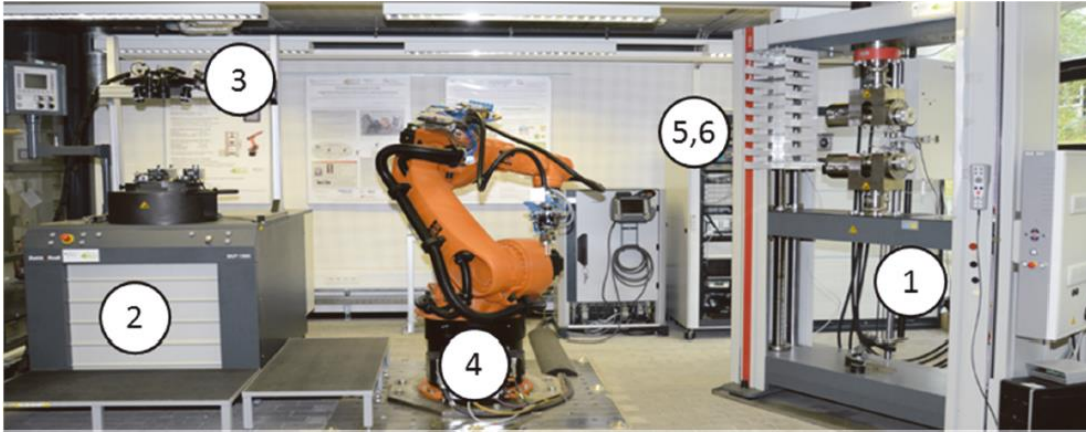


Figura 22. Elementos de la célula teleoperada de la TU de Dortmund. (Ortelt et al., 2014).

En un primer paso, los estudiantes, como observadores en la clase presencial, presenciaron el proceso completo mediante las 8 cámaras instaladas. Una vez completado el ensayo se debatió acerca de los resultados y, a partir de los datos obtenidos, se les solicitó estimar el comportamiento del material bajo distintas condiciones de la velocidad de deformación. Basándose en la respuesta, desarrollaron un modelo teórico para poder predecir el comportamiento del material.

Como segundo paso se modificaron las condiciones del ensayo: reducción de la velocidad de deformación; y observaron los resultados. Después de unos minutos para analizar los resultados, el profesor, apoyándose en la realimentación proporcionada por los estudiantes, analizó los resultados y expuso las bases teóricas del cambio de condiciones.

Por último, un tercer ensayo se configuró por parte de los estudiantes para corroborar el modelo teórico adoptado. El proceso seguido por el equipo docente de la asignatura “Fundamentos de Tecnología de Conformado” de la TU de Dortmund en la clase presencial se muestra en la Figura 23.

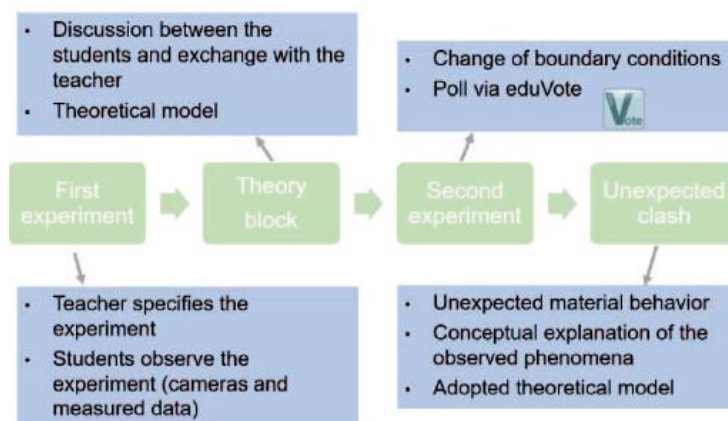
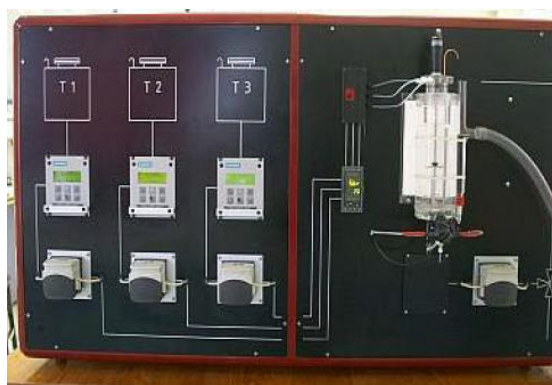


Figura 23. Integración del laboratorio remoto en el aprendizaje presencial. (Ortelt et al., 2014).

2.5.4.1.1.2. Cambridge Weblab

El Cambridge Weblab, Figura 24, es un reactor no ideal diseñado para lograr la reacción química entre la solución de fenolftaleína (PHEN) y la solución de hidróxido de sodio (Abdulwahed, Nagy y Blanchard, 2008). Ambas soluciones se mantienen en tanques separados, hay un tercer tanque de agua también. El caudal de la solución de tanques al reactor se controla a través de tres bucles de control PID (Proporcional-Integral-Derivativo) que controlan las bombas peristálticas. Cuando tiene lugar la reacción, el color del reactor se vuelve rosado, la intensidad del color refleja la concentración de PHENO H_3^- . Hay un cuarto bucle PID para controlar la intensidad.

El laboratorio remoto Cambridge Weblab se ha utilizado en el Máster en Ingeniería Química Avanzada con Tecnologías de la Información y Administración en la asignatura Métodos Computacionales Avanzados para el Modelado y Análisis de Sistemas de Ingeniería Química.



Cambridge Weblab. Fuente:

Interacción en el aula presencial.

Figura 24. Cambridge Weblab.
(Abdulwahed, Nagy y Blanchard, 2008).

El módulo tiene como objetivo presentar a los estudiantes en temas como el modelado dinámico, la optimización, el control PID, que se aplican al proceso químico y proporcionarles experiencias prácticas implementando las técnicas citadas. El Weblab de Cambridge se utilizó en el aula para apoyar temas teóricos en ingeniería de control, en particular, demostrando los algoritmos de control y ajuste de PID. Para mostrar a los estudiantes un ejemplo real de operación remota, e interfaz industrial real de operación, que se puede encontrar en muchas plantas industriales. Las clases estaban compuestas por aproximadamente 12 estudiantes de máster y dos estudiantes de doctorado.

Después de que los estudiantes fueron introducidos al control PID, el profesor llevó a cabo una demostración de una aplicación real a través de la conexión remota a Cambridge Weblab.

Tras la experimentación, los estudiantes discutieron acerca de la influencia de los distintos parámetros. Tras un intercambio de opiniones entre los estudiantes, estos pudieron aplicar sus sugerencias en tiempo real y observar el resultado. Como resultado, pudieron desarrollar argumentos acerca de los distintos tipos de control aplicados: P, PI, PD y PID (Proporcional, Proporcional-Integral, Proporcional-Derivativo y Proporcional-Integral-Derivativo).

2.5.4.1.2. Aplicados fuera del campus

Existen multitud de centros educativos por todo el mundo, Open University en Reino Unido (openuniversity.edu, 2017) o la Universidad Nacional de Educación a Distancia en España (uned.es, 2017), que ofrecen cursos de formación a distancia tanto para formación reglada como no reglada, e innumerables recursos educativos certificados o no.

Tradicionalmente, la principal característica de la educación a distancia se basa en el enfoque utilizado para la interacción personal entre profesor y alumno. Mientras que en la educación presencial la interacción profesor-alumno es síncrona y directa, en la educación a distancia la interacción es asíncrona e indirecta.

En la educación a distancia las técnicas y estrategias educativas están centradas en el estudiante y conceden a éste el control del proceso de aprendizaje (aprendizaje autorregulado, como se ha visto anteriormente), por lo que cada estudiante construye el proceso de aprendizaje de forma flexible. Asimismo, la educación a distancia implica una separación espacial entre alumno y profesor y, a su vez, entre alumnos (Kaplan y Haenlein, 2016), y por la no existencia de un lugar físico común de aprendizaje. Las nuevas tecnologías permiten dos enfoques para la educación a distancia: aprendizaje asíncrono: siguiendo el modelo tradicional; y aprendizaje síncrono: todos los participantes separados espacialmente, pero presentes al mismo tiempo apoyándose en las TICs.

La educación a distancia y la enseñanza en campus remotos o en el extranjero pueden presentar inconvenientes cuando se trata de presentar un contenido uniforme, comparable al mismo curso impartido en campus presencial. Estos inconvenientes se presentan notablemente cuando se requiere integrar con experiencias prácticas. En un contexto educativo desarrollado íntegramente a distancia, los laboratorios remotos son la única alternativa para proveer a los estudiantes el acceso a equipos y experiencias prácticas del mundo real. Como se ha comentado anteriormente, las desventajas presentes en la educación a distancia se ven agravadas en cursos que requieren de acceso a prácticas de laboratorio. Especialmente en estos casos, los laboratorios remotos son una

herramienta que hace la vida más fácil para aquellos que quieren aprender/enseñar a distancia (Elias, Shehata y Morgan, 2015).

2.5.4.1.2.1. Educación semipresencial: Máquina de estados de un ascensor

En la Universidad Tecnológica de Ilmenau (The University of Technology Ilmenau) se emplea el RLMS (Remote Laboratory Management System, Sistema de Gestión de Laboratorios Remotos) GOLDi (Grid of Online Laboratory Devices Ilmenau) para proporcionar de forma online un entorno para comprobar los conocimientos adquiridos sobre componentes de hardware real (Wuttke, Hamann y Henke, 2015). Un ejemplo de laboratorio remoto disponible en dicho RLMS se muestra en la Figura 25 se trata de una máquina de estados de un ascensor.

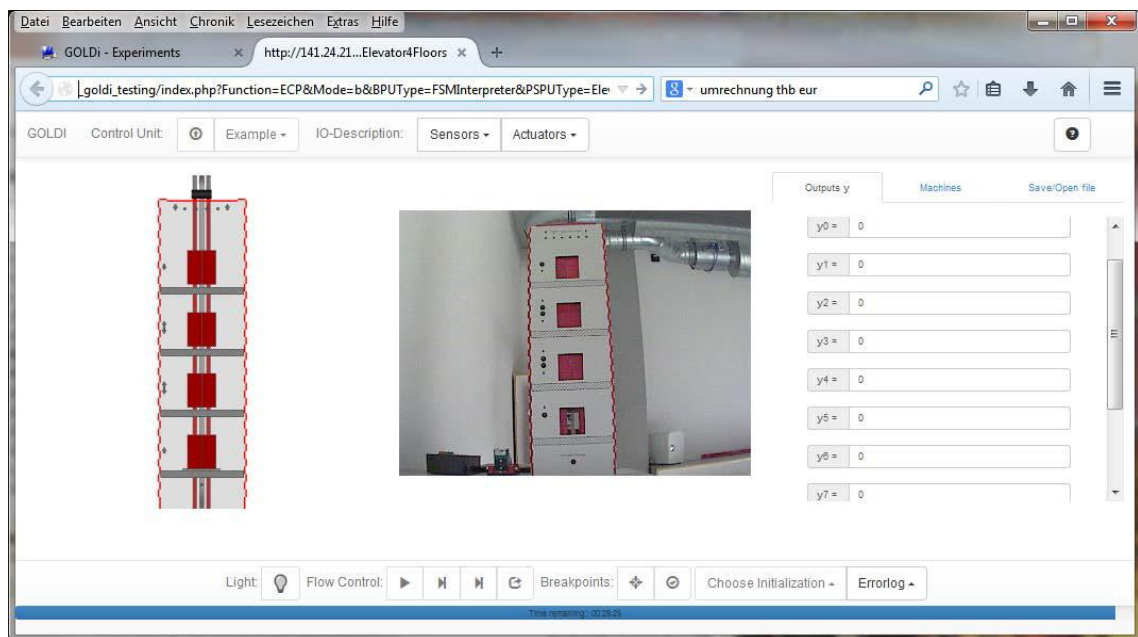


Figura 25. Panel de control con sistemas virtuales y reales controlados por el autómata programable mediante funciones booleanas. (Wuttke, Hamann y Henke, 2015).

La tarea para el estudiante en el laboratorio remoto es encontrar una máquina de estados finitos que hace que el ascensor siga un determinado movimiento; por ejemplo: partiendo de la posición inicial, el ascensor tiene que moverse al primer piso, desde allí el ascensor tiene que moverse al tercer piso y al primer piso otra vez y abrir la puerta. A esta secuencia de estados existen varias posibles soluciones correctas. El sistema comprueba que los comandos enviados por el estudiante, o la solución planteada, es segura tanto para el sistema como para los “seres humanos”, es decir que, por ejemplo, las puertas no se encuentren abiertas sin estar el ascensor en su posición e inmóvil. Una vez completada esta primera comprobación, la solución enviada por el estudiante es ejecutada y proporciona una realimentación al estudiante acerca de paradas o apertura de puertas “seguras” no solicitadas (Henke et al., 2015).

Previo a la realización de las actividades de laboratorio, los estudiantes reciben la formación necesaria de distintas formas: el bloque teórico de forma tradicional en las clases presenciales, literatura sobre la materia, a través del LMS donde disponen de pruebas de autoevaluación o aplicaciones interactivas.

2.5.4.1.2.2. Educación semipresencial: Laboratorio CIM

En la Universidad Militar Nueva Granada se ha desarrollado el laboratorio remoto de automatización industrial CIM (Computer Integrated Manufacture; Manufactura Integrada por Computador) (Ariza y Hurtado, 2008), por medio del cual se busca que los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería Industrial de la universidad puedan utilizar equipos reales de laboratorio a distancia. El entorno del laboratorio CIM, se encuentra en el de máquinas de costo muy elevado, por lo que no es posible tener varios equipos del mismo tipo. Este hecho hace que pocos estudiantes tengan acceso a las estaciones en forma simultánea. Además, la productividad del laboratorio se ve reducida debido a los horarios de trabajo y la limitada capacidad espacial del recinto respecto a la cantidad de estudiantes que reciben educación presencial.

El laboratorio CIM tiene como propósito construir y ensamblar cilindros neumáticos de simple efecto que están compuestos por una base, un actuador, un resorte, y una tapa. El laboratorio se encuentra compuesto por cinco estaciones:

- **Checking:** tiene como función realizar la revisión de las bases de los cilindros neumáticos.
- **CNC:** utilizada para construir tapas metálicas con diferentes formas y tamaños para los cilindros.
- **Conveyor:** transporta las piezas que componen los cilindros a través de las estaciones.
- **Assembly:** tiene como función ensamblar los cilindros.
- **ASRS:** almacena el producto final de acuerdo con sus características.

El laboratorio CIM se puede observar en la Figura 26.

Los autores seleccionaron la estación Checking para implementar el acceso remoto, la cual está compuesta por un manipulador cilíndrico de tres grados de libertad y una estación de control de calidad. El manipulador tiene como función transportar las bases de los cilindros neumáticos desde Conveyor hasta la estación de control de calidad, para su posterior selección de acuerdo con su color por medio de un sistema de sensores capacitivos, inductivos y ópticos.

El laboratorio remoto fue empleado por los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica de la asignatura Automatización Industrial (Ariza y Hurtado, 2008). Uno de los objetivos

del equipo docente y de los administradores del laboratorio remoto CIM era el análisis de la productividad y eficiencia de los equipos a través del acceso remoto.

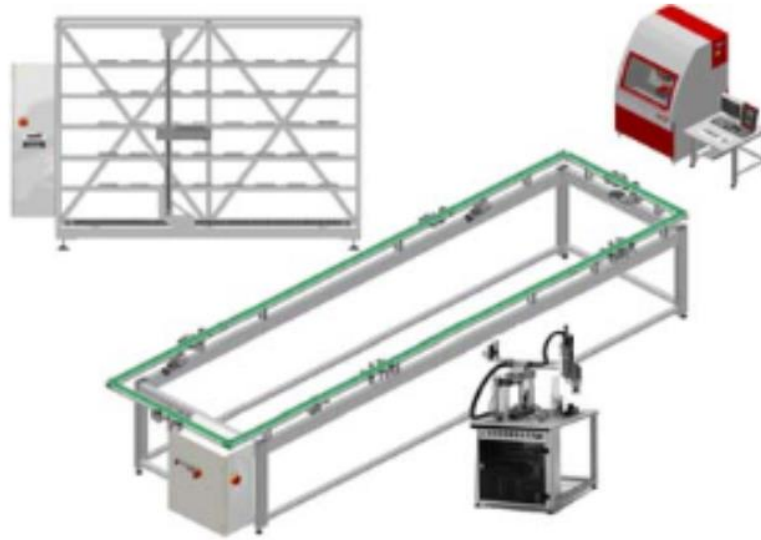


Figura 26. Laboratorio CIM.
(Ariza y Hurtado, 2008).

2.5.4.1.2.3. Educación a distancia: Célula de ensayo teleoperada

En mayo de 2014 se concedió el acceso vía internet a estudiantes del “Máster en Tecnología de Fabricación”. Este máster está diseñado y ofrecido para estudiantes internacionales de todo el mundo (May et al., 2015), (Kruse et al., 2016). El laboratorio se utilizó dentro de un ejercicio de técnicas de conformado. Los estudiantes reservaron un turno de laboratorio a través del RLMS iLab. Podían elegir entre probetas de aluminio o acero para el ensayo, entre otras funcionalidades ofrecidas por el laboratorio. Con los datos obtenidos (fichero csv), los estudiantes obtuvieron parámetros para la simulación mediante elementos finitos. Asimismo, el laboratorio remoto se ha integrado en tutoriales (Kruse et al., 2016).

El proceso seguido por el equipo docente del “Máster en Tecnología de Fabricación” de la TU de Dortmund en el entorno de aprendizaje online se muestra en la Figura 27.

2.5.4.1.2.4. Educación semipresencial: VISIR

En (Marques et al., 2014) se muestran los resultados de un estudio llevado a cabo con el laboratorio remoto VISIR en la Escuela de Ingeniería (ISEP) del Politécnico de Oporto. El estudio fue llevado a cabo con los datos recogidos durante 2 semestres consecutivos del curso académico 2010-2011 para distintas asignaturas de distintos grados, cubriendo un total de 7 asignaturas.

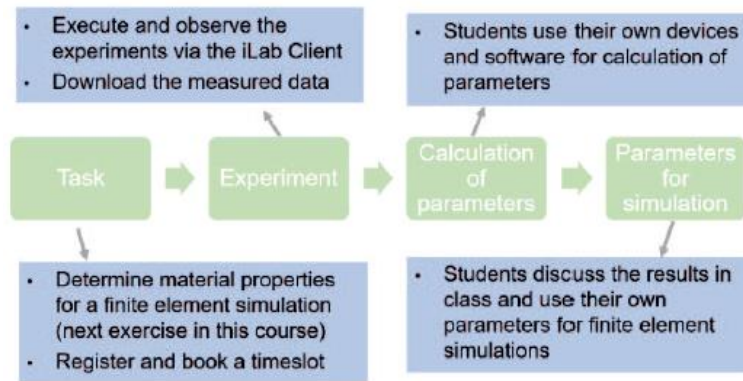


Figura 27. Integración de la célula de ensayo teleoperada en el aprendizaje online. (Kruse et al., 2016).

En uno de los casos analizados en dicho estudio, los estudiantes accedían al laboratorio remoto VISIR, pero, a pesar de que sí existe un laboratorio de electrónica analógica en las instalaciones del ISEP, los estudiantes no tuvieron acceso en dicho curso académico ya que habían accedido en cursos anteriores. Este grupo de estudiantes mostró una mayor autonomía en el uso del laboratorio remoto respecto a otros grupos del estudio.

Con este enfoque de integración, se descarga el uso de las instalaciones del laboratorio presencial y, de esta forma, maximizar su empleo en los casos que se consideren más críticos.

2.5.4.1.2.5. MOOC: VISIR

La aparición de los MOOCs ha fomentado la formación continua y permite el acceso a los recursos de aprendizaje en cualquier momento y desde cualquier lugar. El término MOOC fue introducido por primera vez fue en 2008 por Dave Cormier para describir el curso de Siemens y Downes "Connectivism and Connective Knowledge" (CCK08) (Yuan y Powell, 2013), (Kukhareno, 2013). A este curso (CCK8) le siguieron otros en la misma línea.

En 2011, el curso "Introduction to Artificial Intelligence" de Sebastian Thrun (Universidad de Stanford), atrajo un éxito sin precedentes con 160.000 matriculados, obteniendo 23.000 de ellos el certificado del curso.

En 2012, el New York Times nombró el 2012 como "el año del MOOC" (Pappano, 2017), catapultando el término y el interés en los MOOCs. Desde el acuñamiento de la palabra MOOC para definir a este tipo de cursos, se pueden distinguir dos tipos de MOOCs: cMOOCs y xMOOCs (Yuan y Powell, 2013). Los cMOOCs enfatizan la creación, la creatividad, la autonomía y el aprendizaje a través de las relaciones sociales. Los xMOOCs siguen modelos de aprendizaje más tradicionales a través de vídeos, preguntas

cortas y exámenes. Son especialmente estos últimos los que han triunfado en la sociedad (Daniel, 2012b).

El 1 de mayo de 2013 se lanzó la primera edición del MOOC “Bases de Circuitos y Electrónica Práctica” (BCEP) por el DIEEC de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) de la UNED a través de la plataforma UNED-COMA. Los MOOCs como fenómeno social han tenido una espectacular acogida dentro de la sociedad. La posibilidad de acceder a determinados campos de conocimiento exclusivos del ámbito universitario ha catapultado el interés en las plataformas que proporcionan este tipo de cursos. La plataforma UNED-COMA surgió como una iniciativa de UNED-abierta para trasladar el conocimiento de la Universidad a la sociedad.

El curso BCEP integra dentro de un MOOC el empleo de un laboratorio remoto para la realización de prácticas (García-Loro, 2014). Responde a la necesidad de ofrecer de forma abierta y libre el acceso a la información y el conocimiento de la experimentación práctica de circuitos electrónicos con componentes y circuitos reales. Únicamente a través de un laboratorio remoto es posible dar el soporte práctico a través de un curso 100% a distancia como es el caso de un MOOC.

Los objetivos de aprendizaje del MOOC BCEP se basan en la adquisición de competencias prácticas en el análisis de circuitos básicos eléctricos y electrónicos en un laboratorio con componentes reales, en el manejo de los equipos que componen un laboratorio de electrónica, en el empleo y comportamiento de componentes reales, en la consolidación de los conocimientos básicos mediante la adquisición de dichas competencias prácticas y la extensión en el uso de las herramientas de simulación dentro del proceso de diseño de circuitos (García-Loro, 2014). Sin embargo, no es un objetivo de aprendizaje del curso dotar a los estudiantes de los conocimientos necesarios para el análisis de circuitos eléctricos y/o electrónicos.

El curso se basa en la realización de prácticas de laboratorio en la plataforma de laboratorio remoto VISIR. De hecho, el laboratorio remoto es el centro del MOOC, sobre el que rotan los distintos módulos y actividades del curso. La integración de un laboratorio remoto en un MOOC convierte al curso BCEP en el primer MOOC en la historia que proporciona el acceso a un laboratorio remoto, y, por tanto, a un laboratorio real.

Dentro del curso se diseñaron dos módulos (Módulo 0 y Módulo final) para la recogida de información. Esta información se divide en dos bloques: la primera en una encuesta inicial y otra final para que los estudiantes evalúen a priori y a posteriori sus expectativas y motivaciones acerca del curso, de los contenidos, de las herramientas, de VISIR, etc.; el segundo bloque evalúa el nivel de conocimientos de los estudiantes en la

materia del curso mediante unos exámenes que contienen preguntas básicas de electrónica y de análisis de circuitos eléctricos. La encuesta, de carácter opcional, ha sido completada por 2405 estudiantes (1.814 en la primera edición y 591 en la segunda edición).

El MOOC BCEP en la primera edición ha tenido 3616 estudiantes matriculados, 80 de ellos (un 2,21%) obtuvieron una calificación global superior a 80 sobre 100, lo que les proporcionó el badge del curso (Figura 31). La segunda edición ha contado con 1284 estudiantes matriculados en algún momento; 74 de ellos obtuvieron la acreditación del curso. Actualmente existe una tercera edición que cuenta con más de 2500 estudiantes matriculados.

En la Tabla 9 se muestra la formación de los estudiantes en el momento de comenzar el curso BCEP agrupada por relación de su formación académica.

Tabla 9. Resultados de la titulación académica más alta de los estudiantes agrupados por especialidad en la primera edición y segunda edición. Variación del porcentaje de la segunda edición respecto a la primera y resultados totales para ambas ediciones.

(García-Loro, 2014).

	Primera edición		Segunda edición		Variación	Ambas ediciones	
	Total	%	Total	%		Total	%
Estudios relacionados con la rama de Eléctrica/Electrónica	687	37,87%	200	33,84%	-48,09%	887	36,88%
Estudios relacionados con la Ingeniería	481	26,52%	177	29,95%	86,59%	658	27,36%
Estudios sin relación con la Ingeniería	152	8,38%	57	9,64%	31,15%	209	8,69%
Otros	494	27,23%	157	26,57%	-2,45%	651	27,07%

El curso presentaba un escenario en el que cientos de usuarios podían estar intentando reservar slot para el acceso al laboratorio remoto VISIR sin estar en posesión de los conocimientos necesarios para afrontar las prácticas de laboratorio satisfactoriamente con el único objetivo de probar la tecnología, ocupando turnos en los que otros usuarios sí podían explotar el potencial de las prácticas. Este escenario surge debido a las siguientes limitaciones:

- Limitación conceptual: Libre acceso de los MOOCs, un pilar dentro de los principios que definen un MOOC (Yuan y Powell, 2013), con lo que no existe la posibilidad de realizar ningún tipo de filtro a los usuarios a la hora de la matriculación. Por lo tanto, es una política dentro de la propia plataforma (UNED-COMA, 2017):

“¿Qué requisitos previos he de reunir para acceder a los cursos? NINGUNO. Los cursos UNED MOOC son abiertos a cualquier persona sin restricciones, sin necesidad de que posean estudios previos. No obstante, debido a su naturaleza y temática de cada curso, una persona sin formación previa en la materia tendrá que dedicar mayor esfuerzo.”

- Limitación técnica de laboratorio: Número de plazas concurrentes al laboratorio remoto VISIR limitadas. El número de usuarios concurrentes al laboratorio presenta flexibilidad dentro de los límites técnicos del laboratorio para el multiplexado de las señales. Sin embargo, una de las características dentro de los cursos MOOCs es su alta tasa de abandono (Pomerantz, 2017), (Jordan, 2017), (Liyanagunawardena Parslow y Williams, 2014). Esta característica juega a favor de la limitación del laboratorio remoto en cuanto al número de usuarios concurrentes y, por consiguiente, el número de usuarios que pueden realizar prácticas durante una ventana de tiempo. De esta forma, a medida que avanza el curso, el número de usuarios activos en el MOOC es menor y el acceso al laboratorio es menos solicitado. Aprovechando dicha característica de la alta tasa de abandono, se ha diseñado el curso con un primer módulo dedicado a la simulación con dos finalidades: introducir una metodología de trabajo (1) cálculos teóricos previos; 2) simulación; 3) trabajo de laboratorio; y 4) análisis y comparación de los resultados obtenidos en los puntos anteriores) y como filtro para aquellos matriculados que no cumplieran los requisitos de conocimiento sugeridos en el syllabus del curso.

Una vez completado el curso los estudiantes evalúan y proporcionan su opinión acerca de los contenidos del curso, plataforma, actividades realizadas, etc. Aquellos aspectos relacionados con los contenidos o actividades realizadas dependen exclusivamente del diseño curso. Sin embargo, la valoración del laboratorio remoto VISIR es independiente de estos factores. De aquellos estudiantes que completaron el MOOC BCEP (212 estudiantes), completaron la encuesta (102 estudiantes) y tenían experiencia previa en laboratorios presenciales (84 estudiantes), más de un 82% (69 estudiantes) se posicionan en la opción de que VISIR es una herramienta adecuada para obtener competencias prácticas. Estos datos se muestran en la Figura 28. En el lado opuesto, prácticamente el 6% de los estudiantes, consideran que VISIR no puede cumplir la función evaluada.

2.5.4.2. Laboratorios remotos como elemento complementario

Tomando como punto de partida que no se puede concluir objetivamente que ningún tipo de laboratorio es superior a otro, ya que cada uno de ellos proporciona diferentes beneficios de aprendizaje (Lindsay y Good, 2005), uno de los enfoques más atractivos es el de la integración del laboratorio remoto junto con otras herramientas prácticas. La mejor solución será aquella que permita una combinación de las distintas posibilidades disponibles: laboratorios presenciales, laboratorios remotos, laboratorios virtuales y

simuladores (Naef, 2006). Sin embargo, la simple acumulación de herramientas prácticas no implica una mejora del proceso educativo; la estrategia debe seguir una línea integradora entre las distintas posibilidades ofrecidas.

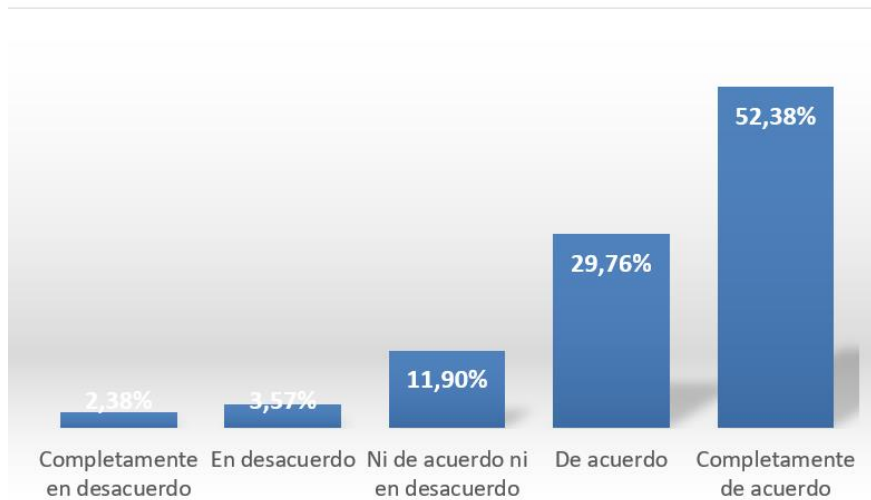


Figura 28. Resultados de la opinión de los usuarios/estudiantes sobre la afirmación: “El laboratorio remoto VISIR es beneficioso como herramienta para la obtención de competencias prácticas”. Usuarios/estudiantes con experiencia previa en laboratorios presenciales.

En cualquier caso, la integración de laboratorios remotos junto con laboratorios presenciales permite seguir distintos enfoques educativos, dotando a los estudiantes de competencias transversales como son las habilidades manuales o el manejo de TICs, trabajando siempre sobre sistemas reales.

2.5.4.2.1. Laboratorios remotos como elemento previo

Los laboratorios remotos pueden ser empleados como paso previo a las prácticas presenciales. Esta estrategia puede estar motivada por distintos factores, pero como principal interés está el de la familiarización con los equipos e instrumentos que, posteriormente se encontrarán en el aula de prácticas. Este factor puede resultar clave en prácticas de laboratorio en el que se empleen equipos peligrosos o muy costosos. De esta forma, se promueve el aprendizaje en el procedimiento de operación de los equipos e instrumentos de laboratorio desde un entorno que puede y debe poseer tanto protecciones software como hardware para proteger no sólo a los estudiantes, sino también al propio laboratorio remoto además de asegurar la continuidad del servicio.

2.5.4.2.1.1. ISEP: VISIR

En (Marques et al., 2014) se muestran los resultados de un estudio llevado a cabo con el laboratorio remoto VISIR en la Escuela de Ingeniería (ISEP) del Politécnico de Oporto. El estudio fue llevado a cabo con los datos recogidos durante 2 semestres consecutivos del curso académico 2010-2011 para distintas asignaturas de distintos grados, cubriendo un total de 7 asignaturas.

En uno de los casos analizados en dicho estudio, los estudiantes accedían al laboratorio remoto VISIR de forma previa a la realización de las prácticas presenciales en los laboratorios de electrónica analógica. Este grupo mostró un mejor desempeño de las actividades llevadas a cabo en el laboratorio presencial respecto a los estudiantes de la misma asignatura en cursos anteriores.

2.5.4.2.1.2. UNED: VISIR

Los estudiantes de la asignatura Fundamentos de Ingeniería Electrónica del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Control Industrial, asignatura transversal en distintos grados de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de la UNED (Grado en Ingeniería Mecánica, Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, Grado en Ingeniería Eléctrica, Grado en Ingeniería Electrónica), han utilizado el laboratorio remoto VISIR como trabajo previo evaluable y calificable para las prácticas presenciales en los laboratorios de electrónica analógica desde el curso académico 2009-2010 (Tawfik et al., 2013; Tawfik et al., 2012; Tawfik et al., 2011a; Tawfik et al., 2011b). Se trata del primer contacto (y en algunos casos el último) de los estudiantes con la electrónica analógica en cualquiera de los grados en los que la asignatura se encuentra presente.

Sobre el laboratorio remoto se llevan a cabo experimentos similares y, en algunos casos, empleando los mismos montajes que más adelante tendrán que contrastar en las prácticas presenciales. Una vez completadas las experiencias prácticas en el laboratorio remoto VISIR, los estudiantes deben incluir una memoria de prácticas con las medidas y capturas de pantallas explicitadas en los guiones de prácticas. Este trabajo en el laboratorio remoto VISIR es condición obligatoria para obtener el acceso a las prácticas en el laboratorio presencial.

En general, cada año se matriculan cerca de 300 estudiantes de los distintos grados en dicha asignatura. De ellos, cerca del 40% acceden al laboratorio para cumplir las actividades de la tarea previa. Uno de los objetivos del equipo docente es encontrar aquellos estudiantes motivados en la asignatura y filtrar aquellos otros estudiantes desmotivados de las prácticas presenciales. Por lo tanto, se limita el acceso al laboratorio presencial (recurso educativo que conlleva un coste asociado elevado) a aquellos estudiantes motivados y formados en la materia. Además, se evita que los estudiantes desmotivados se enmascaren en grupos, no aprovechen las prácticas de laboratorio o entorpezcan a sus compañeros en las prácticas presenciales.

Sin embargo, la principal motivación por parte del equipo docente de la asignatura se basa en un primer contacto con unas prácticas de laboratorio que, además de obtener las capacidades y habilidades de las herramientas online, les sirva como apoyo a las

prácticas presenciales. De esta forma los estudiantes contactan con el laboratorio presencial conociendo los pasos a dar para llevar a cabo los distintos experimentos de la guía y aprovechar al máximo los recursos del laboratorio presencial.

En general, la experiencia resulta en un mejor manejo de los equipos e instrumentos de laboratorio y mayor aprovechamiento de los recursos del laboratorio presencial. Sin embargo, a no ser que el estudiante posea una formación alternativa en laboratorio de electrónica analógica, el salto del laboratorio online real al laboratorio presencial real implica la nula herencia de habilidades manuales ya que los laboratorios remotos no proporcionan este tipo de capacidades.

El equipo docente de la asignatura posee una encuesta opcional acerca del laboratorio remoto VISIR, de la actividad llevada a cabo por los estudiantes para recabar información acerca de la opinión de los estudiantes sobre el laboratorio remoto VISIR. El carácter opcional provoca que no todos los estudiantes hayan completado el cuestionario. A fecha de febrero de 2017 hay registradas 139 respuestas. Aparte de preguntas generales aplicables a cualquier laboratorio remoto acerca de la utilidad para experimentar en cualquier momento y lugar, o la utilidad que consideran los estudiantes a factores como poder experimentar sin miedo a cometer errores, los estudiantes son encuestados acerca de la utilidad del laboratorio remoto para preparar las prácticas presenciales. Los resultados a esta pregunta se muestran en la Figura 29.

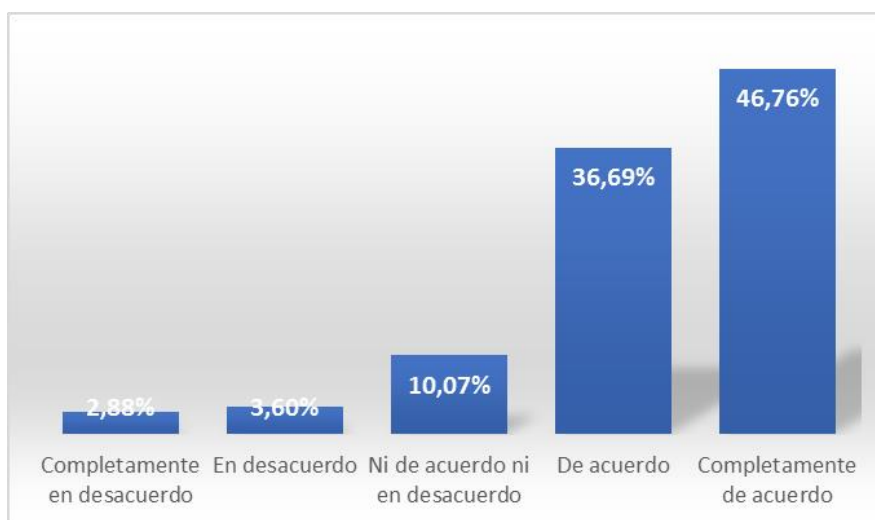


Figura 29. Posición de los estudiantes de la asignatura de Fundamentos de Ingeniería Electrónica frente a la afirmación: "El laboratorio remoto VISIR es útil para preparar prácticas presenciales en el laboratorio".

2.5.4.2.2. Laboratorio remoto como elemento posterior

Los laboratorios remotos pueden servir, asimismo, como continuación de las prácticas presenciales para continuar las prácticas iniciadas en el laboratorio presencial y/o como una estrategia educativa en la que el estudiante accede al laboratorio remoto

con las habilidades manuales adquiridas del laboratorio presencial, pudiendo así extrapolar de forma más sencilla el entorno presencial (manipulación de equipos e instrumentos) al entorno remoto.

Como se ha comentado anteriormente, los condicionantes presentes en los laboratorios presenciales restringen el acceso a sus instalaciones. Por lo tanto, las horas o jornadas prácticas que no son posibles llevar a cabo físicamente en el laboratorio presencial se pueden extender gracias a los laboratorios remotos. De esta forma, los estudiantes ven, tocan y emplean todos los elementos del laboratorio y, al acceder posteriormente al laboratorio remoto, tienen una visión más completa del entorno que están empleando.

2.5.4.2.2.1. *Katedralskolan de Lund: VISIR*

En el instituto Katedralskolan de Lund (Suecia), gracias a la colaboración con el Departamento de Procesamiento de Señales de la Escuela Tecnológica de Blenkinge (BTH), se ha utilizado el laboratorio remoto VISIR para el acceso a prácticas de laboratorio por estudiantes de bachillerato sin ningún riesgo de daño para equipos o componentes (Claesson et al., 2016; Claesson et al., 2015). El laboratorio remoto se ha utilizado como complemento al laboratorio presencial una vez que se han familiarizado con el manejo de los equipos e instrumentos. A pesar de que en dicho instituto cuentan con equipo de laboratorio de electrónica analógica y/o electricidad presencial, el laboratorio remoto VISIR se utilizó en las aulas sustituyendo el laboratorio presencial. Asimismo, se les concedió el acceso para permitirles realizar experimentos adicionales en el laboratorio remoto o usarlo como formación complementaria para los exámenes.

Estudiantes de primer año de bachillerato accedieron al laboratorio para la experimentación en corriente continua (Claesson et al., 2016). En este curso, la mayoría de los estudiantes desconocen que, por ejemplo, la corriente antes y después de un componente es la misma. Por lo tanto, la experimentación se basó en conceptos fundamentales como la ley de Ohm, leyes de Kirchhoff, asociación de resistencias, etc. Los estudiantes midieron las corrientes y voltajes en el laboratorio remoto compararon los resultados obtenidos experimentalmente con los valores calculados teóricamente.

Estudiantes de tercer año de bachillerato del instituto Katedralskolan de Lund accedieron al laboratorio remoto para la realización de prácticas en corriente alterna: manejo del osciloscopio, respuesta en frecuencia de condensadores y bobinas, desfase de tensiones, etc. Se dividió a los estudiantes en dos grupos con los que se siguió distinta metodología. A un grupo de estos estudiantes llevaron a cabo prácticas en el laboratorio remoto presencialmente en el instituto bajo la supervisión del profesor (grupo I).

Mientras que al otro grupo accedieron al laboratorio remoto para la realización de tareas desde casa (grupo II).

A ambos grupos se les solicitó contestar una encuesta para evaluar el laboratorio remoto. Los resultados de algunas de las preguntas de dicha encuesta se encuentran reflejadas en la Tabla 10.

2.5.4.2.3. Laboratorio remoto con acceso abierto durante el curso

Proveyendo a los estudiantes del laboratorio remoto como una herramienta de aprendizaje más, en la que puedan sustentar y complementar el resto de conocimientos adquiridos tanto en el aula como en el trabajo personal.

Existe numerosa bibliografía del laboratorio remoto VISIR como elemento complementario a las prácticas de laboratorio presenciales (Fidalgo et al., 2014; Ferreira et al., 2014; Tawfik et al., 2011).

Tabla 10. Resultados de la encuesta con el laboratorio VISIR propiedad de BTH en el instituto Katedralskolan de Lund.
(Claesson et al., 2016).

	Gr. 1	Gr. 2
Respuestas/Número de estudiantes	15/18	14/15
He disfrutado con el uso del laboratorio remoto	3	3
EL laboratorio remoto me ha ayudado con las prácticas presenciales	3	3,4
Extendería el laboratorio remoto al resto de asignaturas y estudiantes	4,2	4
USando el laboratorio remota me he sentido experimentando en un entorno real y no en una simulación	2,8	3,1
A pesar de la distancia con el laboratorio remoto, he sentido que tenía el control	3	2,9
El manejo de los interfaces de los distintos equipos e instrumentos es similar a los del laboratorio presencial	3,8	3,4

2.5.4.2.3.1. Deusto: VISIR

En la Universidad de Deusto uno de los usos de VISIR ha sido la integración del laboratorio remoto en el proceso de aprendizaje convencional. García-Zubía et al. (2016) describen los resultados de aprendizaje en la integración del laboratorio remoto VISIR como un elemento importante del aprendizaje. Mediante 2 actividades desarrolladas en el laboratorio remoto:

- Conexión de resistencias serie/paralelo. Empleando 4 resistencias (2 de 10 k Ω y 2 de 1 k Ω) que pueden conectar en cualquier combinación de ellas serie/paralelo.
- Ley de Ohm/Leyes de Kirchhoff. Empleando las mismas resistencias empleadas para la conexión de resistencias serie/paralelo, la posibilidad de medir corriente en cualquier punto de cualquier posible circuito

ensamblado en la protoboard virtual de VISIR, y medir tensión en cualquiera de las resistencias empleadas en el circuito.

Estos experimentos diseñados en la Universidad de Deusto permiten la libertad que se obtendría en cualquier laboratorio presencial. Sin embargo, por las limitaciones constructivas de VISIR, su montaje en la matriz requiere de más espacios de los que necesitarían unos experimentos preestablecidos o rígidos.

Durante las clases presenciales, una vez presentados los modelos teóricos ideales, se accede al laboratorio para experimentar y obtener los resultados en vez de seguir el modelo tradicional y emplear la pizarra para realizar los cálculos teóricos. Por el contrario, los cálculos teóricos sirven para contrastar los resultados obtenidos. En un principio, es el profesor, durante la clase presencial, el que integra el laboratorio en el proceso de enseñanza.

En esta etapa inicial, los estudiantes observan como el profesor interactúa con los componentes, equipos e instrumentos del laboratorio remoto, para posteriormente ser los estudiantes los que acceden al laboratorio remoto, tanto en el aula como fuera de ella, y lo integren en el proceso de aprendizaje. Por lo tanto, los estudiantes no encuentran dificultades a la hora de utilizar el laboratorio a la hora de trabajar en solitario. Además del uso de VISIR por el profesor para apoyarse en las clases presenciales, los estudiantes acceden al laboratorio como parte de las tareas diarias siguiendo los pasos del profesor en la clase presencial. En este modelo educativo seguido por la Universidad de Deusto se prima al laboratorio, lo real, frente a lo teórico o lo ideal. Este modelo se ha seguido con 112 estudiantes universitarios de 18-19 años durante al menos 2 cursos académicos (2013-2014 y 2014-2015) en los campus de la Universidad de Deusto en Bilbao y San Sebastián, y con 47 estudiantes preuniversitarios de 17-18 años durante el curso académico 2013-2014 en el colegio Urdaneta de Bizkaia.

2.5.4.2.3.2. ISEP: VISIR

En (Marques et al., 2014) se muestran los resultados de un estudio llevado a cabo con el laboratorio remoto VISIR. El estudio fue llevado a cabo con los datos recogidos durante 2 semestres consecutivos del curso académico 2010-2011 para distintas asignaturas de distintos grados, cubriendo un total de 7 asignaturas. En dicho estudio, se analizaron dos dimensiones en los distintos escenarios de integración de VISIR:

- Enfoque didáctico (con las categorías de: resultados del aprendizaje, integración del diseño, supervisión del maestro y problemas de implementación);
- Resultados obtenidos (uso de VISIR por los estudiantes y profesores, percepción sobre su utilidad y aprendizaje de los estudiantes).

En uno de estos escenarios de integración, el laboratorio remoto VISIR se utilizó de forma complementaria, sin obligatoriedad de acceso para completar determinadas tareas. Los estudiantes podían acceder a VISIR de forma voluntaria para complementar su formación. De esta forma podían construir su itinerario de aprendizaje de una forma autorregulada.

En otro de los escenarios analizados, VISIR fue empleado de forma similar, pero en este grupo, el acceso al laboratorio y las tareas asociadas, formaban parte importante en la calificación final. Por lo que la motivación por parte de los estudiantes fue mayor debido al incentivo académico en la calificación final.

2.5.4.3. Laboratorios remotos como elemento en la clase presencial

Los laboratorios remotos son herramientas educativas que presentan una elevada flexibilidad. Trasladar un entorno práctico, el entorno de un laboratorio, al aula lectiva no es tarea sencilla debido a los obstáculos intrínsecos en el traslado de los equipos, instrumentos y componentes empleados, los puntos ciegos de visualización en la manipulación de los equipos, las lecturas de los instrumentos pueden no ser visibles a cierta distancia, etc. Estos factores provocarían en los estudiantes una desconexión de la exposición. Sin embargo, mediante los laboratorios remotos, únicamente se requiere un equipo y una pantalla o proyector apropiado al tamaño del aula para llegar de forma efectiva a todos los asistentes.

2.5.4.3.1. Laboratorio remoto como apoyo a exposición

En la clase presencial, con el profesor como unidad emisora y el estudiante como unidad receptora, el profesor puede utilizar el laboratorio remoto como un elemento más de apoyo a las actividades de enseñanza en el aula. Integrando ensayos experimentales a los contenidos teóricos, por medio del laboratorio remoto, el profesor puede incorporar el mundo real en el aula. De esta forma, los estudiantes pueden observar como los conceptos teóricos se corroboran con la realidad mostrada en el laboratorio remoto.

Según apuntan Abdulwahed et al (2008), las clases presenciales han sido frecuentemente reportadas como aburridas y de falta de interactividad. En la educación tradicional, los estudiantes reciben pasivamente la información que el profesor imparte, hay principalmente carga de nuevos materiales teóricos entregados sin ninguna aplicación auténtica asociada de la teoría presentada. Los autores sostienen que este es especialmente el caso en las clases presenciales de ingeniería y ciencia, a pesar de que la ingeniería en principio es una ciencia aplicada. Muchos profesores han sido conscientes de este problema y han intentado incorporar aplicaciones o experimentos auténticos en sus conferencias de clase para elevar la atención de los estudiantes de nuevo al carácter

inherente de la educación de ingeniería y apoyar la explicación de la teoría mostrando su aplicabilidad en la vida real.

2.5.4.3.1.1. Célula de ensayo teleoperada

En octubre de 2013 el laboratorio fue integrado en las clases presenciales de la asignatura “Fundamentos de Tecnología de Conformado” en el primer semestre del tercer curso para 250 estudiantes de ingeniería mecánica (Kruse et al., 2016; May et al., 2015; Ortelt et al., 2014). El ensayo elegido fue el de tracción. Uno de los objetivos pedagógicos era la identificación de los parámetros relevantes que explican el comportamiento descrito en el modelo teórico.

Los estudiantes, como observadores en la clase presencial, presenciaron el proceso completo mediante las 8 cámaras instaladas. Una vez completado el ensayo se debatió acerca de los resultados y, a partir de los datos obtenidos, se les solicitó estimar el comportamiento del material bajo distintas condiciones de la velocidad de deformación. Basándose en la respuesta, desarrollaron un modelo teórico para poder predecir el comportamiento del material.

Como segundo paso se modificaron las condiciones del ensayo: reducción de la velocidad de deformación; y observaron los resultados. Después de unos minutos para analizar los resultados, el profesor, apoyándose en la realimentación proporcionado por los estudiantes, analizó los resultados y expuso las bases teóricas del cambio de condiciones.

2.5.4.3.2. Laboratorio remoto como escenario de examen

Una posibilidad proporcionada por los laboratorios remotos es la de su integración en exámenes presenciales de una manera sencilla. Sin embargo, en los laboratorios de único usuario esta posibilidad se complica ya que requiere el empleo de réplicas del laboratorio remoto con los consecuentes costes económicos para poder hacer frente a este tipo de escenario. El resto de posibilidades que se pueden contemplar en laboratorios remotos que no admiten concurrencia conlleva el uso de turnos con la opción de emplear grupos para descargar el número de sesiones. En cualquier caso, estas soluciones no son planteables para exámenes globales en el caso de un elevado número de estudiantes. Sin embargo, si pueden ser apropiados para exposiciones de estudiantes frente al resto del aula.

Por los motivos expuestos anteriormente, los laboratorios remotos de acceso concurrente son los más apropiados a fin de llevar a cabo exámenes a todos los estudiantes de un aula.

2.5.4.3.2.1. BTH e instituto Katedralskolan de Lund - VISIR

En un estudio realizado durante el período 2009-2011 (Claesson y Håkansson, 2012), dos profesores y 94 estudiantes del instituto Katedralskolan de Lund participaron en un proyecto de colaboración entre la Katedralskolan de Lund y la Escuela Técnica de Blenkinge (BTH) para el empleo del laboratorio remoto VISIR del Departamento de Procesamiento de Señales del BTH por parte de los estudiantes de la Katedralskolan. Se formaron 5 grupos en función del curso y del profesor. Uno de estos cinco grupos, formado por 18 estudiantes de tercer curso de bachillerato, accedieron al laboratorio durante 75 minutos para completar un examen. La evaluación del examen no estaba centrada en la explicación o exposición del manejo de los equipos e instrumentos del laboratorio remoto VISIR. El examen comenzaba con la descarga de un guion de prácticas desde el LMS, que consistía en un montaje en corriente continua y dos en corriente alterna sobre los que debían realizar medidas, documentándolas, y capturas de los montajes. Antes de la finalización del examen debían completar las tareas y subir el guion de prácticas al LMS.

2.5.4.3.2.2. Estación de regulación

En el Departamento de Ingeniería Química del Tecnológico de Monterrey, México, se ha diseñado un laboratorio remoto para los estudiantes de segundo curso de Ingeniería Química, Ingeniería Industrial, Ingeniería de Alimentos, Ingeniería de Desarrollo Sostenible e Ingeniería biotecnológica. Alrededor de 300 estudiantes de media cursan dicha asignatura anualmente.

El laboratorio remoto es una estación de trabajo compacta MPS® PA con tramos de regulación de nivel, caudal, presión y temperatura de la empresa FESTO. Está compuesto de dos tanques interconectado mediante tuberías y válvulas formando un sistema cerrado, Figura 30. El sistema está completamente automatizado y conectado a una tarjeta de red, lo que permite la manipulación remota (Ramírez, Ramírez-Montoya y Marrero, 2016). El laboratorio remoto se utiliza como una herramienta de trabajo, por lo que profesor y estudiantes interactúan en el proceso y verifican su operación en tiempo real. La interfaz está compuesta de dos bloques (Ramírez y Macías, 2013):

- GUI (Interfaz Gráfica de Usuario, Graphic User Interface). Cumple la función de ser las “manos” del usuario en el laboratorio remoto.
- Interfaz Audio-Vídeo. Son los ojos y oídos del usuario en el laboratorio.

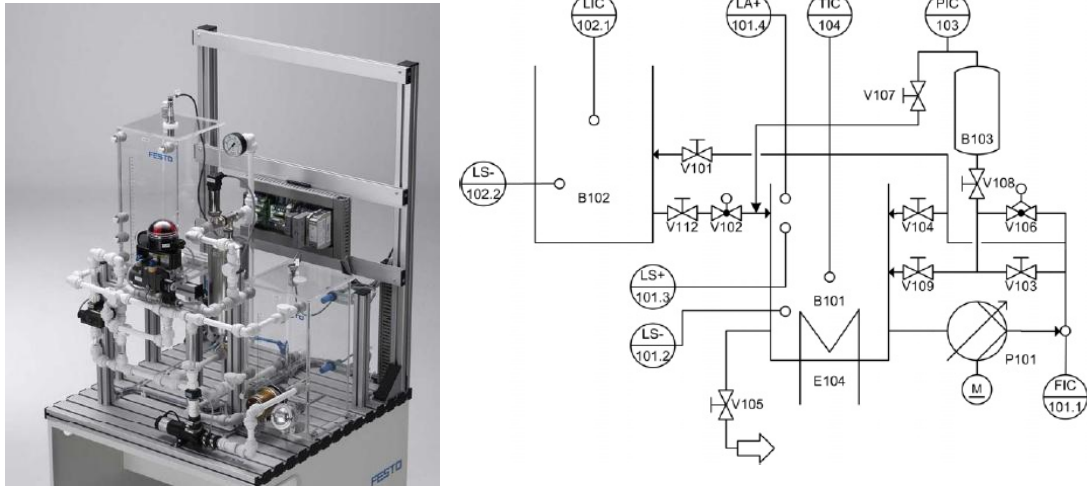


Figura 30. Modelo de la estación de regulación empleada en el Departamento de Ingeniería Química del Tecnológico de Monterrey.
(RemoteLab, 2017).

La estación de trabajo compacta combina 4 bucles cerrados con sensores y actuadores digitales y analógicos. Con un PLC o un controlador es posible utilizarlos individualmente o en cascada (RemoteLab, 2017).

- Sistema de control del nivel.
- Sistema de control de caudal.
- Sistema de control de la presión.
- Sistema de control de temperatura.

En los tramos de regulación de caudal y de presión la magnitud de ajuste del regulador actúa también sobre una válvula de posición. En el retorno entre el tanque elevado y el depósito de reserva inferior hay instalada una válvula de bola de 2 vías con actuador neumático para procesos. La válvula de bola de 2 vías se puede emplear para simular un "consumidor" a fin de activar magnitudes perturbadoras en el tramo de regulación de nivel (Festo-didactic, 2017).

El diseño de los sensores y actuadores de válvulas permite el uso de control continuo (P, I, PI, PID) y discontinuo (entre dos puntos) del ensayo. Las bombas pueden ser controladas mediante accionamiento directo o ajuste de velocidad/revoluciones. La estación de trabajo se compone de los siguientes elementos:

- Sensores: 2 sensores capacitivos, 2 interruptores de flotador, sensor de ultrasonidos, sensor de flujo, sensor de presión, sensor de temperatura PT100.
- Actuadores: bomba, válvula direccional proporcional, válvula de bola con actuador y calefacción.

En primer lugar, y una vez abarcados los conceptos teóricos, el profesor realiza una visita virtual al laboratorio en el aula presencial, proyectado en una pantalla la interfaz de usuario, mientras se describen los componentes del equipo. Así es como los estudiantes observan y se familiarizan con los detalles del sistema. El maestro puede usar la cámara para hacer zoom para que los estudiantes puedan observar el tanque y las tuberías, las secciones de admisión y de salida del tanque, la fuga, las válvulas de control y todo el circuito de transporte de agua del proceso. A continuación, los estudiantes realizan cálculos (capacidad máxima del tanque de agua, entrada de masa máxima, etc.). Una vez los estudiantes han sido introducidos en el funcionamiento interactúan con el laboratorio. En el semestre de agosto a diciembre de 2014 se utilizó el laboratorio remoto para la realización de uno de los exámenes del semestre (Ramírez, Ramírez-Montoya y Marrero, 2016).

2.5.5. Campos de aplicación de los laboratorios remotos

Especialmente en las instituciones educativas, existe una gran variedad de laboratorios remotos aplicados en distintos campos de la ciencia. Por ejemplo, en el campo de la biología el proyecto BioLab, con dos prototipos en funcionamiento, tiene como primer objetivo la exploración de los diseños óptimos para potenciar la experimentación remota interactiva en laboratorios de biología con fines educativos (Stanford-BioLab, 2017).

Otro ejemplo de experimentación remota en el área de la biología es los creados por la NANSLO (Red Norteamericana de la Ciencia de los Laboratorio en Línea, North American Network of Science Labs Online) (NANSLO, 2017), (Bennett, 2015). Asimismo, la NANSLO ha desarrollado laboratorios remotos aplicados en la química.

En el RLMS WebLab-Deusto de la Universidad de Deusto (WebLab-Deusto, 2017) se puede acceder a experimentos sobre el principio de Arquímedes (física), programación de un robot o programar una FPGA (del inglés Field Programmable Gate Array) entre otros ejemplos, a través de su portal.

Dormido et al. (2012) hacen referencia a los laboratorios disponibles en el portal UNEDLabs de la UNED: laboratorio de un péndulo invertido (mecánica) o un laboratorio sobre la Ley de Hooke (elasticidad de materiales) entre otros.

Laboratorios remotos para realizar mediciones del campo magnético de un solenoide —electromagnetismo—, (Marchisio et al., 2011); Espectrometría —óptica—, (Thoms y Girwidz, 2017); En el área de las telecomunicaciones existen laboratorios remotos como el eComLab (Melkonyan et al., 2011), ETReLa (Kang et al., 2010), REAL (Stancil, Sharma

y Fay, 2014) o el ERRL (Kara et al., 2007); Circuitos integrados, microelectrónica, (Pradarelli et al., 2009); PICs (Ángulo, 2015); Robótica (Di Giamberardino y Temperini, 2017; Carro, 2014); Control industrial (Chevalier et al., 2017); En el campo de la física, como el experimento del plano inclinado de Galileo (Simao et al., 2016) o un oscilador (Ozvolodova et al., 2005); O en (Pastor, 2006) se describe un laboratorio a escala del proceso de pasteurizado, son sólo algunos ejemplos de la variedad en los campos de aplicación de los laboratorios remotos.

A continuación, se van a detallar en mayor profundidad algunos laboratorios remotos implementados, haciendo mayor hincapié en sus arquitecturas y tecnologías empleadas. No se hace referencia a ningún laboratorio remoto en electrónica analógica ya que el sistema implementado está basado en el laboratorio remoto VISIR (para prácticas de electrónica analógica), el apartado 2.5.6 se dedica exclusivamente a los laboratorios remotos para la realización de prácticas en electrónica analógica. Asimismo, dado el peso del laboratorio remoto VISIR en esta tesis, el apartado 2.5.7 está dedicada en exclusiva a su arquitectura y funcionamiento.

2.5.5.1. Laboratorio remoto para la aplicación de la técnica DSSS

Kyomugisha et al. (2012) describen un laboratorio remoto para la aplicación de la técnica de espectro ensanchado DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum, espectro ensanchado por secuencia directa) en la Universidad Makerere de Kampala, Uganda. La técnica DSSS es una forma de transmisión de señales en el que la señal ocupa un ancho de banda superior al ancho de banda mínimo necesario para enviar la información, con aplicaciones en redes de telefonía celular, los sistemas de posicionamiento global y Bluetooth.

El laboratorio se aloja en el RLMS iLabs desarrollado por el MIT (Massachusetts Institute of Technology) instalado en los servidores de la Universidad de Makerere. El laboratorio emplea el módulo NI-ELVIS (Ni-ELVIS, 2017), apoyado por el lenguaje de programación gráfica LabVIEW (Ni-LabVIEW, 2017) y la tarjeta Emona-DATEx (Emona Digital Analog Telecommunication Experimenter) para implementar una amplia gama de experimentos en el área de las telecomunicaciones.

En la Figura 31 se muestra la arquitectura del laboratorio DSSS. Para alternar diferentes configuraciones de circuitos en el DATEx, se emplea el módulo SCXI-1121 de NI (NI-SCXI-1121, 2010) El NI myDAQ (NI-MyDAQ, 2017) se utiliza para proporcionar cuatro canales adicionales del osciloscopio, necesarios para ver los datos del experimento (Figura 32). El módulo de conmutación SCXI-1169 (NI-SCXI-1169, 2017) está equipado con hasta 100 relés mecánicos SPST (Single-Pole-Single-Throw, unipolar), aunque solo 7 de ellos fueron necesarios para la implementación del DSSS. Todos estos módulos están

contenidos en el chasis SCXI-1000 de NI (NI-SCXI-1000, 2017). Para el interfaz de usuario se emplean los IVs de LabVIEW.

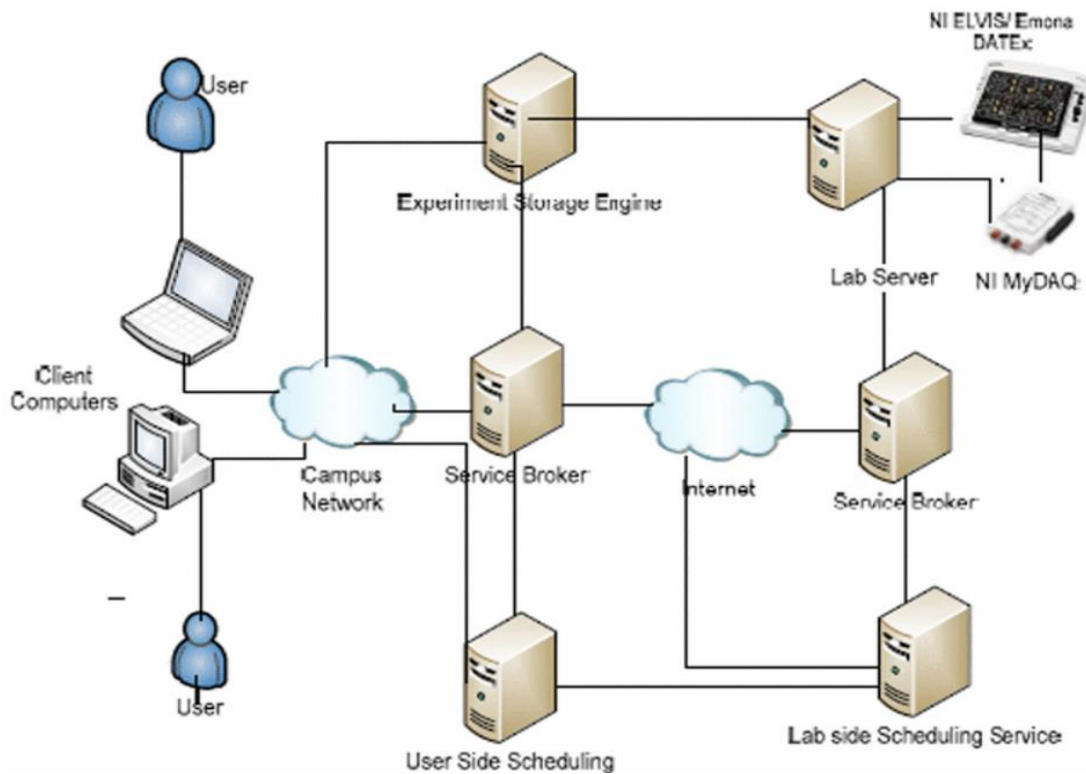


Figura 31. Arquitectura del laboratorio DSSS.
(Kyomugisha et al., 2012).

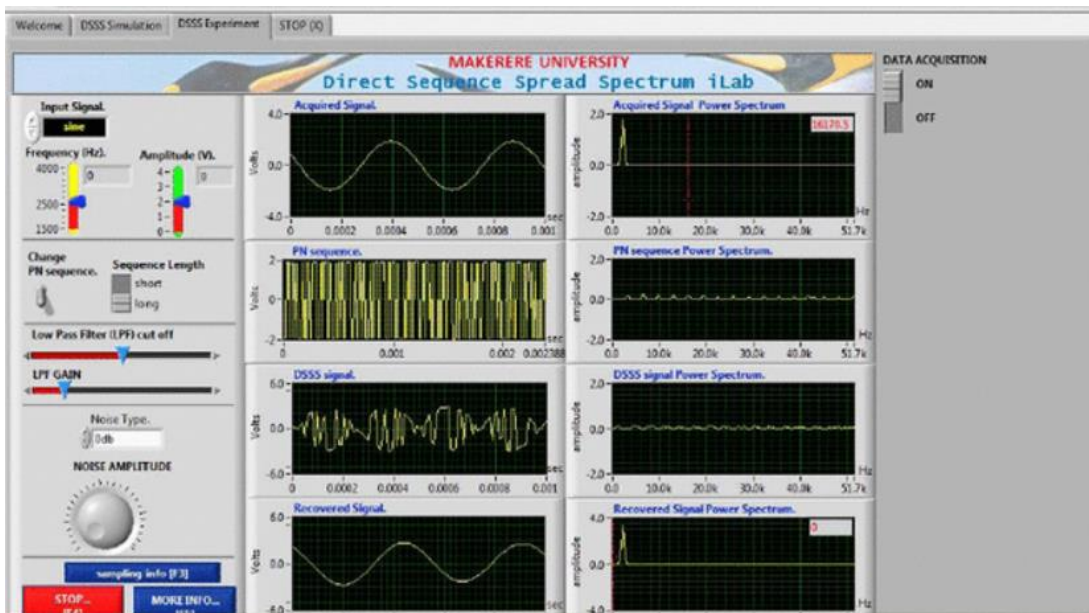


Figura 32. Interfaz de usuario.
(Kyomugisha et al., 2012).

El laboratorio DSSS involucra tres etapas clave: Generación y modulación de la señal, transmisión de señal DSSS y demodulación y recuperación de la señal. La interfaz de

usuario del laboratorio permite la manipulación de los controles virtuales del hardware para lograr cada una de estas etapas.

2.5.5.2. Laboratorio para la modulación de la amplitud y frecuencia

Haque et al. (2015) se presenta un laboratorio remoto desarrollado mediante el entrenador Emona 101 (Emona ETT101, 2017) para la modulación de la amplitud y la modulación de la frecuencia. Para la adquisición de los datos no se utiliza un DAQ o módulos externos que tengan ya uno integrado como NI-ELVIS, Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (Ni-ELVIS, 2017), sino que emplean recursos propios del laboratorio como un osciloscopio digital. De esta forma otorgan la posibilidad a los usuarios de cambiar los parámetros sobre la marcha, sin necesidad de parar el experimento.

El entorno de programación empleado para la interfaz del laboratorio es LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) (Ni-LabVIEW, 2017) para la creación de instrumentos virtuales (VIs, Virtual Instruments), para embeber el panel de control en un navegador a través del servidor web de LabVIEW. Asimismo, el laboratorio emplea MATLAB (MathWorks-MATLAB, 2017) para los cálculos y algoritmos de los distintos esquemas de modulación. En la Figura 33 se muestra el interfaz de usuario para el laboratorio de modulación de la amplitud, mientras que en la Figura 34 se muestra el interfaz de usuario para el laboratorio de modulación de la frecuencia.

La arquitectura del laboratorio se muestra en la Figura 35. El sistema se basa en una arquitectura cliente/servidor en la que todos los módulos del experimento están en el lado del servidor:

- Servidor de autenticación: Este servidor contiene toda la información necesaria de los estudiantes (ID, contraseña válida y turno de reserva).
- Interfaz de aplicación: Es el encargado de comunicarse entre el usuario y el módulo de control y adquisición de datos ayudando al cliente a controlar y cambiar los diferentes parámetros de los experimentos en tiempo real a través de la interfaz gráfica de usuario. También contiene la imagen capturada en tiempo real de una cámara web HD para que los clientes puedan ver el hardware físico y su respuesta en el navegador web.
- Módulo de Control y Adquisición: Formado por el hardware necesario para controlar el laboratorio y adquirir los datos a través de la interfaz de usuario por parte del cliente. Este módulo incluye servos de bajo coste, matriz conmutada mediante relés para conectar diferentes puntos, microcontrolador (MCU) y osciloscopio digital (OSC).

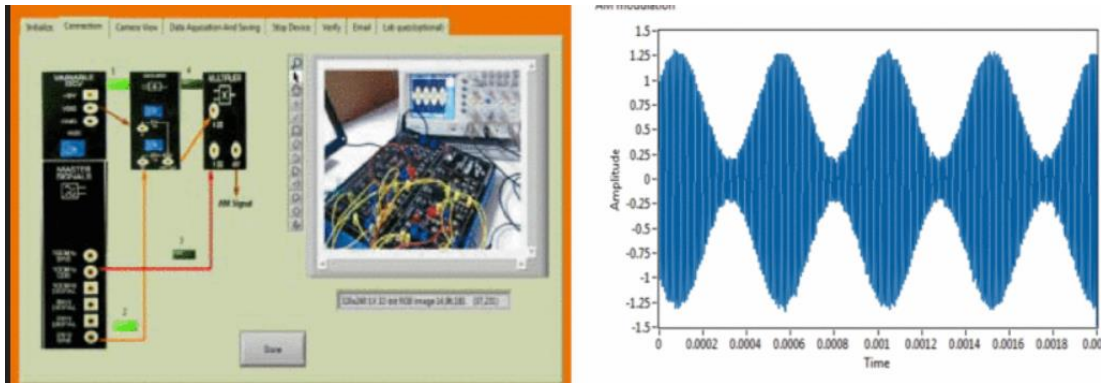


Figura 33. Panel frontal para la modulación de la amplitud (izquierda) y respuesta (derecha). (Haque et al., 2015).

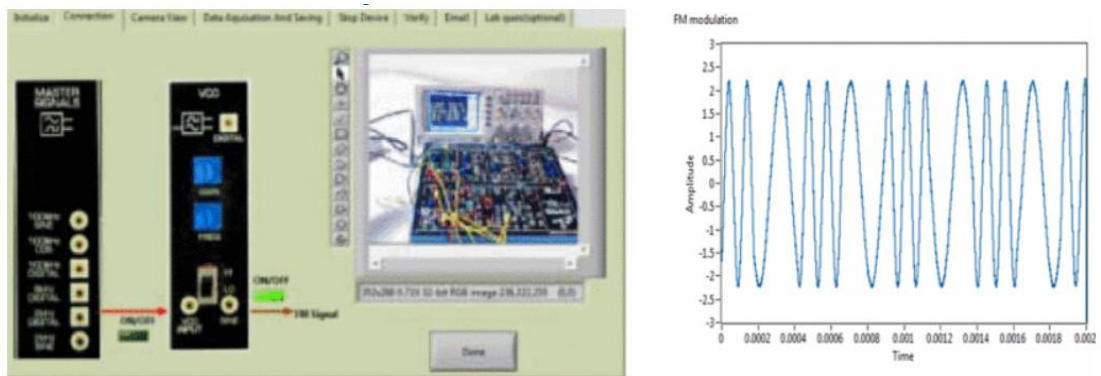


Figura 34. Panel frontal para la modulación de la frecuencia (izquierda) y respuesta (derecha). (Haque et al., 2015).

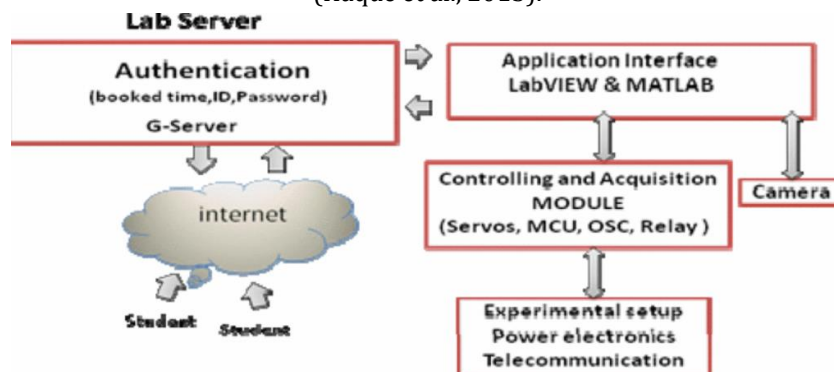


Figura 35. Arquitectura general del laboratorio remoto. (Haque et al., 2015).

2.5.5.3. Laboratorio de comunicaciones Wireless.

Haque y Ahmed (2015) y Haque Nayna y Ahmed (2016) describen un laboratorio remoto para la aplicación de comunicaciones Wireless (Figura 36). La arquitectura planteada es la misma seguida en (Figura 31), pero, en este caso para el desarrollo del laboratorio remoto se ha empleado el programador periférico universal de radio (USRP, Universal Software Radio Peripheral) Ettus N200 (Ettus-N200, 2017), En concreto el laboratorio dispone de dos unidades: uno para la transmisión y otro para la recepción.

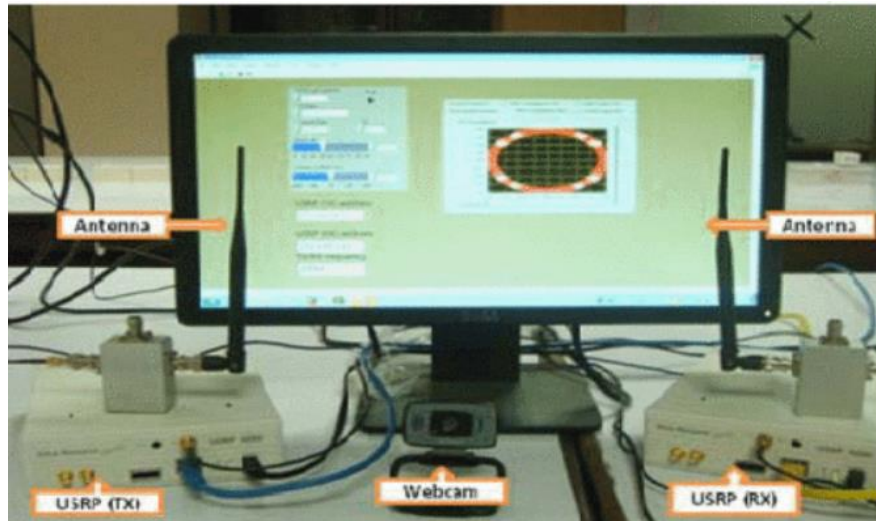


Figura 36. Hardware empleado para el laboratorio de comunicaciones Wireless. (Haque et al., 2015).

Todo el procesamiento de señales y cálculos son realizados mediante LabVIEW (Ni-LabVIEW, 2017) y MATLAB (MathWorks-MATLAB, 2017) en el PC, mientras que el USRP construye la señal de RF (radiofrecuencia) del transceptor. El PC controla el USRP a través de la conexión Ethernet. Asimismo, el laboratorio dispone de una webcam para la visualización de la respuesta del sistema en tiempo real a través del navegador web (Figura 37).

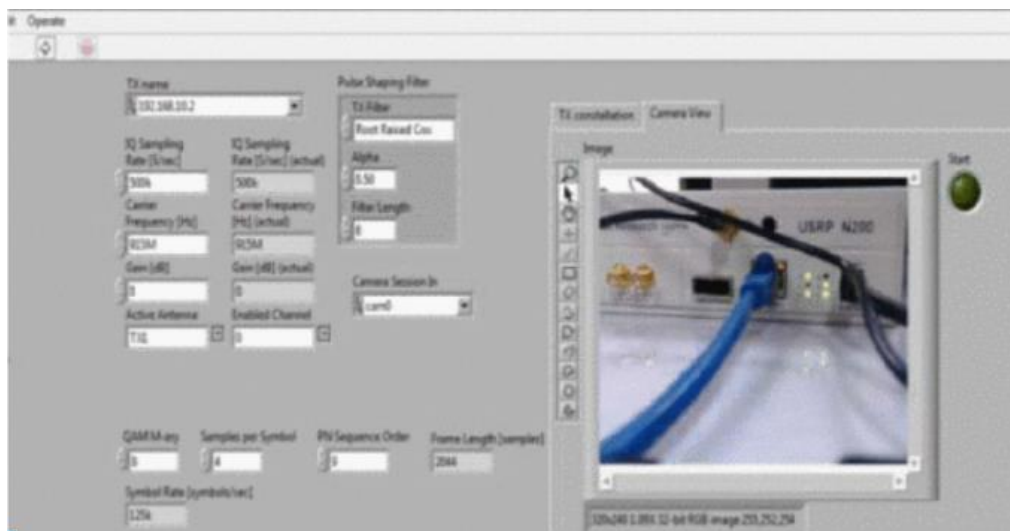


Figura 37. Visualización de la cámara web enfocando el USRP. (Haque et al., 2015).

2.5.5.4. LRA-ULE célula de clasificación electroneumática

En la Universidad de León se ha desarrollado un laboratorio remoto en control (LRA-ULE) orientado a la investigación y educación empleando equipos industriales (Prada et al., 2013, 2015). El sistema consiste en un sistema de clasificación automatizado desarrollado con perfiles de acero, actuadores electroneumáticos y un robot con seis

grados de libertad. Debido a que el objetivo principal es un sistema industrial, los autores reutilizan procedimientos comunes en la industria para la comunicación y el control del sistema físico.

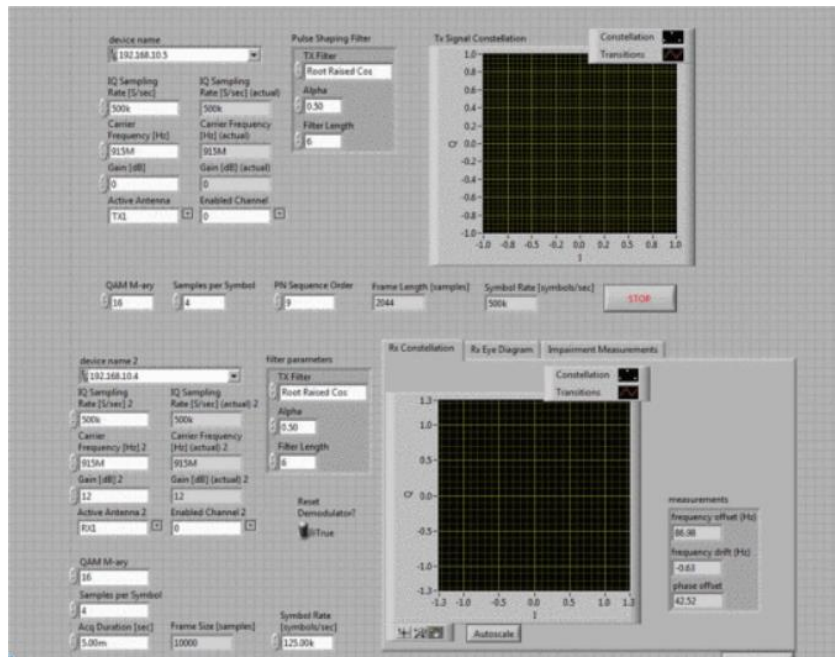


Figura 38. Panel frontal para el experimento M-QAM.

(Haque et al., 2015).

La interfaz de comunicación entre el sistema físico y la base de datos utiliza un middleware basado en OPC (del inglés OLE for Process Control; C, del inglés Object Linking and Embedding). El middleware basado en OPC, OPC-DB, ha sido desarrollado en LabVIEW (Ni-LabVIEW, 2017). El propósito del enlace OPC-DB se muestra en la Figura 39: lee el estado de las variables de entrada del sistema y las almacena en la base de datos. Asimismo, recupera la información de la BBDD y devuelve las salidas del sistema.

La arquitectura del laboratorio (Figura 40) se basa en la arquitectura de tres niveles (capa física del sistema, capa de servidor y capa de cliente).

- La capa de hardware o capa física (Figura 41) es una célula electro-neumática con un robot industrial de 6 ejes para montaje sobre el suelo IRB 1400 (ABB-IRB1400, 2017), dirigida a la clasificación de piezas de acero ($6 \times 6 \times 8$ cm) en tres categorías según el código establecido en cada una de las caras de las piezas de acero. Además de otros elementos (cinta transportadora, rampa y carriles, PC, panel de control con el PLC, elementos de seguridad, etc.), una cámara es la encargada de capturar una imagen del código para, tras su procesamiento, determinar el carril asignado.

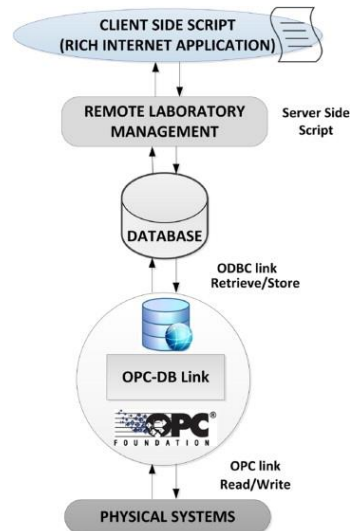


Figura 39. Estructura general del OPC-DB link.
(Prada et al., 2015).

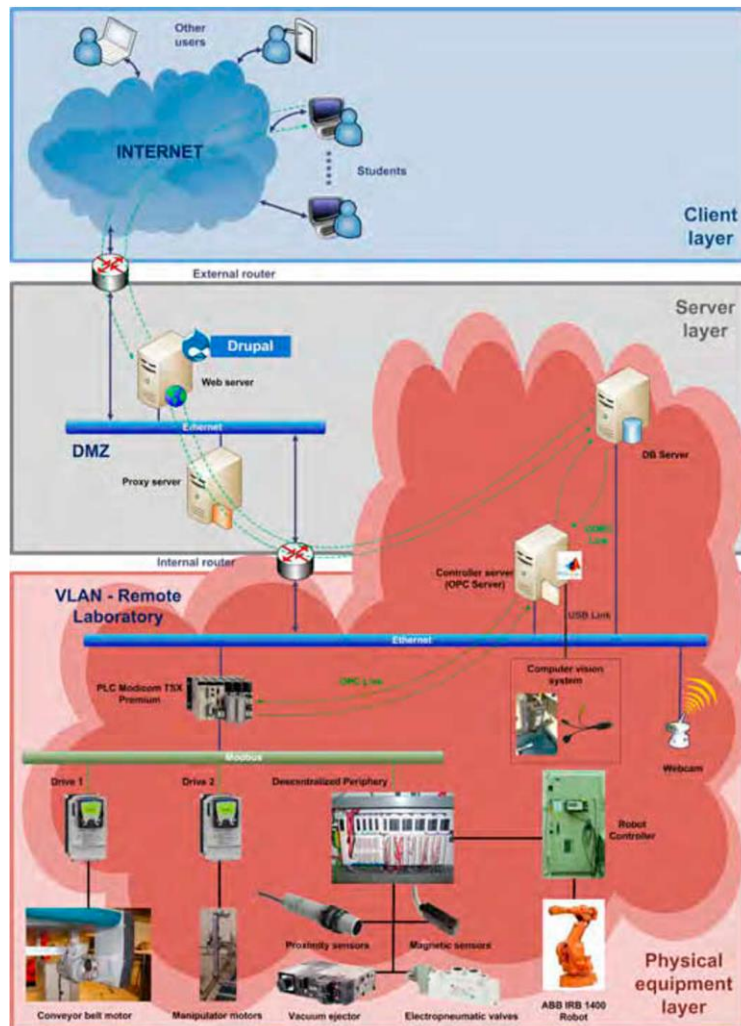


Figura 40. Arquitectura del laboratorio.
(Prada et al., 2013).

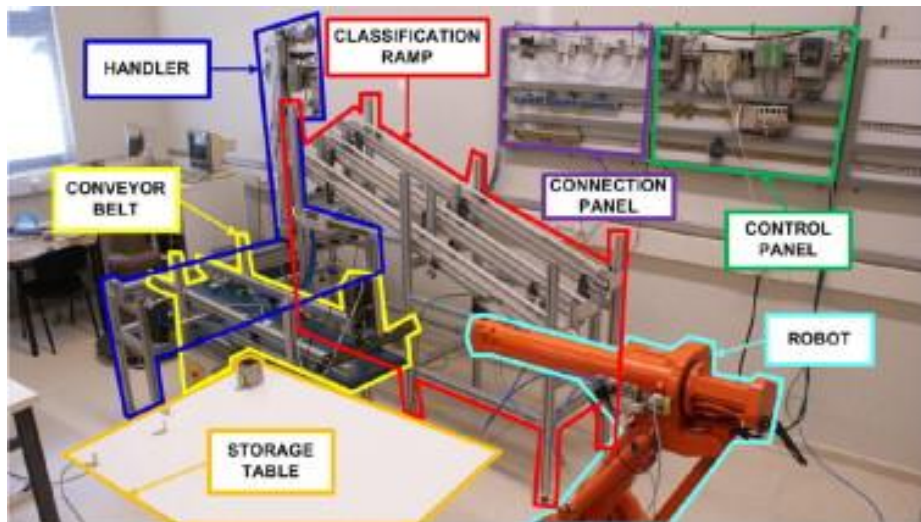


Figura 41. Sistema físico.
(Prada et al., 2015).

- La capa de servidor, a su vez, está formada por cuatro servidores. Dos de ellos (servidor web y servidor proxy) están conectados directamente a internet, mientras que los otros dos (servidor de datos y servidor controlador) están conectados a una red de área local.
 - El servidor de control es el encargado de la comunicación con el sistema físico mediante el OPC-DB.
 - El servidor de datos es el encargado de almacenar la información en la BBDD. El servidor web es el encargado de la interfaz de usuario del sistema y de responder y gestionar las solicitudes. Esta interfaz ha sido implementada en PHP y HTML por medio del CMS Drupal (Drupal.org, 2017)
 - . El propósito principal del CMS es construir la interfaz que se muestra en el cliente y hace que el usuario pueda controlar y visualizar el sistema. Además, es el encargado de gestionar la autenticación del usuario y de la ejecución de todas las operaciones intermedias entre el usuario y el sistema físico.
 - El servidor proxy es el encargado de gestionar la comunicación entre el servidor web, que tiene una IP pública y los recursos con direcciones IP privadas.
- La capa de cliente se ofrece a los usuarios finales a través de un navegador web. La capa de cliente ha sido implementada con estándares web como HTML5, AJAX y CSS3. Los clientes interactúan con el sistema utilizando un CMS. En esta capa, los usuarios se autentican, visualizan datos de experiencias previas, acceden a la documentación teórica/práctica y a las hojas de datos de instrumentación y llevan a cabo las prácticas en el

laboratorio. El sistema permite a los usuarios definir la trayectoria a seguir por el Robot y programar tareas de ejecución (carga y ejecución de programas RAPID, posicionamiento del punto de control TCP con traslación y rotación, cambio del sistema de referencia de la pinza, apertura/cierre de pinza neumática, etc.).

2.5.5.5. Green Electric Energy Park (GEEP)

En sus instalaciones de Bentley, Perth, Australia, la Universidad de Curtin alberga una instalación denominada GEEP (Green Electric Energy Park) para el aprendizaje e investigación de sistemas de conversión de energías renovables (Curtin-GEEP, 2017). En 2011, el IEEE (del inglés Institute of Electrical and Electronics Engineering) reconoció las instalaciones del GEEP como “una de las nuevas iniciativas en la educación de la ingeniería energética”. Entre otros, el laboratorio GEEP (Figura 42) cuenta con tres diferentes tipos de paneles solares fotovoltaicos instalados en seguidor de un eje, un aerogenerador de eje horizontal y otro de eje vertical sobre torres de 11 metros, microturbina hidráulica, estación meteorológica, distintos tipos de convertidores de potencia para la conexión a la micro-red, carga de baterías o bombeo de agua, un banco de carga resistivo trifásico programable y cuatro bancos de carga monofásicos o bancos de baterías.



Figura 42. Instalaciones del laboratorio GEEP.
(Mohammadi, Murray y Hsiung, 2017).

Previamente a la nueva arquitectura implementada descrita por Mohammadi, Murray y Hsiung (2017), existía sistema de acceso al laboratorio GEEP. El software se ejecutaba en el equipo remoto, especialmente el cliente (LabVIEW) creado para el GEEP. El usuario accedía a la red de área local o LAN (por sus siglas en inglés de Local Area Network) del laboratorio GEEP mediante el uso del cliente Cisco AnyConnect VPN (Virtual Private Network) para el cliente LabView. De esta forma, el usuario obtenía el

acceso al laboratorio (Figura 43) Sin embargo, este diseño de laboratorio remoto no respondió eficientemente a los requisitos de los campus internacionales, debido a restricciones de ancho de banda y administración de cuentas VPN. Asimismo, los estudiantes experimentaron retrasos e incluso desconexiones provocadas por el ancho de banda requerido para la transmisión de datos desde el cliente LabVIEW y de audio/video.

Mohammadi et al. (2017) describen los métodos, la evaluación y el análisis del modelo de laboratorio remoto diseñado e implementado para consolidar los datos, video y audio recibidos de GEEP. El propósito era el de obtener un acceso estable y reducir el ancho de banda requerido para el acceso al laboratorio remoto de los estudiantes internacionales de los campus del sureste asiático situados en Malasia y Sri Lanka.

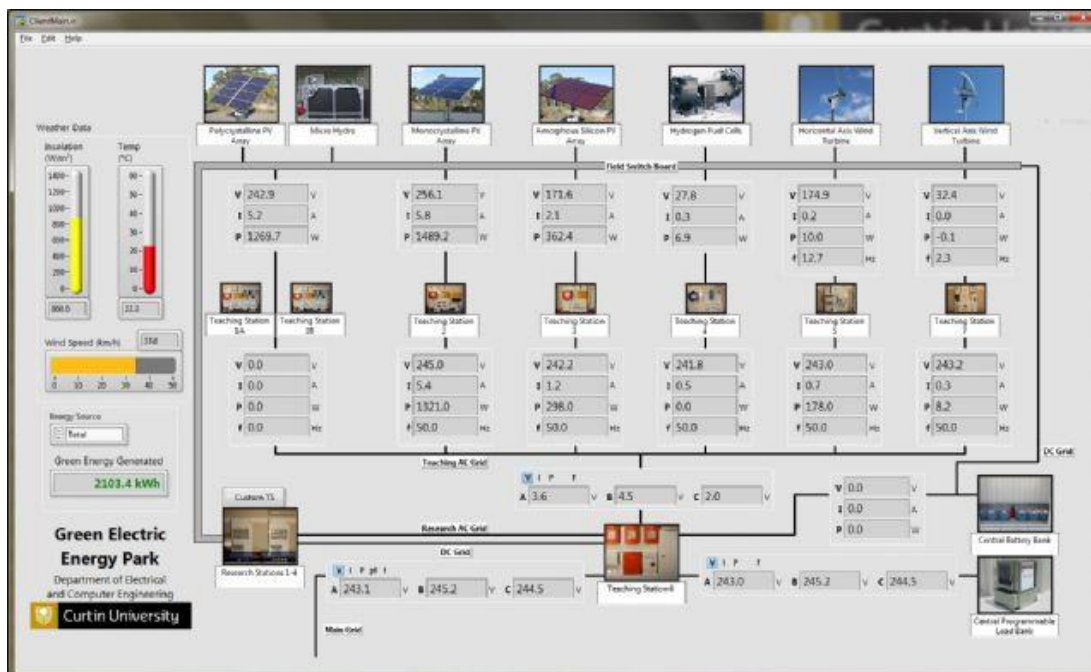


Figura 43. Pantalla de inicio del cliente LabVIEW de GEEP.
(Mohammadi, Murray y Hsiung, 2017).

La arquitectura implementada (Figura 44) para solucionar los inconvenientes comentados se basa en el acceso a una máquina virtual VMware (vmware.com, 2017), accesible a través de la plataforma NETLAB+ (NDG-NETLAB+, 2017) (Figura 45). NETLAB+ es un producto de NDG para proporcionar acceso remoto a máquinas virtuales. En concreto se emplean dos máquinas virtuales instaladas en el servidor local Vsphere, en las que se encuentra instalado el cliente LabVIEW y a través de las cuales se puede monitorizar y acceder a todas las características en red del laboratorio GEEP. De esta forma, el flujo de datos del cliente LabView se producen en la red local y no en Internet.

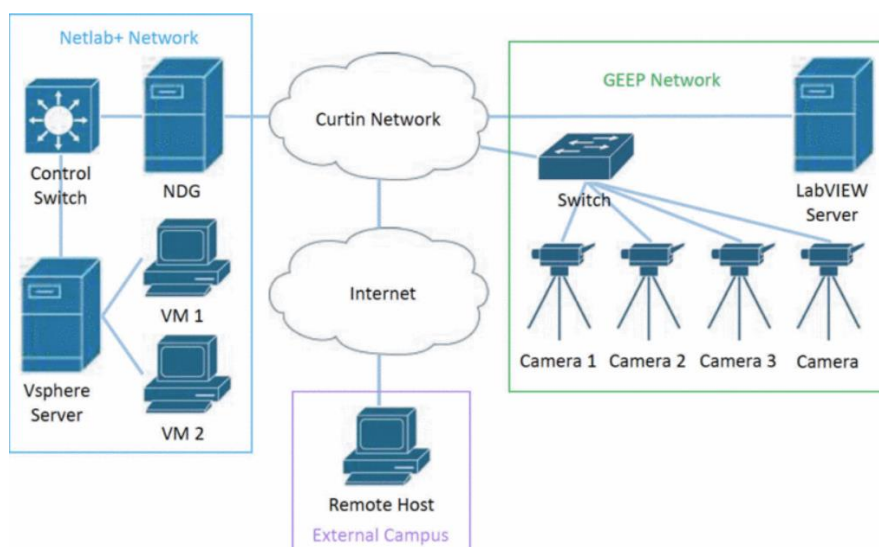


Figura 44. Implementación para el acceso remoto al laboratorio GEEP mediante NETLAB+. (Mohammadi, Murray y Hsiung, 2017).

2.5.6. Laboratorios remotos dedicados a la electrónica analógica

En este apartado se presentan distintos laboratorios remotos implementados por distintas instituciones para el desarrollo de prácticas de electrónica analógica.

Para este tipo de prácticas existe una elevada variedad de laboratorios remotos implementados con distintos diseños y fines educativos. Por ejemplo, el laboratorio AIM-Lab (Automatic Internet Measurement Laboratory) en el RPI (Rensselaer Polytechnic Institute, Instituto Politécnico Rensselaer) de Troy, Nueva York, emplea una abstracción de los circuitos (circuitos esquemáticos) para la caracterización de semiconductores (Fieldly et al., 2000).

En el MIT en el 2002 se inició el proyecto iLab con los objetivos de, entre otros, facilitar el desarrollo y gestión de los laboratorios remotos, proporcionando un conjunto común de servicios y herramientas de desarrollo, y promocionar la cooperación entre distintas instituciones de todo el mundo compartiendo iLabs (laboratorios remotos) (iLab, 2017). El equipo de iLab del MIT ha desarrollado laboratorios remotos para su aplicación en distintas áreas (microelectrónica, ingeniería química, procesamiento de señales, etc.). Por ejemplo, un laboratorio para la caracterización de componentes, curvas tensión-corriente para diodos, transistores BJT npn/pnp o transistores FET nmos/pmos; o un laboratorio para el análisis de la respuesta en frecuencia de distintos filtros, amplificadores y circuitos de control, el DSA (Dynamic Signal Analyzer).

Mediante el empleo de la plataforma NI-ELVIS (National Instrument Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite) distintas instituciones han implementado distintos tipos de laboratorios remotos para proporcionar prácticas de electrónica

analógica de forma remota. Por ejemplo, Macías y Méndez (2007) describen el laboratorio remoto eLab, basado en dicha plataforma, el cual proporciona distintos montajes prediseñados sobre los que los estudiantes pueden variar las entradas y llevar a cabo mediciones en distintos nudos de los circuitos. Asimismo, el laboratorio remoto RemotElectLab, desarrollado en el Instituto Superior de Ingeniería de Oporto del Politécnico de Oporto, emplea NI-ELVIS (Sousa, Alves y Gericota., 2010). En iLab existen asimismo ejemplos, como el OpLab (laboratorio remoto para amplificadores operacionales) en la Universidad Obafemi Awolowo de Nigeria, o el ELVIS-Lab del MIT.

Otro tipo de laboratorios, como el laboratorio rwmLAB. remote wiring and measurement laboratory (Asumadu et al., 2005; Tanner et al., 2001), desarrollado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica e Informática de la Universidad de Michigan, está basado en un matriz comercial (8x8), controlada mediante un CPLD (complex programmable logic device), e instrumentos digitales (osciloscopio, generador de funciones, polímetro y fuente de alimentación). Se trata de un laboratorio para prácticas de electrónica analógica mediante un banco de trabajo que emplea una protoboard simulada e interfaces virtuales y webcams para los equipos e instrumentos. Cada instrumento tiene un interfaz GPIB, está equipado con una cámara web y tiene su propia IP. Bagnasco Parodi y Scapolla (2007) describen el laboratorio remoto ISILab, formado por una placa madre (ISIBoard) con 16 ranuras para conectar tarjetas en las que se implementan los circuitos de ensayo. Cada una de estas tarjetas de circuitos que se conectan a la ISIBoard tiene un número limitado de líneas de control para las posibles modificaciones o nudos de medida del circuito.

A continuación, se describen la arquitectura, hardware y software de tres propuestas con tres enfoques distintos de laboratorios remotos para hacer frente a prácticas de electrónica analógica.

2.5.6.1. Laboratorio remoto de electrónica inmersivo elab-3D

El laboratorio remoto eLab3D ha sido desarrollado por el Departamento de Ingeniería Telemática y Electrónica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación y está integrado en el Servicio de Laboratorios Virtuales de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) (3dlabs.upm.es, 2017) que gestiona el Gabinete de Teleeducación (GATE).

El entorno virtual 3DLabs (3dlabs.upm.es, 2017) no sólo se centra en los laboratorios y en las prácticas o experimentos disponibles, sino que es mundo virtual, una gamificación de la institución educativa como se puede ver en las distintas capturas de la Figura 45. El usuario debe crear un avatar para acceder al sistema, tiene la posibilidad de personalizar sus características físicas o ropa y puede desplazarse por el mundo virtual

creado por el equipo de 3DLabs de la UPM. El entorno virtual de 3DLabs se ha desarrollado en la plataforma OpenSim y distintos softwares de diseño 3D, como 3DStudio Max. Además, y para enriquecer los laboratorios e integrarlos con otros entornos, el equipo maneja una gran variedad de tecnologías como Labview, HTML, CSS, PHP, AJAX, Javascript, C#, etc.

Uno de los laboratorios remotos desarrollados en el entorno virtual de 3DLabs es el eLab3D para realizar prácticas educativas de electrónica analógica y electricidad de forma remota, en un entorno virtual e inmersivo (upm.es, 2014) (Figura 46). El estudiante maneja los distintos equipos presentes en un típico laboratorio de electrónica analógica (fuente de alimentación, generador de funciones, multímetro y osciloscopio), configura diferentes circuitos electrónicos y realiza medidas sobre los mismos (López, Carpeño y Arriaga, 2015; López, Carpeño y Arriaga, 2014; Carpeño, López y Arriaga, 2014a; Carpeño et al., 2014b). En la Figura 46 se muestran distintas capturas del banco de trabajo virtual del laboratorio remoto eLab3D, mientras que en la Figura 47 se muestra el banco de trabajo real y virtual.

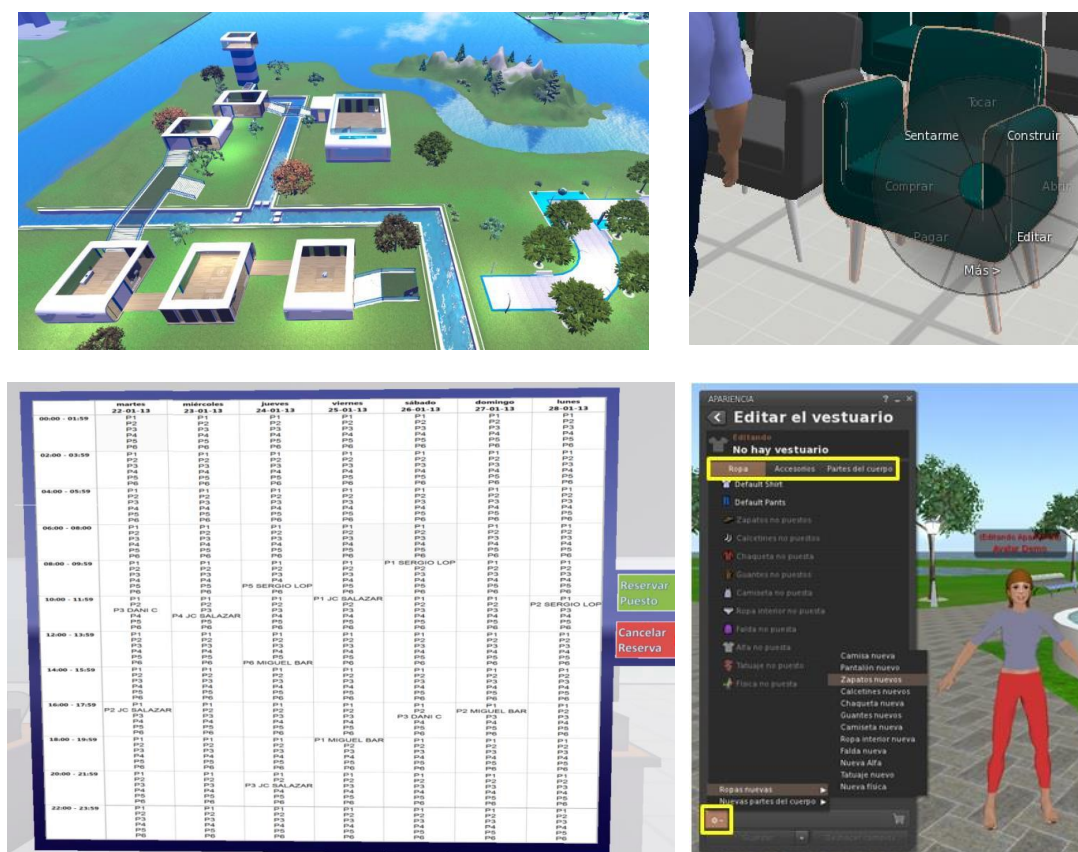


Figura 45. Entorno virtual de 3DLabs.
(3dlabs.upm.es, 2017).



Figura 46. Interfaz de eLab3D.
(Carpeño, López y Arriaga, 2014a).

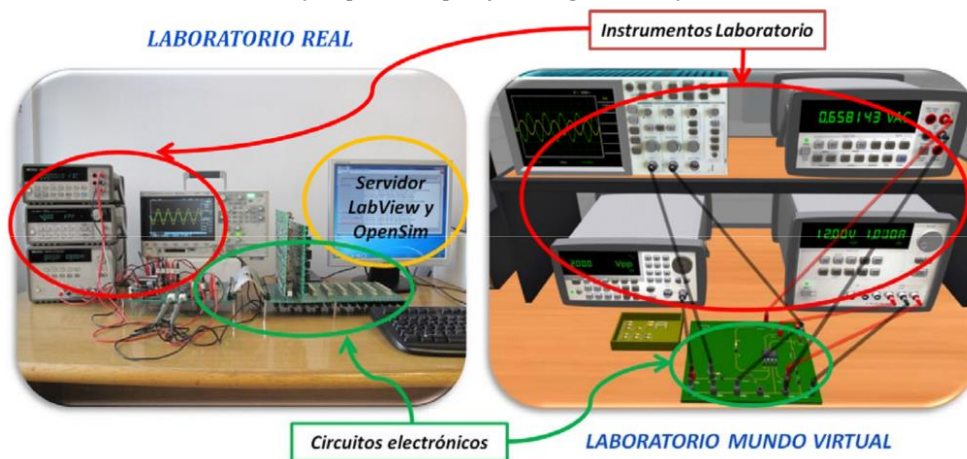


Figura 47. Equivalencia del puesto de trabajo virtual y real.
(Carpeño et al., 2014b).

La aplicación que permite al usuario el acceso al laboratorio y utilizar su avatar dentro del entorno 3D, es una aplicación conocida como 3D Viewer. Esta aplicación, desarrollada por terceros y de las cuales hay varias versiones de libre distribución disponibles en Internet, debe estar instalada en el ordenador del usuario.

En la Figura 48 se muestra la arquitectura de la plataforma eLab3D. Está formada por un conjunto de elementos hardware y aplicaciones software (Carpeño, López y Arriaga, 2014a; Carpeño et al., 2014b; López, Carpeño y Arriaga, 2014):

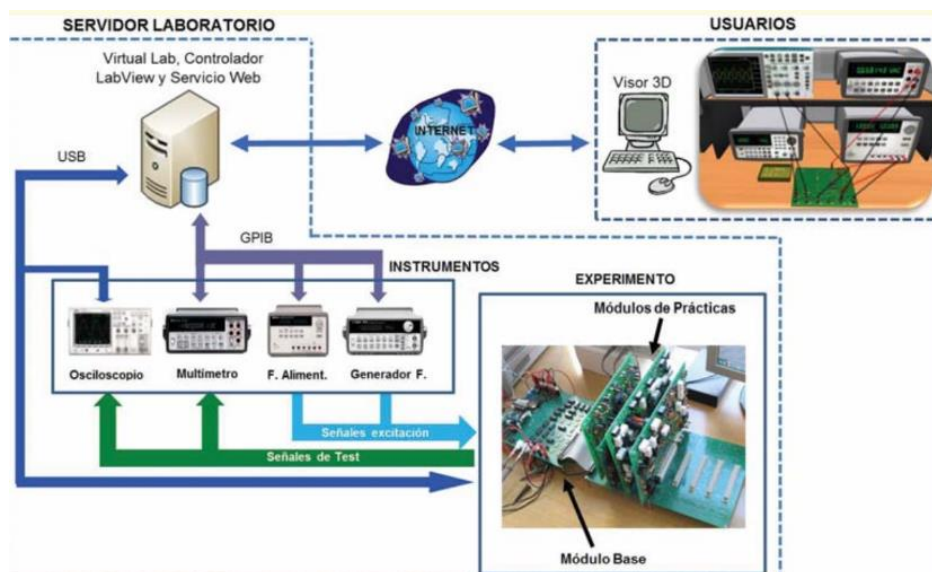


Figura 48. Arquitectura de eLab3D.
(Carpeño, López y Arriaga, 2014a).

- Los elementos hardware están constituidos por los bloques denominados “Instrumentos” y “Experimento”.
 - El bloque Instrumentos incluye los aparatos típicos que se utilizan en un laboratorio de electrónica: una fuente de alimentación, un generador de señales, un osciloscopio y un multímetro. Todos ellos se controlan, mediante interfaces GPIB y USB, por el servidor del laboratorio.
 - El bloque Experimento (eLab3D-HWKit) está constituido por un sistema modular (placa base) que incluye un módulo base, que se comunica mediante USB al servidor y que dispone de una serie de “slots” a los que se conectan los diferentes módulos de experimentos (tarjeta de experimento, experiment board) y dos matrices de conmutación para encaminar las señales de excitación y de medida hacia los módulos de prueba. Cada tarjeta de experimento se ha diseñado para permitir la creación de un gran número de topologías de circuitos alrededor de un cierto tipo de componente e incluyen como elemento clave una matriz de conmutación que realiza la configuración del circuito deseado por el usuario, así como la selección de los diferentes puntos de excitación y test. Actualmente se dispone de módulos de prácticas para poder realizar experimentos con circuitos basados en componentes pasivos, diodos, transistores y amplificadores operacionales (Carpeño, López, y Arriaga, 2014a).

- Con relación al software, el sistema dispone de dos servidores denominados eLab3D-VirtualLab, encargado del mundo virtual, y eLab3D-LabServer, para controlar los elementos hardware:
 - Virtual Lab: entorno virtual 3D “Virtual Lab” basado en Opensim. Controla todas las acciones que realizan los avatares ejecutando el código asociado a cada objeto (script) sobre el que actúa cada estudiante. Los scripts están desarrollados mediante el lenguaje LSL (Linden Scripting Language).
 - eLab3D-LabServer: servicio web encargado de la gestión, mediante el protocolo HTTP, y la comunicación entre el Virtual Lab y la aplicación Controlador LabView. Se encarga de recibir las peticiones HTTP del servidor Opensim y de enviar mediante respuestas HTTP la información facilitada por la aplicación LabVIEW. Las acciones realizadas por cada usuario son atendidas siguiendo una secuencia tipo FIFO (first input first output). Para que no se produzcan retardos excesivos en la atención a cada usuario, en la implementación actual de la plataforma se ha limitado a 12 el número de usuarios que pueden trabajar en paralelo.
 - Controlador LabView: aplicación desarrollada con el entorno de programación LabVIEW encargada de controlar las acciones que realiza cada estudiante, y de gobernar, en función de dichas acciones, los elementos del hardware: “Instrumentos” y “Experimento”.

2.5.6.2. Laboratorio remoto para electricidad básica NetLab

El Proyecto Netlab (NetLab, 2017) ha sido desarrollado por La Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Información de la división de Tecnologías de la Información, Ingeniería y Medioambiente de la Universidad del Sur de Australia (UniSA). El desarrollo del laboratorio remoto NetLab se inició en el año 2001. Se utiliza en una serie de cursos tanto por estudiantes en el campus y fuera del campus como por profesores como apoyo docente en las clases presenciales. El laboratorio está diseñado para el análisis de circuitos eléctricos con componentes pasivos y dispone de los típicos equipos e instrumentos de los laboratorios de ingeniería eléctrica básica (Nedic, 2012).

Netlab permite un entorno colaborativo entre los usuarios conectados en cada turno del sistema. Por ello, los administradores del laboratorio tienen restringido a tres el número de usuarios conectados al laboratorio. Existe un chat para comunicarse entre los

distintos usuarios y los cambios realizados por uno de ellos se muestran en los equipos del resto de usuarios conectados y en el panel de notificaciones.

La arquitectura de Netlab se muestra en la Figura 49 (NetLab, 2017), está basada en una arquitectura cliente servidor. El servidor del laboratorio remoto en el centro, rodeado de la representación del hardware real utilizado durante la experimentación, en donde también se incluye una cámara web y los potenciales usuarios situados en cualquier lugar desde el que dispongan de un acceso a Internet. En la Figura se pueden apreciar los interfaces de control utilizados en el laboratorio, así como parte del sistema de control de los experimentos empleados.

NetLab es una aplicación basada en Java, NetLab utiliza la tecnología Java Web Start (Java-WebStart, 2017). Además de permitir que una aplicación se lance al hacer clic en un enlace en una página web, también realiza la descarga automática e instalación de la aplicación. En el futuro, si una nueva versión de la aplicación está disponible, se descargará automáticamente y su instalación actual se actualizará a la nueva versión.

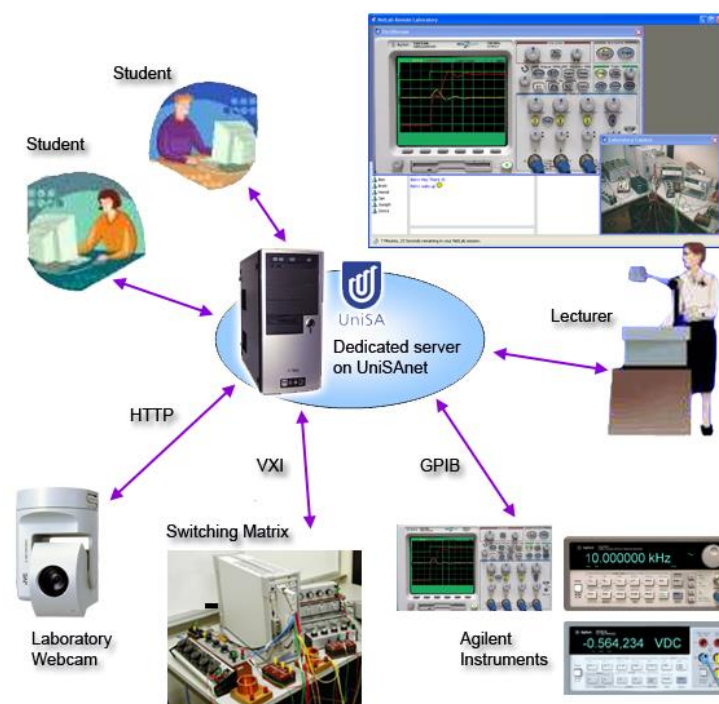


Figura 49. Arquitectura de NetLab.
(NetLab, 2017).

NetLab tiene su propio servidor dedicado (Considine Nafalski y Nedic, 2017; Machotka y Nedic, 2009; Machotka y Nedic, 2003), conectado por un lado a Internet, permitiendo a los usuarios acceder al laboratorio remoto y, por otro lado, comunicándose con los instrumentos de laboratorio a través de la interfaz estándar IEEE 488.2, también

conocida como GPIB. Tanto el software/servidor del cliente como el servidor de NetLab están escritos en Java la Figura 50.

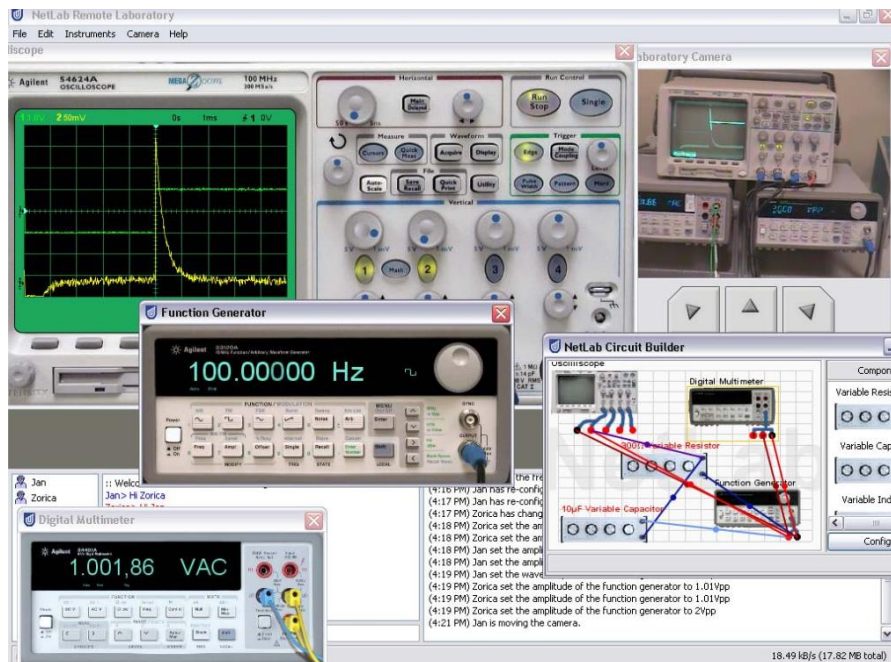


Figura 50. La Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) en NetLab.
(Machotka y Nedic, 2009).

El servidor de NetLab utiliza una implementación API-VISA (API, del inglés *Application Programming Interface*; VISA, del inglés *Virtual Instrument Software Architecture*) para dirigir los comandos al instrumento programable apropiado. La API VISA permite que el software se comunique con una variedad de dispositivos de hardware utilizando conexiones desde la misma interfaz de software. El puerto GPIB se utiliza para recuperar los datos relevantes de los instrumentos y transmitirlos a los usuarios conectados. Asimismo, los datos adquiridos con el osciloscopio pueden ser exportados a un archivo.

El control de los experimentos se lleva a cabo por una aplicación desarrollada en C, la cual utiliza drivers VXIplug&play que reciben las entradas y salidas de los instrumentos a través de librerías VISA (Hernández-Jayo, 2012; Machotka y Nedic, 2003). Todos estos instrumentos también están conectados a una matriz de conmutación de 16x16 que proporciona al usuario una opción para cablear y configurar los circuitos eléctricos a partir de los componentes e instrumentos disponibles. El software especial, el “Circuit Builder”, se ha desarrollado para este propósito (Figura 51).

Los usuarios pueden elegir entre una lista de componentes disponibles, arrastrar y soltar para organizarlos y luego conectarlos con el ratón. Con un clic de un botón, el circuito se configura en el laboratorio exactamente como lo especifica el usuario. Usando los componentes disponibles son libres de hacer cualquier circuito que les guste. Esto es

posible debido a nuestro uso de la matriz de conmutación, que puede conectar los terminales de cualquier conjunto de componentes en cualquier configuración.

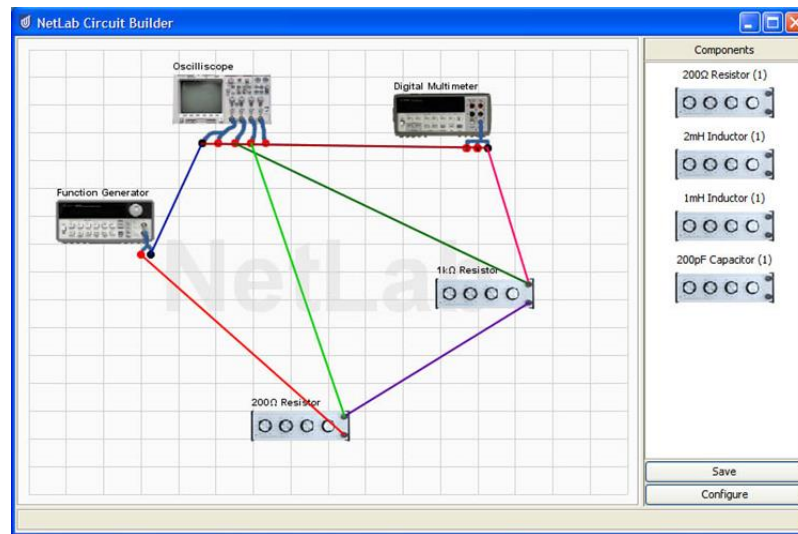


Figura 51. "Circuit Builder" de NetLab.
(NetLab, 2017).

El hardware de NetLab se muestra en la Figura 52. Está formada por los siguientes elementos (Nedic, 2012):

- Generador de funciones Agilent 3312 OA.
- Osciloscopio digital de 4 canales Agilent 54624A.
- Polímetro digital Agilent 344 o1A.
- Transformador lineal 120:50.
- Webcam
- Matriz de conmutación Agilent E1465A de 16x16, la cual hace posible la interconexión de los componentes y de éstos con los instrumentos.
- Agilent E8408A: es un mainframe VXI con capacidad de 4 slots. En uno de estos slots se encuentra conectada la matriz E1465A.
- Agilent E1406A4: módulo de comandos VXI GPIB. El módulo de comunicaciones permite a este conjunto de instrumentos que forman el sistema de la matriz de conmutación, comunicarse externamente con el servidor de NetLab, a través del bus de comunicaciones GPIB.
- PC, servidor NetLab.

2.5.6.3. Laboratorio remoto para electrónica LaboREM

Luthon y Larroque (2015, 2014) y (Luthon et al., 2009) presentan un prototipo de laboratorio remoto desarrollado para su aplicación en el campo de la electrónica analógica evolucionado de distintas arquitecturas. El laboratorio ha sido desarrollado por el Departamento de Ingeniería Industrial y Mantenimiento (GIM, del francés Département Génie Industriel et Maintenance) y el Departamento de Informática

(Département Informatique) del Instituto Universitario de Tecnología (IUT, del francés Institut Universitaire de Technologie) Universidad de Bayona y del País Vasco (Bayonne et du Pays Basque). En la Figura 53 se muestra el hardware del laboratorio remoto.

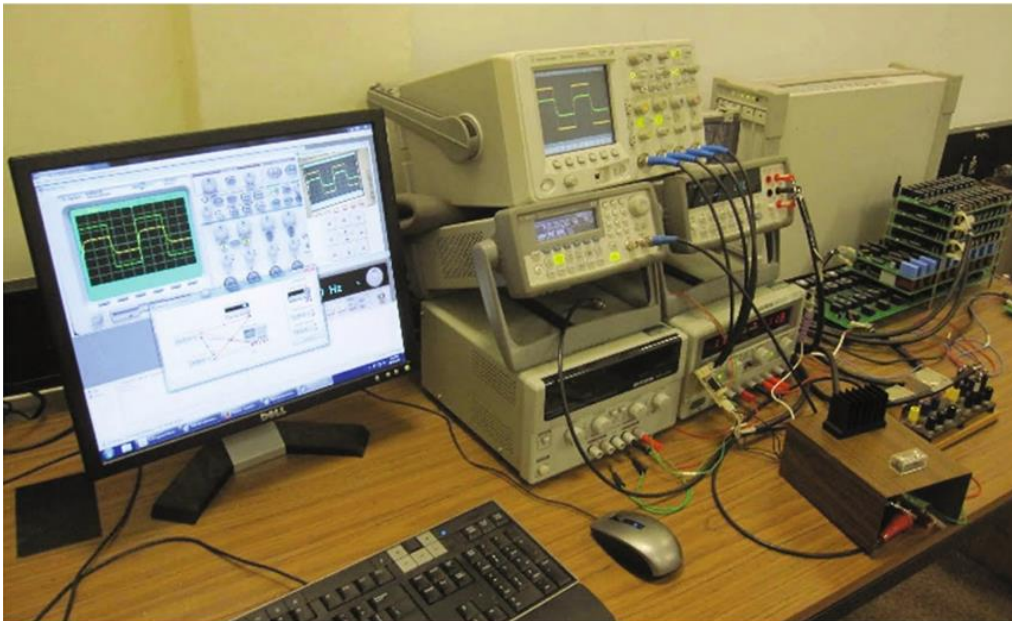


Figura 52. Hardware en NetLab.
(Considine, Nafalski y Nedic, 2017).

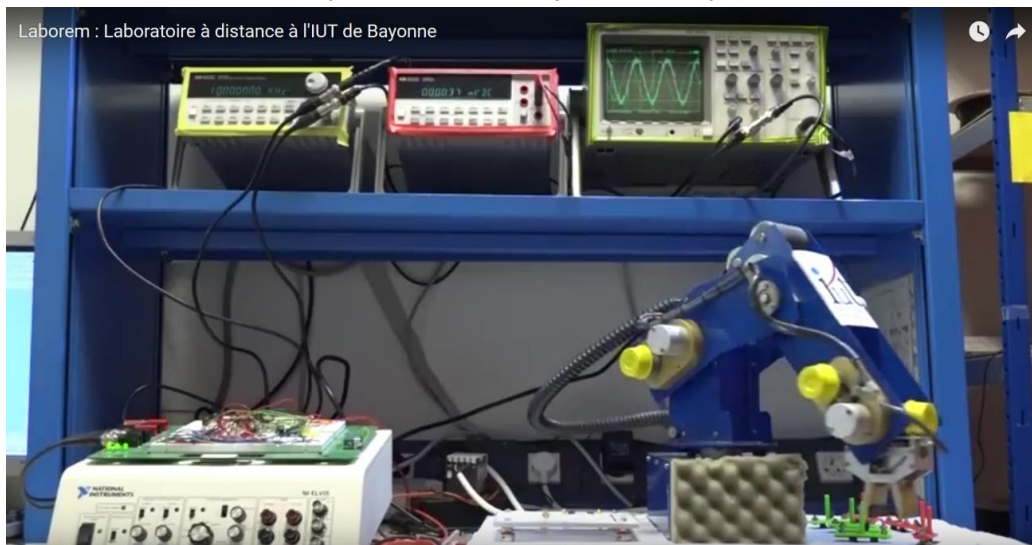


Figura 53. LaboREM.
(lutbayonne.univ-pau.fr, 2015).

El objetivo del laboratorio es cubrir las prácticas de amplificadores operacionales (OAs), filtros activos y osciladores, mientras que los objetivos de aprendizaje son implementar funciones electrónicas básicas con OAs, y utilizar dispositivos de medición para la caracterización de circuitos. El enfoque desde el inicio del proyecto es tanto el aprendizaje basado en el juego (gamificación) como el aprendizaje adaptativo a fin de mejorar la motivación y la autonomía de los estudiantes.

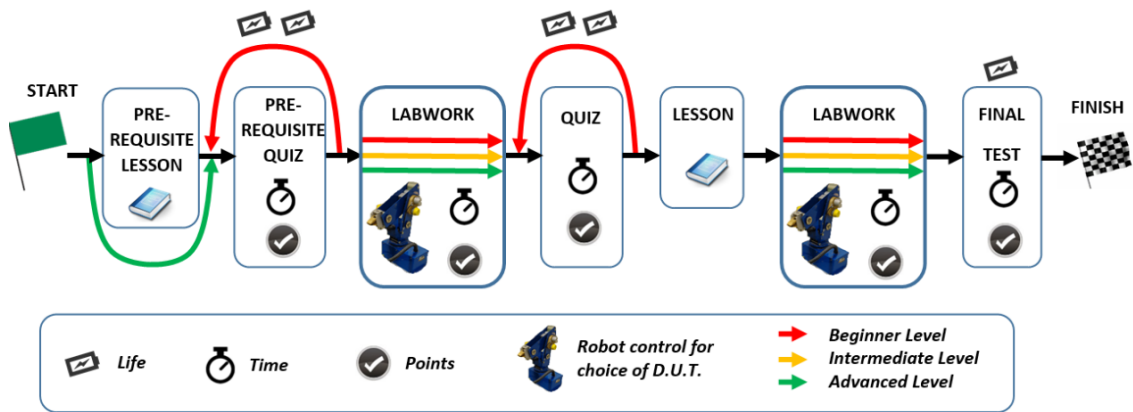


Figura 54. Aprendizaje implementado como una “búsqueda del tesoro”, con actividades en el LMS (lecciones, documentación, cuestionarios de autoevaluación y prueba final) y trabajo en el laboratorio remoto.
(Luthon y Larroque, 2014).

La plataforma de laboratorio se basa en el diseño y control de VIs para la gestión de la experimentación remota a través de internet, junto con el uso de un sistema de gestión del aprendizaje (LMS) para la gestión de los estudiantes y para la supervisión del trabajo colaborativo. Los autores pretenden dos aspectos en el modelo de laboratorio remoto propuesto:

- La sensación de inmersión en el laboratorio a través del control de una cámara de video y un brazo robótico para la colocación de los componentes, además de las visualizaciones virtuales para los resultados obtenidos (por ejemplo, diagramas de Bode). De esta forma pretenden imitar tanto el ojo como la mano del usuario. La estructura implementada se muestra en la Figura 55.
- La gamificación del aprendizaje mediante herramientas, junto con un intento de imitar el comportamiento de los estudiantes cuando trabajan juntos y con un itinerario de aprendizaje adaptado a cada alumno (nivel de dificultad dependiendo del conocimiento y motivación evaluados). Todos estos complementos se implementan a través del LMS, así como de las herramientas colaborativas.

En cuanto a la arquitectura del laboratorio se basa en el uso de dos servidores (Figura 56). Está diseñado para que el LMS, (es decir, el middleware incluyendo bases de datos para la gestión de usuarios, la autenticación mediante el servicio de autenticación central, la administración, las herramientas de aprendizaje, el empaquetado de contenido, la evaluación y las herramientas de comunicación para el trabajo colaborativo) se comunique con el laboratorio remoto (es decir, el hardware incluyendo los instrumentos con controladores de software y VIs). Al laboratorio se accede a través del uso del LMS. El servicio de disponibilidad (cola de usuarios) del laboratorio está a cargo del servidor

de laboratorio (labserver). El servicio de control del laboratorio (instrumentos, robot), es, asimismo, manejado por el servidor de laboratorio.

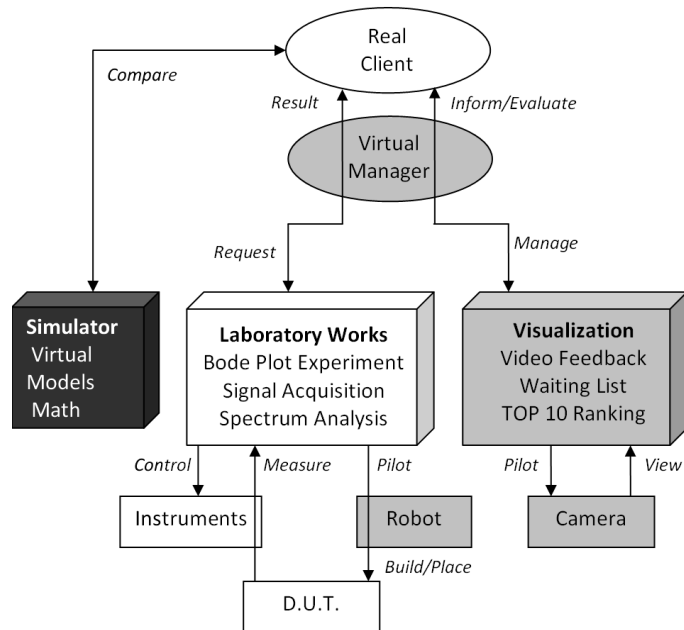


Figura 55. Diagrama de bloques de LaboREM. Los bloques en blanco representan las funciones en un laboratorio presencial; los bloques en gris aquellas implementadas en el laboratorio remoto.

(Luthon y Larroque, 2015).

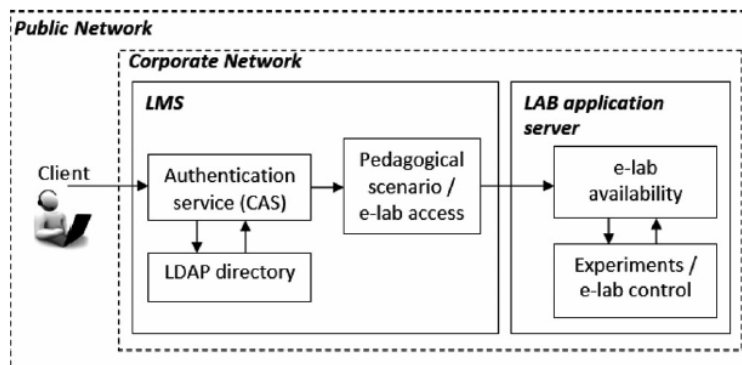


Figura 56. Arquitectura de red y software.

(Luthon y Larroque, 2015).

Para el protocolo de comunicación con el cliente, los autores han valorado e implementado tres técnicas (Luthon y Larroque, 2015). Los pros y contras encontrados por los autores se recogen en la Tabla 11:

1. Scripts CGI (del inglés Common Gateway Interface) por lotes para transmitir la información mediante instrucciones 'PUT', 'GET' y 'POST' tiene el inconveniente de una comunicación asíncrona, por lo que no permite una interacción en tiempo real.
2. Mediante el Panel Frontal Remoto (RFP, del inglés Remote Front Panel) disponible con LabVIEW y servidor web de LabVIEW. A partir de un VI

existente que incluye controladores para comunicarse localmente con instrumentos y la herramienta de publicación web, permiten crear un archivo HTML para que un VI sea visible y controlable desde Internet. Requiere que el cliente instale el shareware LabVIEW RunTime Engine (LVRTE). Mediante esta solución, el VI se ejecuta en el servidor. Los clientes que están conectados al RFP y que se encuentran en espera para obtener el control, pueden observar lo que está haciendo el usuario que está en posesión del control en ese momento.

- Mediante servicios web. La tercera opción planteada por los autores es la de una arquitectura orientada a los servicios (SOA, Service-Oriented Architecture) De esta forma no existen incompatibilidades con los navegadores, no existen restricciones con los antivirus o cortafuegos y la interfaz del cliente puede ser liviana (poco pesada). El flujo de datos en tiempo real se realiza en formato XML, TEXTO o JSON. Esta solución puede ser fácilmente implementada con LabVIEW, empleando una interfaz remota a LabVIEW que evita el uso del protocolo empleado en RFP.

Tabla 11. Comparativa entre las soluciones servicios web y RFP.
(Luthon y Larroque, 2015).

Software side	Criteria	Remote Front Panel		Web Service // HTML5	
		Pros	Cons	Pros	Cons
Lab Server	Programming	Graphical language, easy	Proprietary language	Standard language (XML stream)	Quite heavy
	Web Access	http Webserver	Proprietary protocol	http Webserver	-
	Operating safety	Good	-	Very good	-
Client	Interface	Rich, measurement tools (cursors)	-	Web based interface	Additional coding
	Requirements	Free software download	Plugin and runtime needed	None	-
	Compatibility (mobile, tablet, computer...)	HTML page	Browser restrictions	Very good	-

Los autores concluyen que la tercera opción, es la opción técnica más beneficiosa debido al empleo de HTML5, junto con otros lenguajes, para la flexibilidad requerida por las plataformas móviles. Además, dado que la segunda opción no requiere codificación adicional y proporciona una interfaz más atractiva, también lo han incorporado (Figura 57).

El servidor de aplicaciones es el encargado de controlar el hardware del laboratorio remoto. Los instrumentos (generador de funciones, polímetro y osciloscopio) están conectados a través de GPIB (Figura 58). además de otros equipos conectados a través de USB, RS232, PCI o inalámbrico (tarjeta DAQ, protoboard, matriz de conmutación con relés, botón encendido/apagado, brazo robótico, cámara e iluminación automática). Los

autores definen DUT (Device Under Test, dispositivo a ensayo) como los circuitos con los que los estudiantes pueden experimentar.



Figura 57. Interfaz de cliente que muestra un panel frontal remoto: (Izquierda) etapas de aprendizaje del escenario pedagógico; (Centro) resultados experimentales (Bode parcelas de un filtro de paso alto; (Derecha) imagen en directo del laboratorio y los instrumentos, lista de Top 10 y la lista de espera de los usuarios. (Luthon y Larroque, 2014).

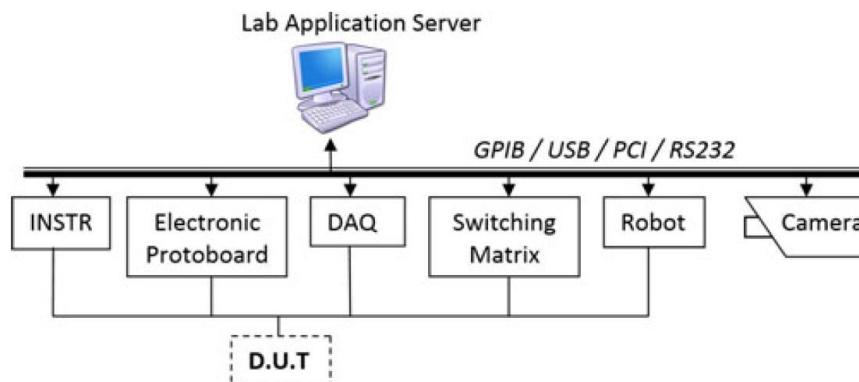


Figura 58. Arquitectura hardware. (Luthon y Larroque, 2015).

La principal diferencia del laboratorio remoto LaboREM respecto a otros laboratorios remotos de electrónica analógica consiste en la posibilidad de emplear un brazo robótico para emular la construcción de los circuitos. Los estudiantes pueden elegir entre emplear los DUTs precableados o llevar a cabo el montaje mediante el brazo robótico (Figura 59) Los DUTs están formados por amplificadores operacionales, resistencias y

condensadores (no emplean bobinas) para la experimentación con filtros pasivos y activos paso alto, paso bajo, paso, rechazo y un filtro extra desconocido (Luthon y Larroque, 2014). Los autores emplean imanes (Figura 59c) para lograr un buen contacto en la conexión sin necesidad de una gran precisión espacial. La elección del DUT se realiza en la interfaz del cliente seleccionando el tipo de filtro y los valores de los componentes (los componentes se pueden elegir entre distintos valores de resistencias y condensadores).

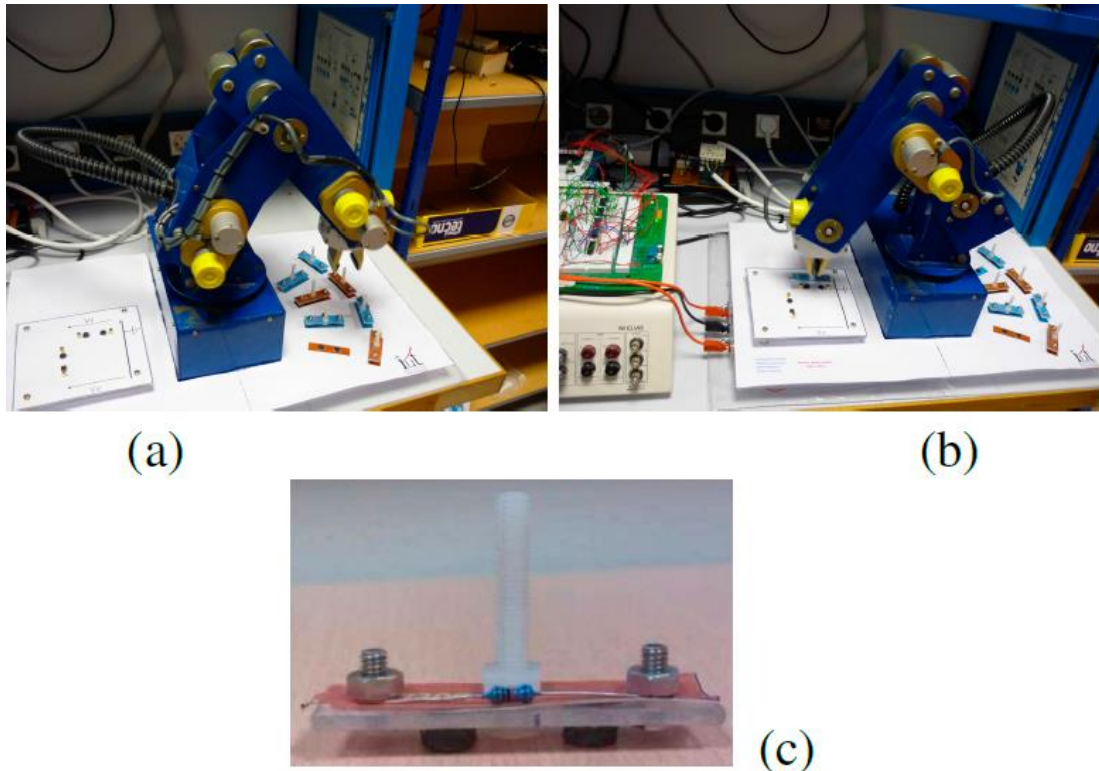


Figura 59. Brazo robótico recogiendo un componente (a), colocándolo (b) y componente equipado con imanes. (Luthon y Larroque, 2014).

2.5.7. Laboratorio remoto VISIR

VISIR es un laboratorio remoto para la construcción de circuitos eléctricos y electrónicos y la realización de mediciones a través de un banco de trabajo simulado (Tawfik, 2013). El proyecto VISIR fue fundado en 2006 por el Departamento de Procesamiento de Señal (ASB) del BTH junto con las compañías National Instruments y AXIOM EduTech y financiado por el BTH y la agencia sueca gubernamental de sistemas de innovación VINNOVA, si bien la idea surgió en 1999 cuando desde el BTH-ABS se inicia un proyecto de laboratorio para comprobar que es factible diseñar un laboratorio electrónico remoto que incluya equipo estándar para (Gustavsson et als., 2007). VISIR permite la conexión remota de circuitos electrónicos mediante una matriz tridimensional,

nudos a los que se pueden conectar componentes a través del cierre de relés situados en serie a los componentes. Los relés abren y cierran de forma que permiten al usuario conectar los componentes a la matriz tridimensional de nudos, Figura 60. De esta forma, se genera el circuito diseñado.

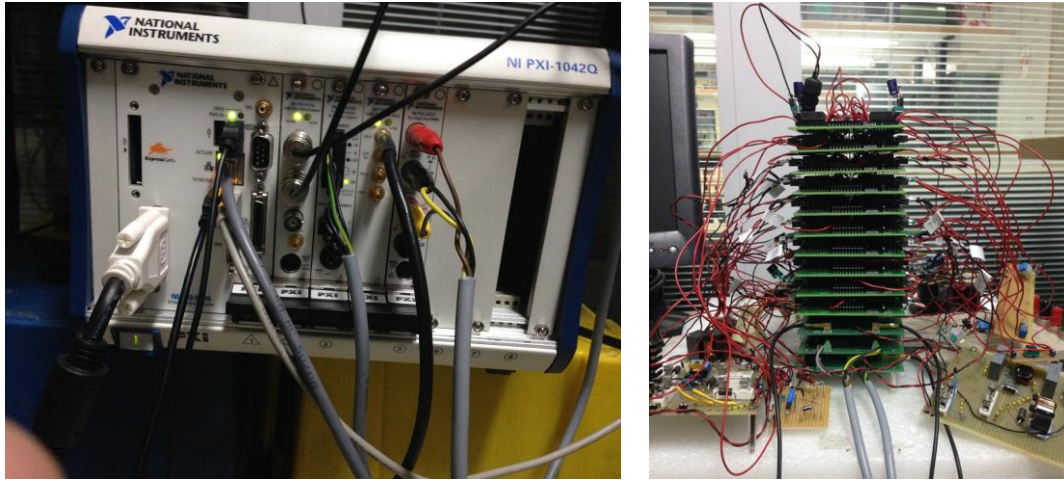


Figura 60. VISIR en el DIEEC-UNED. Capa de hardware en VISIR: chasis con las tarjetas del pc y de los equipos e instrumentos (izqda.); matriz de componentes (dcha.).

Los usuarios acceden al laboratorio remotamente a través de Internet y seleccionan un determinado ejercicio, previamente diseñado por el profesor, recibiendo los distintos componentes que requiere para completar el montaje. Una vez el estudiante completa el montaje (Figura 61 a la derecha) y ajusta los distintos equipos dentro de los valores establecidos en el ejercicio, todo está preparado para enviar el ejercicio al servidor de medida (Figura 61 a la izquierda) y obtener los resultados en los equipos de medida. Una vez enviado el montaje y la configuración de los equipos por parte del estudiante, y previa a la conexión física del circuito, el servidor de medida se encarga de comprobar que la petición proviene de un usuario autenticado y que el montaje diseñado por el estudiante y la configuración de los equipos seleccionada son permitidos.

A fecha de agosto de 2017, El laboratorio remoto VISIR está presente en 8 países y 13 instituciones educacionales universitarias: en Portugal dentro del Instituto Politécnico do Porto – Instituto Superior de Engenharia do Porto (IPP-ISEP); en España en la Universidad Nacional de Educación a Distancia – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y en la Universidad de la Iglesia de Deusto (UDEUSTO); En Austria en la Carinthia University of Applied Sciences (CUAS) y en el FH Campus Wien for Applied Sciences; En Suecia en la Blekinge Tekniska Högskola (BTH); En Georgia en la Shota Rustaveli State University; En India en el Madras Institute of Technology (MIT-India); En Brasil dentro del Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), la Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) y la Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC); y

en Argentina Universidad Nacional de Santiago del Estero [UNSE], Universidad Nacional de Rosario (UNR).

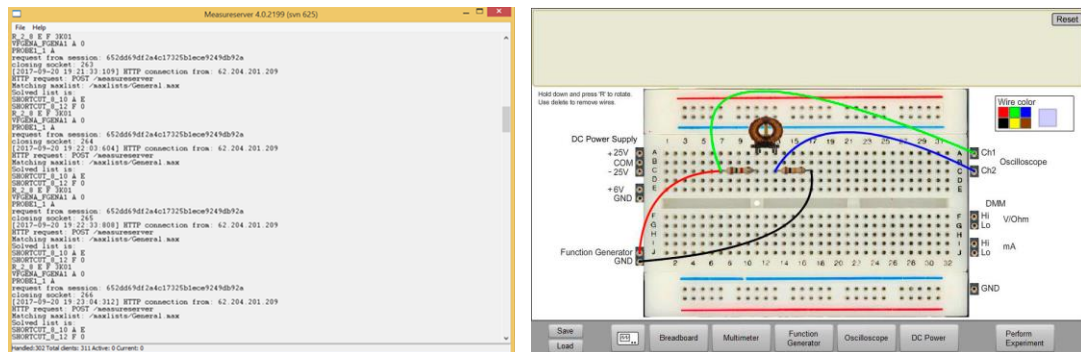


Figura 61. Measure server (izqda.) y banco de trabajo simulado, captura de pantalla de la protoboard (dcha.).

La Asociación Internacional de Ingeniería Online (IAOE, International Association of Online Engineering) creó un grupo especial de interés (SIG, Special Interest Group) (IAOE-GOLC, 2016) con el fin de fomentar la colaboración, como vía para compartir recursos prácticos y la experiencia en los distintos entornos de integración dentro de la comunidad VISIR, así como para apoyar la difusión del proyecto.

El laboratorio remoto VISIR, ha formado parte del proyecto Go-Lab (Global Online Science Labs for Inquiry Learning at School) (Go-lab-project.eu, 2016), financiado por la Unión Europea, FP7-ICT-2011-8-105919. El proyecto Go-Lab, concluido el 26-10-2016, pretende dotar del aprendizaje basado en investigaciones científicas, promoviendo la adquisición de conocimiento conceptual y las habilidades de investigación, dirigiendo a los estudiantes a carreras en ciencias y promocionando la “inteligencia colectiva” de estudiantes, profesores e investigadores mediante la reusabilidad y la accesibilidad. El proyecto está dirigido a estudiantes de entre 10 y 18 años, y las herramientas utilizadas para alcanzar los objetivos son las experiencias de laboratorio (laboratorios remotos, laboratorios virtuales y modelos), apps (herramientas o widgets; pequeños programas web de apoyo para alcanzar un determinado conocimiento o seguir un proceso determinado) y espacios de aprendizaje (ILS, Inquiry Learning Space, entornos de aprendizaje que pueden contener laboratorios, recursos de aprendizaje y aplicaciones que apoyan el proceso de aprendizaje mediante el procedimiento de la investigación). Go-lab pretende promover la participación de los jóvenes en temas científicos y en la cultura de hacer ciencia mediante la realización activa de experimentos guiados. Para los profesores, el proyecto Go-Lab, proporciona un marco en el que construir recursos educativos mediante un diseño modular de herramientas que proporcionen escenarios sin fisuras para la incorporación de la experimentación y de los recursos de laboratorio disponibles. Asimismo, proporciona el entorno para la incorporación de nuevos recursos

de laboratorio, “plug, share, and play”. En definitiva, el proyecto proporciona la apertura a gran escala del uso de laboratorios remotos en un entorno en el que todos los actores interactúan en pro del aprendizaje basado en la conjetura-experimentación. Las instituciones que han participado en el proyecto son: University of Twente, Fachhochschule Karnten-Gemeinnutzi (CUAS), Reseau Menon E.E.I.G. (MENON), Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL), European Organization For Nuclear Research (CERN), University of Cyprus (UCY), Universitaet Duisburg-Essen (UNI-DUE), Imc Information Multimedia Communication Agency (IMC), Tartu Ulikool (UTE), Universidad de la Iglesia de Deusto (UDEUSTO), Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), European Space Agency (ESA), Institute of Accelerating Systems and Applications (IASA), Ellinogermaniki Agogi Scholi Panagea Savva Ae (EA), Ethniko Kentro Erevnas Kai Technologikis Anaptyxis (EKETA), Nucleo Interactivo de Astronomia (NUCLIO), University of Leicester, University of South Wales Prifysgolde Cymru, Cardiff University (CU), Elliniki Ekpaideftiki Etaireia (EPE) y el European Schoolnet (EUN).

En la actualidad, VISIR, es el núcleo de proyectos financiados por la Unión Europea bajo el programa Erasmus+: el Proyecto VISIR+ (Educational Modules for Electric and Electronic Circuits Theory and Practice following an Enquiry-based Teaching and Learning Methodology supported by VISIR; 561735-EPP-1-2015-1-PT-EPPKA2-CBHE-JP) y el proyecto PILAR (Platform Integration of Laboratories based on the Architecture of visiR, 2016-1-ES01-KA203-025327).

El Proyecto VISIR+ (EC VISIR+, 2016) tiene como objetivos el enriquecimiento curricular en el área de electricidad/electrónica mediante las experiencias prácticas del laboratorio remoto VISIR, promocionar la autonomía de los estudiantes proveyéndolos de acceso 24/7 a recursos prácticos, incentivar la ventaja de los conocimientos prácticos en paralelo a la adquisición de los contenidos teóricos y promocionar la formación técnica en los estudiantes en edad escolar. El proyecto VISIR+ sostiene la necesidad de integrar en el proceso educativo la experimentación de las distintas herramientas disponibles en la actualidad (laboratorios presenciales, laboratorios remotos, laboratorios virtuales y simuladores) como algo obligatorio para proporcionar un aprendizaje complementario y adaptable. El proyecto gira en torno al laboratorio remoto VISIR. El VISIR+ tiene como integrantes las siguientes instituciones: IPP-ISEP, UNED-ETSII, UDEUSTO, BTH, CUAS, IFSC, UFSC, PUC, UNSE, UNR, Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE) y el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI). Para obtener los objetivos, el proyecto tiene como medio la instalación de un laboratorio remoto VISIR en cada institución universitaria participante del continente americano (UFSC, PUC, UNSE y UNR), proporcionando desde el asesoramiento, formación, instalación y acceso al

laboratorio, hasta el soporte necesario para la explotación del laboratorio remoto en las instituciones de destino. El proyecto corre por parte de los socios europeos (IPP-ISEP, UNED, UDEUSTO, CUAS y BTH).

El Proyecto PILAR (EC PILAR, 2016) tiene como principal objetivo la federación de los distintos nodos del laboratorio remoto VISIR, presente en cada una de las instituciones participantes (UNED, IPP-ISEP, UDEUSTO, CUAS y BTH), compartiendo recursos tanto técnicos como educativos. De esta forma, el proyecto pretende la creación de una red de laboratorios VISIR con un pool de experiencias prácticas compartidas por las distintas instituciones participantes y abierta a otras instituciones como usuarios. Además, este proyecto pretende establecer formalmente la alianza formada por las distintas instituciones que formaran los distintos nodos del proyecto y establecer las políticas relativas para la incorporación de nuevos nodos a la federación y las relativas a la explotación de la federación por parte de los usuarios finales (usuarios e instituciones). El principal instrumento de propagación del proyecto será la web, que estará disponible en inglés además de en las distintas lenguas de las instituciones participantes del proyecto (español, portugués, alemán, sueco y finlandés) desde la que se gestionarán los recursos de los distintos nodos del laboratorio remoto VISIR. Asimismo, y desde dicha web principal de la federación, se proporcionará acceso libre a un determinado set de experiencias prácticas de laboratorio. A pesar de que los objetivos del proyecto son extensibles a otros laboratorios remotos, las particularidades y potencial del laboratorio remoto VISIR hacen que el proyecto esté diseñado por y para dicho laboratorio. El proyecto PILAR tiene como integrantes las siguientes instituciones: UNED-ETSII, IPP-ISEP, UDEUSTO, BTH, CUAS, IAOE, EVM Project Management Experts, Espoon Seudun Koulutuskuntayhtymä (OMNIA).

2.5.7.1. Hardware

En VISIR, los equipos e instrumentos de medida generalmente disponibles en un laboratorio de electrónica analógica son sustituidos por tarjetas PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) fabricadas por National Instruments (NI). Cada tarjeta PXI representa un equipo o instrumento del laboratorio.

PXI es una plataforma basada en PC para sistemas de medidas y automatización (NI-PXI, 2017). PXI combina características de bus eléctrico PCI (*Peripheral Component Interconnect*, Interconexión de Componentes Periféricos) con paquete Eurocard modular de CompactPCI y después añade buses de sincronización especializada y características clave de software (PXI-NI, 2016). PXI es un estándar abierto, desarrollado en 1997 y publicado en 1998, gobernado por PXI Systems Alliance (PXISA) para asegurar la interoperabilidad entre fabricantes.

2.5.7.1.1. Chasis PXI

Todas las tarjetas están conectadas en un chasis de NI para aplicaciones de medida y automatización, modelo NI-PXI 1042Q en el caso del laboratorio VISIR instalado en el DIEEC-UNED. El chasis NI-PXI 1042Q posee 8 ranuras o slots (Figura 62), 7 de ellas son ranuras destinadas a periféricos PXI. La potencia máxima disponible es de 500 W y el máximo ancho de banda es de 123 MB/s (NI PXI-1042Q, 2016).



Figura 62. Chasis PXI 1042Q de 8 ranuras para AC Universal. (ni.com, 2016).

2.5.7.1.2. Controlador

Para la comunicación entre los distintos servidores y el acceso remoto, se emplea un PC. Este PC puede ser externo al chasis PXI o interno mediante un controlador CompactPCI (cPCI, computadores industriales basadas en el estándar 3U, 100mm x 160mm) de NI, modelo PXI-8105 (Figura 63) en el caso del laboratorio VISIR instalado en el DIEEC-UNED. El controlador PXI-8105 posee total compatibilidad con el chasis PXI-1042Q e integra funciones de E/S, dotándole de todas las funcionalidades de un PC (NI PXI-8105, 2007). El controlador PXI-8105 posee un procesador Intel Core™ Duo T2500 a 2 GHz. La memoria RAM instalada en el laboratorio remoto VISIR instalado en el DIEEC-UNED es de 4 GB y el sistema operativo empleado es Windows 8.1 Profesional 32 bits.



Figura 63. Controlador PXI Express Embebido Dual-Core de 2.0 GHz PXI-8105. (ni.com, 2016).

2.5.7.1.3. Fuente de alimentación

La fuente de alimentación es una tarjeta PXI de National Instruments PXI-4110 (Figura 64) alojada en el chasis. El PXI-4110 es una fuente de alimentación DC programable de triple salida de precisión en un módulo PXI 3U de una sola ranura. El NI PXI-4110 tiene dos canales aislados, uno desde 0 a +20 V y el otro desde 0 a -20 V y un solo suministro no aislado de 0 a 6 V, todos capaces de generar hasta 1 A por canal. La potencia máxima que brinda es de 9 W. (NI PXI-4110, 2015).



Figura 64. NI PXI-4110 Fuente de Alimentación DC Programable de Triple Salida. (ni.com, 2016).

2.5.7.1.4. Generador de funciones

El generador de funciones instalado en el VISIR del DIEEC-UNED es la tarjeta PXI-5412 (Figura 65). El PXI-5412 (NI PXI-5412, 2015) es un generador de funciones de un único canal, con un ancho de banda máximo de 20 MHz y capaz de generar formas de onda arbitrarias y definidas por el usuario y funciones estándares, incluyendo senoidales, cuadradas, triangulares y de rampa. La impedancia de salida o interna del generador de funciones es de 50 Ω o 75 Ω (seleccionable a través de software).



Figura 65. NI PXI-5412 Generador de funciones. (ni.com, 2016).

2.5.7.1.5. Polímetro

Como polímetro digital VISIR emplea la tarjeta PXI-4072 (Figura 66). El PXI-4072 FlexDMM de National Instruments (NI PXI-4072, 2007) le brinda la funcionalidad de tres instrumentos comunes en un solo módulo PXI 3U de una sola ranura: un polímetro de 6½ dígitos, un medidor LCR y un digitalizador aislado de 1.8 MS/s integrado en el chasis PXI-1042Q. Según la información proporcionada por el fabricante. El rango de medida de tensión es de desde ± 100 mV, con una resolución de 100 nV, hasta ± 300 V, con una resolución de 1 mV; El rango de corriente es desde ± 20 mA, con una resolución de 10 nA, hasta ± 1 A, con una resolución de 1 μ A; El rango de medida de resistencia es desde 100 Ω , con una resolución de 100 $\mu\Omega$, hasta 100 M Ω , con una resolución de 100 Ω .



Figura 66. NI PXI-4072 FlexDMM y Medidor LCR Polímetro Digital (DMM). (ni.com, 2016).

2.5.7.1.6. Osciloscopio

El PXI-5114 es un osciloscopio/digitalizador de bajo costo para aplicaciones de alta velocidad, Figura 67. Tiene amplio conjunto de rangos de entrada desde 40 mV a 40 V. La impedancia de entrada de 50 $\Omega \pm 1.5\%$ ó 1 M $\Omega \pm 1\%$ en paralelo con una capacitancia de 26 pF seleccionable por software. La exactitud del NI PXI-5114 es de ($\pm 1.5\%$ de la entrada + 0.3% del fondo de escala seleccionado + 200 μ V) (NI PXI-5114, 2014). La tarjeta PXI-5114 se aloja en el chasis PXI-1042Q.

2.5.7.1.7. Matriz de conmutación

La matriz de conmutación es un apilamiento de placas o tarjetas bajo el estándar PC/104. PC/104 es un estándar para sistemas embebidos destinado a aplicaciones específicas como sistemas de control (PC/104, 2016). Existen dos distintas finalidades para las tarjetas: (1) Para la conexión de los equipos e instrumentos entre la matriz; y (2) Para la conexión de los componentes. Los posibles tipos de tarjetas se pueden observar en la Figura 68.



Figura 67. PXI-5114 Osciloscopio/Digitalizador de 8 Bits, 250 MS/s. (ni.com, 2016).

La matriz está controlada mediante un microprocesador PIC18F4550 alojado en la tarjeta de la matriz destinada a las fuentes. La comunicación entre el microprocesador de la matriz y el controlador PXI del chasis se realiza vía USB. Para la comunicación entre el microcontrolador y las distintas tarjetas de la matriz de conmutación se lleva a cabo mediante un bus I2C a los controladores PIC16F767 de cada tarjeta. El número máximo de tarjetas de componentes está limitado a 15.

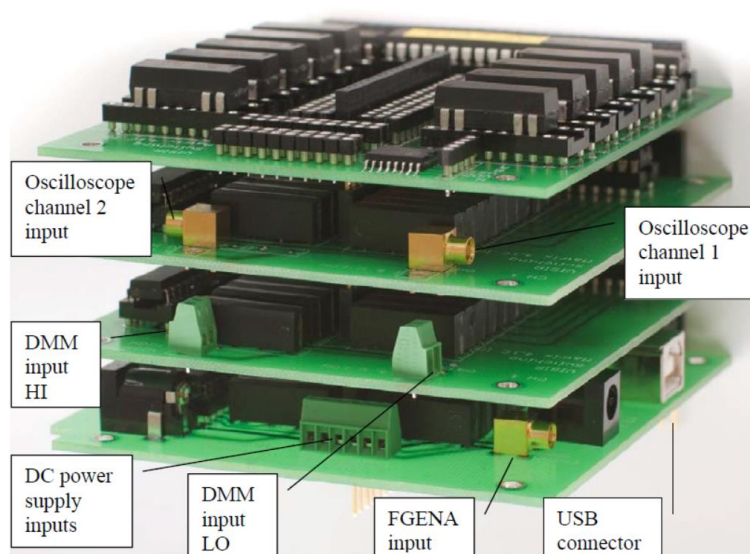


Figura 68. Matriz de conmutación con las mínimas tarjetas necesarias. (Gustavsson, 2016).

El control de los relés de cada tarjeta se realiza a través de un array de 4 bytes. Desde el PC (controlador) se envía la información al microcontrolador mediante arrays de 4 bytes: el primer byte determina la tarjeta (dirección I²C), el segundo y tercer byte determinan el relé a activar; el cuarto byte está reservado para el potenciómetro (Gustavsson, 2013), en la Tabla 12 se incluye un resumen. El microcontrolador se encarga de distribuir la información a cada uno de los controladores de cada tarjeta de componentes.

Tabla 12. Mensajes de las tarjetas por tipo.
(Gustavsson, 2013).

Tipo de tarjeta	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3
Fuente	Número de tarjeta	Relé 1-7	Relé 8-14	Sin uso
Instrumentos	Número de tarjeta	Relé 1-7	Relé 8-14	Relé 15-21
Componentes	Número de tarjeta	Relé 1-7	Relé 8-14	Potenciómetro

2.5.7.1.8. Tarjetas de instrumentos

Las placas de instrumentos conectan los instrumentos PXI del chasis con la matriz de conmutación. 2 filas de conectores en cada placa permiten la interconexión entre ellas y la propagación de los nodos, como se puede observar en la Figura 69. De esta forma se obtiene una matriz tridimensional de componentes conectados a los distintos nodos disponibles (nodos A-I, 0 y COM). Los nodos de la matriz de conmutación X1-X6 son nodos auxiliares.

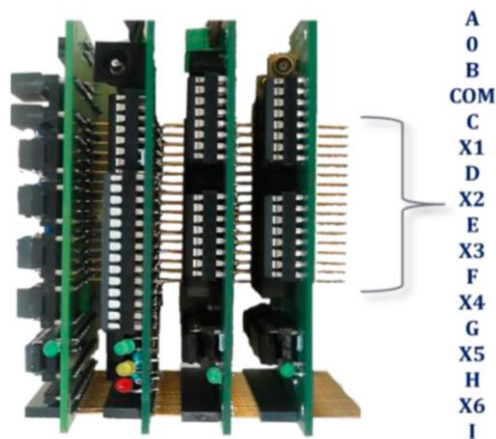


Figura 69. Propagación de los nodos en la matriz de conmutación.
(Gustavsson, 2016).

La conexión de las 3 fuentes de las que dispone la fuente de alimentación (6V, +25V, -25V) es a través de los nodos (X1, X2, X3) y, a partir de ellos, a los nudos de la matriz que se deseen emplear (B-I). Estos nudos (X1 a X6) son nudos auxiliares que no deben emplearse en el 'component_list'. Las fuentes de alimentación se conectan internamente a los nudos auxiliares (6V, +25V y -25V a X1, X2 y X3, respectivamente) a través de los relés de la tarjeta de fuentes de la matriz de conmutación. Todas estas conexiones se pueden observar en la placa de fuentes de la Figura 70.

Mientras que los nudos de las 3 fuentes (6V, +25V, -25V) de la fuente de alimentación se pueden seleccionar a conveniencia, el nudo del generador de funciones está impuesto. El generador de funciones está internamente conectado al nudo A de la matriz de conmutación.

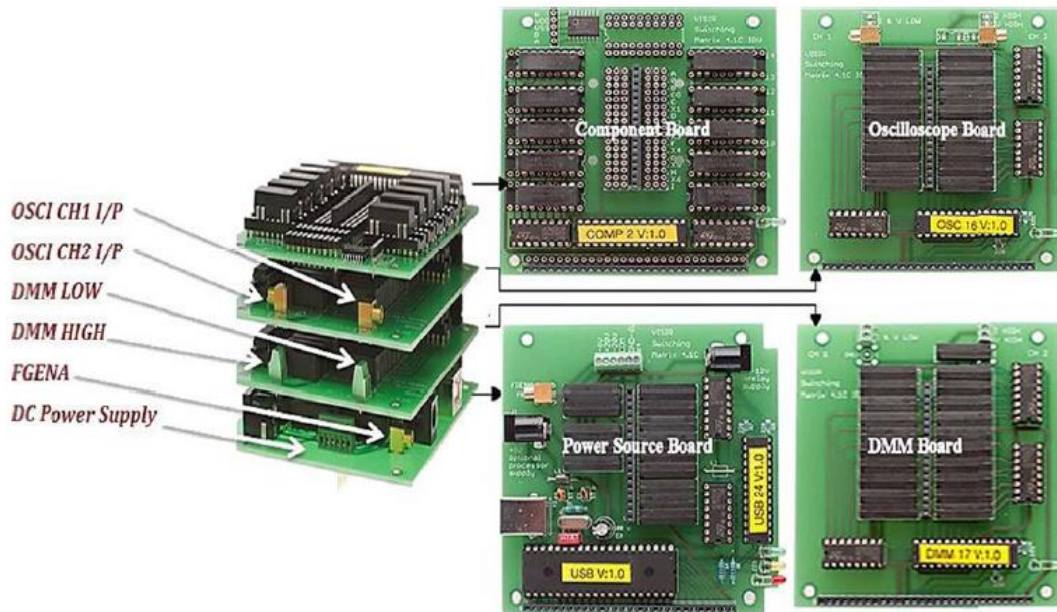


Figura 70. Matriz de conmutación.
(Gustavsson, 2016).

2.5.7.1.9. Tarjetas de componentes

Las tarjetas de componentes son el lugar asignado para la conexión de los componentes disponibles en el laboratorio remoto VISIR. Las tarjetas permiten distintos tipos de configuración. Cada tarjeta tiene 14 slots para la posible conexión de componentes o cortocircuitos. Estas posibles conexiones a la matriz van conectadas mediante relés de 12 V y 2 A, protegidos mediante diodo. 6 de estos posibles slots únicamente permiten la conexión de relés de dos polos mediante un relé DIL DPST (relé Double In-Line, Double Pole Single Throw), slots 1,2,3, 8, 9 y 10. 8 slots permiten la conexión tanto de relé DIL DPST, ocupando dos slots, como SIL SPST (relé Single In-Line, Single Pole Single Throw), slots 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13 y 14 en el caso de emplear relés SIL o slots 5, 7, 11 y 13 en el caso de optar por relés DIL. Ambas disposiciones se muestran en la Figura 71 aunque es posible una combinación de ambas.

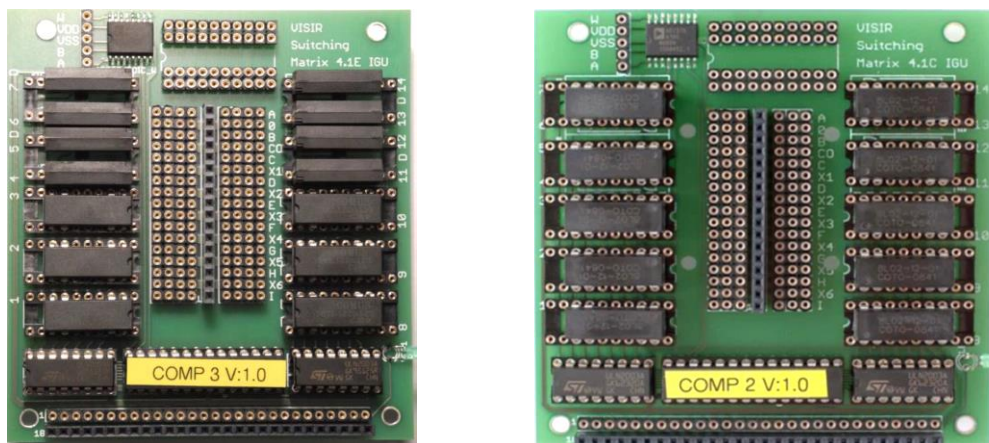


Figura 71. Distintas configuraciones en las tarjetas de componentes: máximo de relés SIL admisibles (izquierda); empleando únicamente relés DIL (derecha).

En la Figura 72 se muestran las distintas áreas de conexión en cada placa de componentes:

- Las zonas 1 están destinadas especialmente a componentes de 2 terminales y cortocircuitos. Mediante el cierre/apertura del relé, tal y como se ha comentado anteriormente, el componente conectado aguas abajo del relé se conecta a los nodos de la matriz.
- La zona 2 se trata de un área auxiliar indicada para la conexión de componentes de más de 2 terminales que, mediante cortocircuitos, se conectan a los pines de las zonas 1 y, por consiguiente, aguas abajo de los relés. En cualquier caso, para componentes o montajes más complejos, se puede utilizar placas externas con conexiones a los relés.
- En la zona 3 se encuentra un potenciómetro digital.
- La zona 4 es la tira de conectores para la propagación de los nodos de la matriz entre las distintas placas de la matriz.
- Las zonas 5 son la matriz de nudos de las tarjetas. Por lo tanto, el apilamiento e interconexión, mediante los conectores de la zona 4, genera una matriz tridimensional de nudos y componentes conectados.

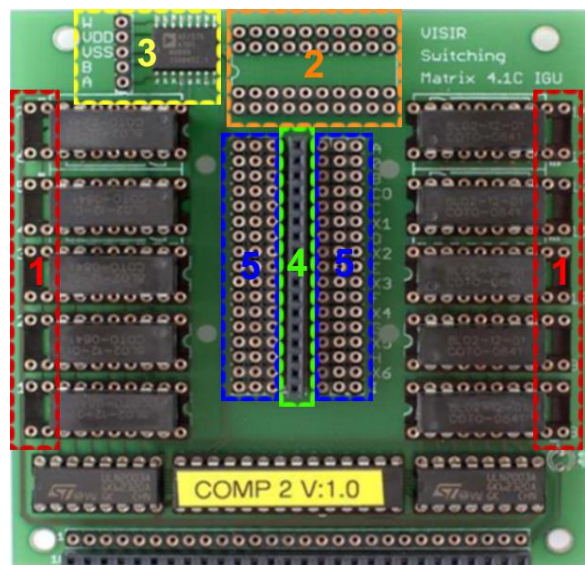


Figura 72. Zonas presentes en las tarjetas de componentes.

Todos los componentes conectados quedan registrados en el fichero relativo al listado de componentes. El servidor de equipos accede a dicho listado para el montaje de los circuitos diseñados en la cliente y verifica en el arranque que todos los maxlists son subconjuntos del superconjunto del listado de componentes. Un ejemplo de maxlist se muestra a continuación. Se trata de un circuito RLC serie con la opción de emplear una resistencia shunt para la monitorización de la corriente. El subconjunto de componentes define un camino entre el nudo 'A', nudo del generador de funciones, hasta el nudo '0' o nudo de tierra. Se puede observar que el subconjunto de elementos toma componentes

de distintas placas de componentes: R_1_1 de la placa 1, C_3_9 de la placa 3, SHORTCUT_8_12 de la placa 8, etc. Estos componentes de distintas placas se conectan entre sí mediante los conectores de propagación de cada placa. De esta forma el maxlist, subconjunto de elementos del component list y, por tanto, de la matriz de conmutación, contiene posibles conexiones admisibles por el servidor de medida:

<i>VFGENA_FGENA1</i>	<i>A 0</i>	<i>max:10</i>
<i>VDCCOM_24_2</i>		<i>0</i>
<i>R_1_1</i>	<i>I 0</i>	<i>10R</i>
<i>R_1_8</i>	<i>E F</i>	<i>511R</i>
<i>L_4_8</i>	<i>H I</i>	<i>10.1m</i>
<i>C_3_9</i>	<i>F G</i>	<i>100n</i>
<i>SHORTCUT_8_10</i>	<i>A E</i>	
<i>SHORTCUT_3_12</i>	<i>G H</i>	
<i>SHORTCUT_2_4</i>	<i>I 0</i>	

2.5.7.2. Software

VISIR es un software Open Source bajo licencia GNU General Public License (GPL) creado en el BTH que consta de 4 elementos claramente independientes:

- Interfaz web de usuario (experiment client).
- Servidor de experimento (experiment server).
- Servidor de medida (measurement server).
- Servidor de equipos (equipment server).

Consta de las funcionalidades típicas de los laboratorios remotos, como puede ser la gestión, autenticación o la autorización, y la interfaz necesaria para cumplir dichas funcionalidades. (Rodríguez-Gil et al., 2012), (Zutin, Auer y Gustavsson, 2011), (Gustavsson et al., 2012). Por lo tanto, VISIR puede ser una herramienta independiente.

La arquitectura de VISIR se muestra en la Figura 73. En el VISIR instalado en el DIEEC-UNED tanto el servidor web, servidor de medida como el servidor de equipos se encuentra alojados en la controladora PXI de NI.

2.5.7.2.1. Interfaz web de usuario

El interfaz web de usuario o experiment client es la herramienta de comunicación entre el estudiante o usuario y el servidor de medida o measurement server, de forma que interpreta y traslada las instrucciones entre uno y otro. El experiment client es un banco de trabajo simulado escrito en HTML5 (HyperText Markup Language versión 5). La versión anterior del software está escrita en ActionScript for Adobe Flash y embebida en el HTML del interfaz de usuario. A pesar de que las propias tarjetas PXI poseen su propio panel frontal virtual proporcionado por NI, se puede utilizar cualquier otro

frontal, o crear uno propio, para interactuar con las distintas funcionalidades del instrumento o equipo. Además, pueden añadirse más equipos e instrumentos tanto en la matriz, añadiendo más tarjetas, como en el banco de trabajo simulado. En la Figura 74 se muestra las interfaces de los instrumentos estándar de VISIR; las interfaces se corresponden con los siguientes instrumentos:

- Protoboard.
- Polímetro Fluke 23.
- Osciloscopio Agilent 54622A.
- Generador de funciones Hewlett Packard 33120A.
- Fuente de alimentación Agilent E3631A.

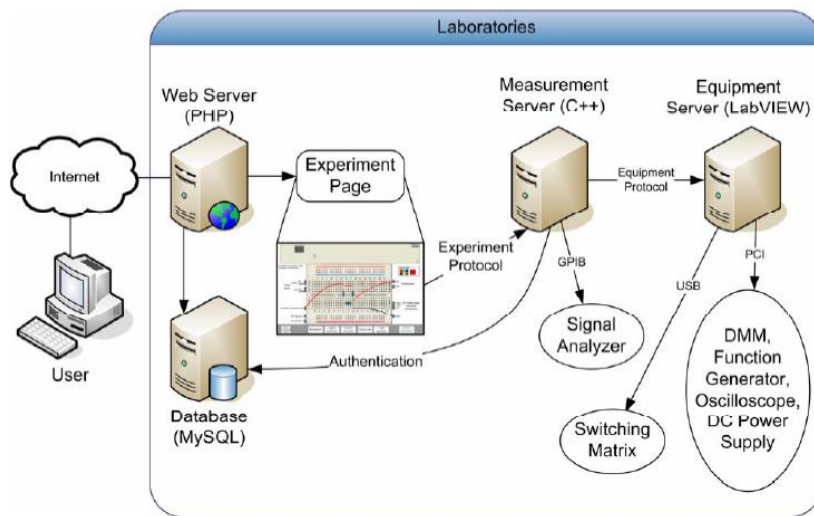


Figura 73. Arquitectura de VISIR.
(Gustavsson et al., 2012).

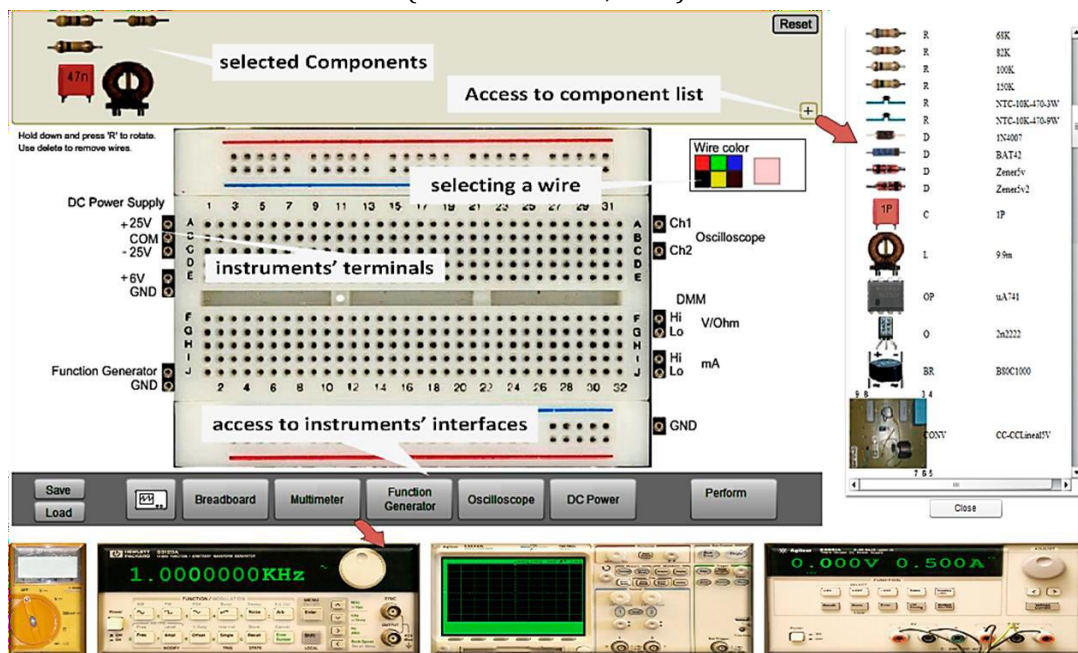


Figura 74. Interfaces de los instrumentos.
(Tawfik, 2013).

2.5.7.2.2. Experiment server

El encargado de trasladar las solicitudes y respuestas entre el experiment client y el measurement server es el servidor de experimento o experiment server según el protocolo del cliente. El protocolo del cliente está basado en solicitudes o *'requests'* y respuestas o *'responses'* en XML para describir la información. El protocolo está basado en solicitudes o *'requests'* y respuestas o *'responses'*, y, según se indica en (openlabs.bth, 2016), el tamaño de una *'request'*/*'response'* (solicitud/respuesta) no puede superar los 64 kB. La estructura del protocolo del cliente está basada en XML. El protocolo del experiment client tiene la siguiente estructura: La primera etiqueta, o el elemento raíz, y la última del cuerpo del XML es de la forma:

- *'Request'* o Solicitud:

```
<protocol version="1.3">
  <request>
    <circuit> ... </circuit>
    <multimeter id="1"> ... </multimeter>
    <functiongenerator id="1"> ... </functiongenerator>
    <oscilloscope id="1"> ... </oscilloscope>
    <dcpower id="1"> ... </dcpower>
  </request>
</protocol>
```

- Response o respuesta:

```
<protocol version="1.3">
  <response>
    <multimeter id="1"> ... </multimeter>
    <functiongenerator id="1"> ... </functiongenerator>
    <oscilloscope id="1"> ... </oscilloscope>
    <dcpower id="1"> ... </dcpower>
  </response>
</protocol>
```

Todo el contenido dentro de estas etiquetas describe la interacción del usuario con el experiment client. La *'request'* incluye toda la información relativa a la solicitud desde el experiment client realizada por el estudiante/usuario, es decir, la interacción con los equipos/instrumentos y el montaje realizado en la protoboard con el que el estudiante/usuario desea experimentar.

La *'response'*, en el caso de que el experimento haya sido autorizado por el measurement server, incluye la información resultado de la experimentación llevada a cabo, las mediciones resultantes en los instrumentos con la configuración establecida en

la *'request'* y, aunque la información en la *'response'* pueda parecer redundante en los equipos e instrumentos como se verá más adelante, esta aparente redundancia en la *'response'* tiene por finalidad establecer las configuraciones reales, principalmente en los equipos, utilizadas en las mediciones realizadas en el equipo físico.

2.5.7.2.2.1. *Circuitlist*

Es la información relativa al cableado del circuito implementado en la protoboard simulada.

- ***'Request'***: El primer hijo del XML de la *'request'* describe el circuito electrónico implementado en a protoboard simulada. Este hijo de la raíz "protocol" del XML. Cada línea sigue el formato pspice y determina la posición de un componente o cable implementado en la protoboard, es decir, los nudos entre los que está conectado. Esta información se encuentra dentro de las etiquetas:

```
<circuit> <circuitlist> ... </circuitlist> </circuit>
```

- ***'Response'***: No figura en la *'response'*.

2.5.7.2.2.2. *Multimeter*

Información relativa a la configuración del polímetro. El usuario/estudiante únicamente selecciona el tipo de medida que desea realizar.

- ***Request***: El usuario/estudiante únicamente puede configurar la medida seleccionada en el banco de trabajo virtual (*'dmm_function'*), el resto de variables están ocultas para el usuario/estudiante y sólo las puede configurar el administrador en LabVIEW.

```
<multimeter>
  <dmm_function value="***">
    definido por estudiante/usuario; String (dc volts, ac
    volts, dc current, ac current, resistance).
  </dmm_function>
  <dmm_resolution value="***"/>valor establecido: 3.5.
  <dmm_resolution>
  <dmm_range value="***"/> valor establecido: -1.
  <dmm_autozero value="***"/> valor establecido: 1.
</multimeter>
```

- ***Response***: El XML que contiene la respuesta del servidor de equipos únicamente envía la respuesta.


```

<multimeter>
  <dmm_result value="***">
    Valor de la medición
  </dmm_result>
</multimeter>

```

2.5.7.2.2.3. *Function generator*

- **Request:** Contiene la configuración establecida por el usuario en la interfaz de usuario. Algunas de las posibilidades del generador de funciones no están implementadas en el interfaz web de usuario.

```

<functiongenerator id="1">
  <fg_waveform value="***">
    definido por estudiante/usuario; String (Sine, Square, Triangle, Ramp)
  </fg_waveform>
  <fg_frequency value="***">
    definido por estudiante/usuario.
  </fg_frequency>
  <fg_amplitude value="***">
    definido por estudiante/usuario.
  </fg_amplitude>
  <fg_offset value="***">
    definido por estudiante/usuario.
  </fg_offset>
</functiongenerator>

```

- **Response:** El XML de la 'response' contiene toda la información enviada por la 'request'. Además, posee otros parámetros preestablecidos desde LabVIEW. Determinados parámetros del generador de funciones necesarios para la correcta configuración están preestablecidos. El usuario/estudiante selecciona

```

<functiongenerator>
  <fg_waveform value="***"/> forma de onda definido por estudiante/usuario.
  <fg_amplitude value="***"/> valor de la amplitud definida por estudiante/usuario.
  <fg_frequency value="***"/> valor de la frecuencia definida por estudiante/usuario.
  <fg_offset value="***"/> valor del nivel de offset definida por estudiante/usuario.
  <fg_startphase value="***"/>
    [-180.0 ,+180.0] grados, valor establecido: 0.
  <fg_triggermode value="***"/> String (single, continuous, stepped, burst); valor establecido:
    continuous.
  <fg_triggersource value="***"/> String (immediate, external); valor establecido: Immediate.
  <fg_burstcount value="***"/> valor establecido: 0.
  <fg_dutycycle value="***"/> valor establecido: 0.5.

```

2.5.7.2.2.4. Oscilloscope

El hijo 'oscilloscope' de la raíz 'protocol' está compuesto de 5 hijos. Existe una pequeña diferencia en el orden de los hijos de 'oscilloscope' entre la 'request' y la 'response'. Algunos de ellos, a su vez, poseen hijos. La estructura básica del osciloscopio es de la forma:

```
<oscilloscope>
  <horizontal> ... </horizontal>
  <channels>
    <channel number="1" > ... </channel>
    <channel number="2" > ... </channel>
  </channels>
  <trigger> ... </trigger>
  <measurements>
    <measurement number="1"> ... </measurement>
    <measurement number="2"> ... </measurement>
    <measurement number="3"> ... </measurement>
  </measurements>
  <osc_autoscale> ... </osc_autoscale>
</oscilloscope>
```

- **Request:** Contiene la configuración establecida por el usuario en la interfaz de usuario. Algunas de las posibilidades del osciloscopio no están implementadas en el interfaz web de usuario. Determinados parámetros del generador de funciones necesarios para la correcta configuración están preestablecidos.

```
<oscilloscope id="1">
  <horizontal>
    <horz_samplerate value="***"></horz_samplerate> definido por estudiante/usuario.
    <horz_refpos value="***"></horz_refpos> valor establecido: 50 %.
    <horz_recordlength value="***"></horz_recordlength> valor establecido: 500.
  </horizontal>
```

```

<channels>
  <channel number="1">
    <chan_enabled value="1"> definido por estudiante/usuario; Booleano.
    </chan_enabled>
    <chan_coupling value="dc">
      String (ac, dc, gnd).
    </chan_coupling>
    <chan_range value="***"> definido por estudiante/usuario. Real.
    </chan_range>
    <chan_offset value="***"> definido por estudiante/usuario. Real.
    </chan_offset>
    <chan_attenuation value="1"> valor establecido: 1.
    </chan_attenuation>
  </channel><channel number="2"> idéntica estructura</channel>
</channels>

```

```

<measurements>
  <measurement number="1">
    <meas_channel value="***"></meas_channel> Canal seleccionado en request.
    <meas_selection value="***"> definido por estudiante/usuario;
    String(AC Estimate, Area, Frequency, Average Period, Cycle Area, DC
    Estimate, Falling Slew Rate, FFT Amplitude, FFT Frequency, Integral,
    Negative Negative Width, None, Overshoot, Period, Phase Delay, Positive
    Duty Cycle, Positive Width, Preshoot, Rise Time, Rising Slew Rate, Time
    Delay, Voltage Amplitude, Voltage Average, Voltage Base, Voltage Base to
    Top, Voltage Cycle Average, Voltage Cycle RMS, Voltage High, Voltage
    Low, Voltage Top);
    Algunas de estas medidas no están implementadas
    </meas_selection>
  </measurement>
  <measurement number="2"> ... </measurement>
  <measurement number="3"> ... </measurement>
</measurements>

```

```

<osc_autoscale value="0">
  No disponible en el experiment client de la versión HTML5
</osc_autoscale>
</oscilloscope>

```

- **Response:**

```

<oscilloscope id="1">
  <osc_autoscale value="***"/> valor establecido False.
  <horizontal> establecido en request </horizontal>

```

```

<channels>
  <channel number="1">
    <chan_enabled value="*" /> establecido en request. Valor Booleano.
    <chan_coupling value="*" /> establecido en la request.
    <chan_range value="*" /> establecido en la request.
    <chan_offset value="*" /> establecido en la request.
    <chan_attenuation value="*" /> valor establecido: 1.
    <chan_gain value="*" /> Voltaje salida = (binaria)*ganancia + offset.
    <chan_samples encoding="base64">
      Salida binaria codificado en base 64. Forma de la onda medida.
    </chan_samples>
  </channel>
  <channel number="2"> ... </channel>
</channels>

```

```

<trigger>
  <trig_source value="*" /> establecido por el usuario/estudiante en la request.
  <trig_slope value="*" /> establecido por el usuario/estudiante en la request.
  <trig_coupling value="*" /> establecido por el usuario/estudiante en la request.
  <trig_level value="*" /> establecido por el usuario/estudiante en la request.
  <trig_mode value="*" /> valor establecido: autolevel.
  <trig_delay value="*" /> valor establecido: 0.
  <trig_received value="*" /> Booleano
</trigger>

```

```

<measurements>
  <measurement number="1">
    <meas_channel value="*" /> establecido por el usuario/estudiante en la request.
    <meas_selection value="*" /> establecido por el usuario/estudiante en la request.
    <meas_result value="*" /> medida obtenida en equipment server.
  </measurement>
  <measurement number="2" /> Idéntico a measurement number 1</measurement>
  <measurement number="3" /> Idéntico a measurement number 1</measurement>
</measurements>
</oscilloscope>

```

2.5.7.2.2.5. Dcpower

La Fuente de alimentación está compuesta por 3 fuentes (+6 V, +25 V, -25 V), la estructura del XML es análogo para las tres fuentes.

- **Request:**

```

<dcpower id="1">
  <dc_outputs>
    <dc_output channel="6V+">
      <dc_voltage value="***/> establecido en la request.
      <dc_current value="***/> valor establecido: 0.5.
    </dc_output>
    <dc_output channel="25V+"> ... </dc_output>
    <dc_output channel="25V-"> ... </dc_output>
  </dc_outputs>
</dcpower>

```

- **Response:**

```

<dcpower id="1">
  <dc_outputs>
    <dc_output channel="6V+">
      <dc_voltage value="***/> establecido por el usuario/estudiante en la request.
      <dc_current value="***/> establecido por en la request.
      <dc_voltage_actual value="***/> salida.
      <dc_current_actual value="***/> salida.
      <dc_output_enabled value="***/> valor establecido True.
      <dc_output_limited value="***/> valor establecido False.
    </dc_output>
    <dc_output channel="25V+"> ... </dc_output>
    <dc_output channel="25V-"> ... </dc_output>
  </dc_outputs>
</dcpower>

```

2.5.7.2.3. Servidor de medida

El servidor de medida, o measurement server, es un software escrito en C++. Es el responsable de gestionar todas las solicitudes (*requests*) que le llegan del protocolo del experiment client. El protocolo del experiment client, tanto la versión flash como HTML5, está basado en XML (eXtensible Markup Language). Las funciones que cumple el servidor de medida en el proceso) de operación de VISIR se describen a continuación:

- **Autenticación.** Para cada solicitud de conexión con los equipos, instrumentos o matriz de conmutación, que le llega al measurement server desde el experiment client, es validada la autenticación del usuario.
- **Generación del instrument block.** Cada usuario posee su instrument block en el que se almacenan todos los ajustes de los equipos e instrumentos.

- **Validación.** El measurement server comprueba la validez de cada *'request'* en cuanto a la configuración de los equipos y diseño del circuito. Esta validación de la configuración generada en el experiment client se realiza a través de los "maxlists". Los "maxlists" son subconjuntos del superconjunto de componentes disponibles en la matriz que el profesor ha considerado admisibles y seguros. Esto no quiere decir que un experimento no aceptado o no validado por el measurement server no sea seguro ni posible. Las limitaciones físicas del laboratorio remoto VISIR provocan que determinados circuitos no sean físicamente construibles; por ejemplo, dos componentes conectados en los mismos nudos de la matriz nunca podrán conectarse en serie a no ser que se instale al menos un duplicado conectado en nudos distintos. Lo anterior provoca que un experimento viable en un laboratorio presencial no sea posible en VISIR. En cuanto a la seguridad, una determinada configuración segura y físicamente construible en VISIR, si no ha sido contemplada por el profesor en alguno de los "maxlist", no será posible experimentar con el circuito construido. En ambos casos el measurement server devolverá un mensaje de error: "The circuit cannot be constructed. Either it is unsafe or the current set of rules validating the circuit can't find a suitable solution".
- **Gestión de la cola.** El measurement server es el encargado de gestionar y administrar la cola de *'requests'* autenticadas y validadas del experiment client en función de las distintas prioridades proporcionadas al perfil de usuario. Cada usuario sólo puede enviar una *'request'* al measurement server. Hasta que no recibe una respuesta o *'response'*, no puede enviar otra solicitud o *'request'*.
- **Servidor proxy.** Una vez completadas el resto de funciones: comprobar la autenticación de la solicitud o *'request'*, la validez de implementación de la *'request'* y alojada en la cola en función de la prioridad otorgada al perfil del usuario; la *'requests'* son enviadas secuencialmente por el measurement server al servidor de equipos o "equipment server" mediante protocolo TCP (Transmission Control Protocol) para su implementación física en la matriz y en las tarjetas PXI de NI.
- **Gestión de *'responses'*.** El measurement server recibe las *'response'* desde el equipment server de que la operación solicitada en la *'request'* ha sido procesada. La información en el instrument block es actualizada de forma que contiene la información solicitada en la *'response'*. El servidor de medida envía la información al cliente mediante el protocolo de comunicación establecido para la visualización en el interfaz de usuario.

2.5.7.2.4. Servidor de equipos

El servidor de equipos está formado por la plataforma PXI de NI, la matriz de conmutación y el software de control desarrollado en LabVIEW. El equipment server es el encargado de trasladar las instrucciones lógicas del software a los equipos reales del hardware. El equipment server recibe las *'requests'* secuencialmente desde el measurement server mediante protocolo TCP. El equipment server construye físicamente el circuito en la matriz de conmutación y configura los ajustes en los equipos e instrumentos según ha definido el measurement server en el instrument block. Una vez completa la operación, actualiza la información en el instrument block y comunica al measurement server que la operación solicitada en la *'request'* se ha realizado y que se encuentra libre para completar una nueva *'request'*.

El servidor de equipos está conectado a todos los equipos e instrumentos de la plataforma PXI de NI, así como a la matriz de conmutación. Por tanto, el servidor de equipos puede dividirse en tres partes (BTH OpenLabs 1, 2008):

- La plataforma PXI de equipos e instrumentos.
- La matriz de conmutación.
- PC que gestiona la comunicación entre los equipos e instrumentos, la matriz de conmutación y el servidor de medida.

Las *'requests'* y *'responses'* a los instrumentos son enviadas como paquetes. Cada paquete sigue la forma:

<InstrumentID>\t<Instrument Data>

Donde el "Instrument ID" sigue la Tabla 13 y el Instrument Data es la *'request'*/*'response'* a un instrumento. Cada variable incluida en el "Instrument Data" es codificada en la forma del "Instrument ID"; Así, a modo de ejemplo, en el caso de la forma de onda del generador de funciones la codificación seguida se muestra en la Tabla 14 para todas las posibles opciones, incluidas aquellas no soportadas por el experiment client de VISIR.

Tabla 13. Codificación para el equipo/instrumento.

<Instrument ID>	código
Function Generator	11
DC Power Supply	12
Oscilloscope	21
Digital Multimeter	22
Extended Peripherals	31
Circuit Builder	41
Digital I/O	42
Circuit Switch	44

Tabla 14. Codificación para la forma de onda.

<Waveform>	Código
Sine	0
Square	1
Triangle	2
Ramp up	3
Ramp down	4
DC	5
Noise	6

2.6. Evaluación

La RAE (Rae.es, 2017) define el término “evaluación” como el acto de evaluar, asimismo contempla la acepción “examen escolar”. Para el verbo ‘evaluar’, la RAE, en su tercera acepción, la define como

“estimar los conocimientos, aptitudes y rendimiento de los alumnos.”

(Rae.es, 2017)

Por otro lado, define el término “calificación” como el acto de calificar y como

“Puntuación obtenida en un examen o en cualquier tipo de prueba.”

(Rae.es, 2017)

Para el verbo “calificar”, en su tercera acepción, como:

“Juzgar el grado de suficiencia o la insuficiencia de los conocimientos demostrados por un alumno u opositor en un examen o ejercicio.”

(Rae.es, 2017)

Entre ambas definiciones existe una clara brecha: mientras que la calificación tiene como objetivo base determinar la suficiencia o insuficiencia de los conocimientos de un individuo con el objetivo de obtener una medida, la evaluación no solo se centra en los conocimientos ni su principal objetivo es el establecer una puntuación.

Según Delgado et al. (2005) la evaluación tiene por objetivo la valoración de la calidad de aprendizaje conseguido por el estudiante. La evaluación deja de estar centrada en los productos y pasa a centrarse en los procesos:

“La evaluación es un proceso sistemático de obtener información objetiva y útil en la que apoyar un juicio de valor sobre el diseño la ejecución y los resultados de la formación con el fin de servir de base para la toma de decisiones pertinentes y para promover el conocimiento y comprensión de las razones de los éxitos y los fracasos de la formación.”

(Delgado et al., 2005)

Es decir, mientras que el objetivo de la calificación es evaluar el aprendizaje y el desempeño individual de los estudiantes, que en ocasiones incorpora criterios que no son medidas directas de aprendizaje como la asistencia, la participación y el esfuerzo; el objetivo de la evaluación es mejorar el aprendizaje de los estudiantes, donde la calificación puede desempeñar un papel en la evaluación, pero ésta también implica muchas medidas no graduadas del aprendizaje de los estudiantes.

El modelo presente en el EEES está centrado en las competencias y tanto los sistemas de evaluación como los métodos se definen y estructuran según las competencias a alcanzar (de Miguel et al., 2005). A esto se le denomina 'alineamiento con las competencias' o 'alineamiento constructivo'.

En este punto, resulta relevante resaltar dos tipos de evaluación: la evaluación sumativa y la evaluación formativa, de las que se ha hablado en los párrafos anteriores:

- La evaluación sumativa evalúa el aprendizaje del estudiante al final de un curso, módulo, fase o unidad instruccional, comparándolo con un estándar previamente establecido, para comprobar si ha adquirido los conocimientos y competencias.
- La evaluación formativa se centra en el seguimiento del estudiante para proporcionarle una realimentación que le ayude en el proceso de aprendizaje y permitiendo a los docentes optimizar el proceso de enseñanza.

La evaluación tradicional suele estar fuertemente marcada por una orientación sumativa. La promoción de la enseñanza focalizada en el estudiante, promocionada entre otros en el marco del EEES, y la autorregulación en su proceso de aprendizaje, conllevan la integración dentro de este aprendizaje de actividades evaluativas y autoevaluativas, proporcionando al estudiante una realimentación de carácter no sumativo o no sólo sumativo, sino que le exponga sobre sus logros y dificultades y le dote de las herramientas necesarias para orientarlo en sus decisiones estratégicas sobre lo que debe aprender y cómo aprenderlo, motivándolo en este proceso y promoviendo el aprendizaje autorregulado. En este sentido, de Miguel et al., (2005) o Calvo y Mingorance (2010) afirman que, bajo el nuevo paradigma la evaluación, el estudiante debe asumir más funciones, mayor profundidad y mayor cobertura. Las actividades de evaluación sumativas y finales deben complementarse con actividades de evaluación formativas y continuas.

Romero Yesa (2015), tras un estudio llevado a cabo para su aplicación en entornos prácticos, presenta las características de la evaluación eficaz, junto con los problemas intrínsecos que entrañan y las herramientas que podrían utilizarse en cada caso para aportar soluciones parciales a los problemas asociados (Tabla 15).

2.6.1. Realimentación de la evaluación

Para mejorar y apoyar el aprendizaje de los estudiantes, la incorporación de realimentación con información que les permite saber por qué su respuesta es correcta o incorrecta es una parte esencial de la pedagogía formativa (Miller, 2009; Nicol y

Macfarlane-Dick, 2006; Gipps, 2005). De esta forma, no sólo se puede favorecer el proceso de aprendizaje en el estudiante, sino que también se puede ver favorecido por competencias (aprendizaje autorregulado, análisis crítico, etc.). Cualquier conocimiento adquirido tiene potencial de generar competencias, sin embargo, estas pueden no manifestarse nunca debido a que requieren del entorno adecuado. Si bien, autores como Ruíz (2005) proponen que, el examen teórico no debe caer en el olvido pues la formación en competencias exige, junto a actividades de carácter práctico, individuales o grupales, otras de conocimiento.

Tabla 15. Características de la evaluación eficaz y propuestas de herramientas a los problemas que plantea.
(Romero Yesa, 2015).

criterio	Explicación	Problemas	Herramientas
Válida	Medir del modo más concreto posible.	No siempre los criterios están bien pensados y detallados.	Rúbricas de evaluación
Fiable, consistente	Cualquier evaluador, ante la misma evidencia, debe llegar a la misma valoración.		
Debe estar más allá de toda discusión	La forma de calificar debe ser transparente para todos los interesados		
Justa	Todos los estudiantes deben tener las mismas oportunidades de logro.	No todos los alumnos tienen las mismas destrezas de base en las competencias prácticas, por lo que el tiempo, si es limitado, influye negativamente en su desarrollo.	Laboratorios remotos para el desarrollo de la competencia y para su evaluación
Inclusiva	Los estudiantes diferentes deben poder afrontar las tareas con igualdad de oportunidades.	Estos estudiantes pueden tener aún más dificultades en el desarrollo de competencias prácticas, sólo solventadas con una mayor disposición de tiempo.	
Motivadora	Debe atraer a los estudiantes y animarlos para que se interesen por el tema.	El proceso de evaluación por su concepción no es motivador.	
Controlable	Realista en relación a los recursos disponibles.	Falta de recursos físicos y temporales para realizar un buen desarrollo y evaluación.	Laboratorios remotos para el desarrollo de la competencia y para su evaluación y analíticas de aprendizaje y rúbricas para evaluación
Auténtica	Evaluar el resultado que se pretende, verdaderamente representativo del logro buscado.	Elección no óptima de las evidencias de evaluación por falta de recursos.	
Exigente	Garantizar que se mantienen los estándares de rendimiento exigidos y que se ajustan al nivel adecuado para la etapa de estudio.		
Eficiente	El tiempo dedicado por los profesores a corregir debe ser proporcionado a la importancia del trabajo dentro del programa.		Analíticas de aprendizaje para evaluación

Al respecto de la evaluación formativa, Nicol, y Macfarlane-Dick (2006), establecieron 7 principios para una buena praxis a la hora de implantar una evaluación con realimentación. Asimismo, los autores indican que preguntas que el docente se debe realizar para cada principio. Posteriormente, Nicol (2007), amplía estos 7 principios a 10. Los principios y preguntas planteadas se encuentran recogidos en la Tabla 16.

Tabla 16. Principios para la realimentación de la evaluación.
(Nicol, 2007; Nicol, y Macfarlane-Dick, 2006).

	Principio	Pregunta
1	Ayudar a aclarar qué es el buen rendimiento (metas, criterios, normas).	¿Hasta qué punto los estudiantes tienen oportunidades de participar activamente con las metas, criterios y estándares, antes, durante y después de una tarea de evaluación?
2	Fomentar "tiempo y esfuerzo" en tareas de aprendizaje desafiantes.	¿Hasta qué punto las tareas de evaluación fomentan el estudio regular para un aprendizaje profundo y no superficial?
3	Proporcionar una realimentación de alta calidad que ayude a los estudiantes a autocorregirse.	¿Qué tipo de realimentación se proporciona? ¿De qué maneras ayuda a los estudiantes a autoevaluarse y autocorregirse?
4	Fomentar los estados motivacionales positivos y la autoestima	¿En qué medida la realimentación estimula la motivación de los estudiantes a aprender de forma exitosa?
5	Fomentar la interacción y el diálogo en torno al aprendizaje (compañeros y docentes)	¿Qué oportunidades hay para el diálogo de realimentación (compañero y / o docente-alumno) en torno a las tareas de evaluación?
6	Facilitar el desarrollo de la autoevaluación y la reflexión en el aprendizaje.	¿En qué medida existen oportunidades formales de reflexión, autoevaluación o evaluación por pares en su curso?
7	Proporcionar autonomía a los estudiantes de la evaluación y los procesos	¿En qué medida los estudiantes tienen elección en los temas, métodos, criterios, ponderación y / o calendario de las tareas de evaluación?
8	Involucrar a los estudiantes en la toma de decisiones acerca de las políticas y prácticas de evaluación.	¿En qué medida sus estudiantes de su curso se mantienen informados o participan en consultas sobre decisiones de evaluación?
9	Apoyar el desarrollo de comunidades de aprendizaje	¿Hasta qué punto la evaluación y procesos de realimentación ayudan al desarrollo de comunidades de aprendizaje?
10	Ayudar a los docentes a adaptar la enseñanza a las necesidades de los estudiantes	¿Hasta qué punto los procesos de evaluación y realimentación ayudan a informar y dar forma a la enseñanza?

La Tabla 16 presenta una visión estática de la realimentación en la evaluación, por ello Nicol (2007) también proporciona el siguiente diagrama (Figura 75) para aportar una visión dinámica de los procesos de evaluación en la institución en busca de la formación autorregulada de los estudiantes. El diagrama se estructura en dos dimensiones:

- **Compromiso (engagement) -autorregulación/apoderamiento (self-regulated/empowerment).** La primera dimensión informa acerca de la medida en que los estudiantes regulan y asumen la responsabilidad de su propio aprendizaje. Se centra principalmente en cómo los estudiantes aprenden a supervisar, gestionar y asumir la responsabilidad de su propio

aprendizaje, en lugar de saber quién tiene el poder en la relación enseñanza-aprendizaje, aunque esto último también sea relevante.

- **Académica/social.** La segunda dimensión, se refiere al grado en que las experiencias académicas y sociales apoyan mutuamente el aprendizaje y el desarrollo de los estudiantes. Una meta clave en la educación superior es proporcionar una experiencia integral donde lo académico y social apoyen mutuamente el desarrollo del estudiante. Esto explica la dirección de las flechas que apuntan entre sí. En la dimensión académico-social, cuando las estructuras académicas y las interacciones sociales están organizadas para apoyar el aprendizaje de los estudiantes, las experiencias académicas pueden desencadenar experiencias sociales de apoyo, y las experiencias sociales pueden mejorar y fortalecer las experiencias académicas.

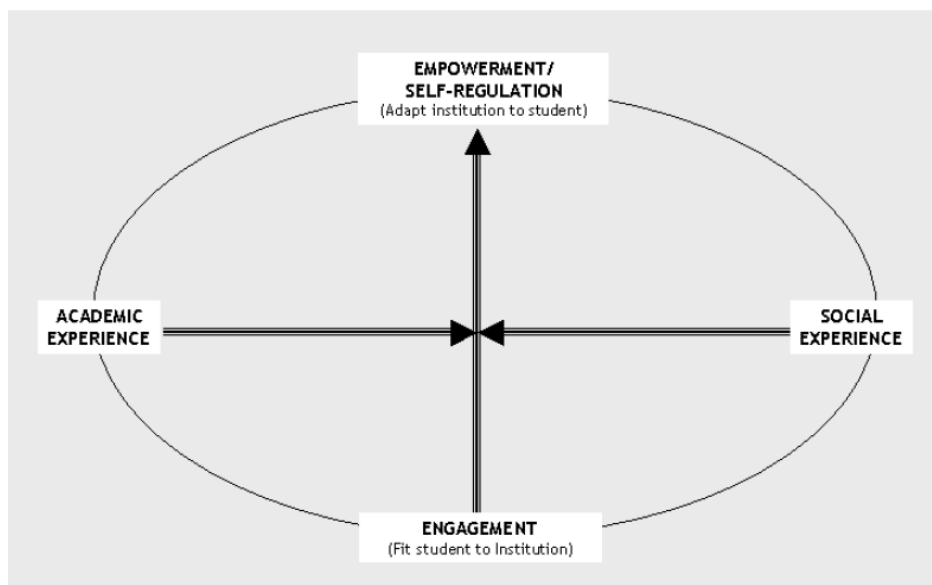


Figura 75. Evaluación y realimentación, dimensiones de la implementación. (Nicol, 2007).

En cuanto a la evaluación formativa, Gibbs y Simpson (2004) identifican 10 condiciones a tener en cuenta para el éxito de la evaluación formativa, que agrupan en dos categorías en función de su tipo de influencia:

- La influencia del diseño de los sistemas de evaluación y las asignaciones sobre la cantidad de estudiantes que estudian, lo que estudian y la calidad de su compromiso
- La influencia de la realimentación en el aprendizaje.

El resultado de dicho estudio se recoge, resumiendo los aspectos más importantes del estudio y aquellos relevantes para esta tesis, en la Tabla 17.

Tabla 17. Condiciones bajo las que la evaluación favorece el proceso de aprendizaje del estudiante.
(Gibbs y Simpson, 2004).

Categoría	Nº	Condición	Contexto
Influencia del volumen, foco y calidad	1	Proporcionar suficientes tareas evaluables para que los estudiantes dediquen suficiente tiempo de trabajo a la materia.	Basado en el principio de "time on task": si los estudiantes no pasan suficiente tiempo en algo, no lo aprenderán. Sin embargo, no existe una relación directa entre esfuerzo y el rendimiento, por lo que requiere de otros factores. Las asignaciones no son la única manera de captar el tiempo y el esfuerzo de los estudiantes. Por ejemplo, factores como la presión social también pueden provocar este hecho.
	2	Las tareas son acordadas con los estudiantes, orientándoles a asignar las cantidades apropiadas de tiempo y esfuerzo a los aspectos más importantes del curso.	Los estudiantes suelen distribuir su tiempo de manera desigual a través de cursos, a menudo centrándose en temas asociados con la evaluación y nada más. Esta condición se refiere a qué se orienta el esfuerzo y qué calidad de esfuerzo está involucrado.
	3	Afrontar tareas evaluables debe involucrar a los estudiantes en actividades de aprendizaje productivo.	Esta cuestión se refiere a los tipos de actividades de aprendizaje involucrados en la tarea o en la preparación de las pruebas. Algunas tareas evaluables conllevan actividades de aprendizaje inútiles e inapropiadas, incluso cuando producen calificaciones fiables.
Influencia de la realimentación en el aprendizaje	4	Proporcionar realimentación suficiente, con suficiente frecuencia y con suficiente detalle.	Esta cuestión se refiere a lo que se define convencionalmente como evaluación formativa. Esta realimentación puede requerir ser bastante regular, y en trozos relativamente pequeños de contenidos del curso, para ser útil.
	5	Realimentación centrada en el rendimiento de los estudiantes, en su aprendizaje y en las acciones bajo el control de los estudiantes, en lugar de en los propios estudiantes y en sus características	La literatura sobre la evaluación formativa distingue entre la realimentación desmoralizadora y la realimentación que le dice a los estudiantes exactamente donde ha ido mal y lo que pueden hacer al respecto.
	6	La realimentación es oportuna en la medida en que los estudiantes la reciben mientras todavía les importa y en el espacio de tiempo para que sigan prestando interés a aprender o recibir más ayuda.	Si los estudiantes no reciben realimentación con la suficiente rapidez, entonces se habrán trasladado a nuevos contenidos y la realimentación es irrelevante para el aprendizaje en curso por lo que será extremadamente improbable que la realimentación resulte en una actividad adicional de aprendizaje.
	7	La realimentación es apropiada para el propósito de la tarea y para los criterios establecidos para alcanzar el éxito.	Esta condición se refiere a la idoneidad de la realimentación para la tarea establecida y los objetivos para alcanzar el éxito. Por ejemplo, se puede utilizar principalmente para: corregir errores, desarrollar el entendimiento a través de explicaciones, generar más aprendizaje al sugerir más actividades/tareas específicas de estudio, promover la metacognición, etc. Los estudiantes necesitan entender el porqué de su calificación, (¿por qué no una nota más alta o más baja?). Por lo tanto, los objetivos transmitidos a los estudiantes en la tarea, la realimentación y los criterios de evaluación tiene que ser sólidos y coherentes entre sí.
	8	La realimentación es apropiada, en relación con la comprensión de los estudiantes de lo que se supone que están haciendo	Concepción de los estudiantes sobre la tarea Los estudiantes pueden malinterpretar y confundirse con cualquier información y realimentación que reciban. Esto inevitablemente

Categoría	Nº	Condición	Contexto
Influencia de la realimentación en el aprendizaje(c) ¹	8(c)	La realimentación es apropiada, en relación con la comprensión de los estudiantes de lo que se supone que están haciendo(c).	<p>causa problemas cuando leen comentarios sobre cómo han abordado esta tarea erróneamente comprendida.</p> <p>Concepción de los estudiantes sobre el aprendizaje</p> <p>Los estudiantes tienen una de las cinco concepciones del aprendizaje:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aprendizaje como elemento pasivo receptor de información. 2. Aprendizaje como memorización activa de la información. 3. Aprendizaje como memorización activa de información o procedimientos, que se utilizará en algún momento en el futuro. 4. Aprendizaje como entendimiento. 5. Aprendizaje como un cambio en lo intrínseco personal. <p>La realimentación debe ser sensible a las concepciones no sofisticadas del aprendizaje (1, 2 y 3) que pueden darse en los estudiantes.</p> <p>Concepción de los estudiantes sobre el conocimiento</p> <p>Los estudiantes desarrollan con el tiempo y, a través de su experiencia académica, su comprensión de lo que es el conocimiento.</p> <p>Concepción de los estudiantes sobre el vocabulario en la disciplina de la tarea</p> <p>La realimentación debe ser sensible a qué clase de escritura se espera y qué es probable que los estudiantes comprendan. Asimismo, es común que los estudiantes tengan que atravesar fronteras disciplinarias y tengan que afrontar dichas diferencias en el discurso; por ejemplo, los estudiantes de ciencias suelen tener dificultades con ensayos en el área de ciencias sociales, incluso si pueden escribir de manera articulada en su propia disciplina.</p>
	9	La realimentación es recibida y atendida.	<p>Esta condición se refiere a la necesidad, en ocasiones, de proporcionar un estímulo adicional a los estudiantes para que acepten la realimentación como una actividad y la integren en su aprendizaje en vez de pasarla por alto centrándose en la calificación numérica. Algunas fórmulas son:</p> <p>Solicitar a los estudiantes que especifiquen en que partes de tarea desean recibir realimentación.</p> <p>Proporcionar una realimentación, pero no una calificación. De esta forma los estudiantes tienen que leer la realimentación para tener alguna idea del resultado de su actividad.</p> <p>Solicitar una autoevaluación (sin nota) para que el estudiante compruebe si la opinión del docente se corresponde a las suyas propias.</p> <p>Llevar a cabo una evaluación en dos etapas: una primera con realimentación sin nota, destinada a permitir al estudiante mejorar la calidad del trabajo; una segunda etapa para calificar el trabajo.</p> <p>Proporcionar un grado sólo después de que se haya completado la autoevaluación y la realimentación del tutor.</p>

¹ (c) denota Continua.

Categoría	Nº	Condición	Contexto
Influencia de la realimentación en el aprendizaje(c)	10	La realimentación es integrada por el estudiante	<p>Esta condición se refiere al impacto de la realimentación en el aprendizaje futuro. La realimentación puede corregir con exactitud los errores, pero todavía no conduce a ningún cambio en la forma en que un estudiante va a afrontar la próxima asignación o aborda cualquier tarea de aprendizaje futuro. Esto puede estimularse mediante:</p> <p>La realimentación se entrega a tiempo.</p> <p>La realimentación mira hacia adelante teniendo presente las futuras actividades y tareas.</p> <p>La realimentación proporciona una guía específica (p.e. "revise apartado 2, tema 5", y no "revise la bibliografía").</p> <p>La realimentación no presupone habilidades/capacidades que el estudiante no tiene porqué poseer (p.e. "expresese con mayor claridad").</p> <p>La realimentación es motivadora y alentadora.</p> <p>El docente debe llevar un seguimiento personalizado del estudiante en las subsiguientes tareas y actividades en pro de evidenciar el seguimiento de la realimentación.</p>

Un aspecto que desde hace tiempo numerosos autores destacan son los tiempos en la entrega de la realimentación (Black y Williams, 2009; Epstein et al., 2002; Webb, Stock y McCarthy, 1994; Chickering y Gamson, 1991; Kulik y Kulik, 1988; McKeachie, et al., 1986). Los retrasos en la realimentación pueden provocar que una evaluación que pretende ser formativa no pueda serlo. Al integrar la realimentación en la instrucción en general, se vuelve más útil para los estudiantes en lo que se refiere a lo que están haciendo en este momento (Havnes et al., 2012).

Otro factor importante revelado en un estudio llevado a cabo por Havnes et al. (2012) acerca de la evaluación formativa y la realimentación en 6 institutos de Noruega, es que la medida en que los estudiantes perciben la realimentación como útil también se relaciona con la forma y el lenguaje en el que se da y con la atmósfera del aula. De esta forma, retroalimentaciones críticas en contextos apropiados son percibidas como constructivas por los estudiantes.

2.6.2. Evaluación en entornos prácticos

Las prácticas de laboratorio desempeñan un papel importante en la enseñanza, especialmente en determinadas áreas (ingeniería, ciencias, sanitaria, etc.). Por lo tanto, es vital trasladar tanto la evaluación formativa de una forma efectiva como la evaluación sumativa de una forma objetiva al entorno de prácticas. No basta con "saber", sino hay que "saber hacer", y si bien es cierto que cualquier tipo aprendizaje se consolida cuando

se ponen en práctica los conocimientos y capacidades adquiridas, en las carreras técnicas este hecho resulta crucial (Romero Yesa, 2015).

Las experiencias de aprendizaje práctico, llevadas a cabo en laboratorio, son cruciales en los procesos de aprendizaje para la educación en ingeniería (Costa, Alves y Zenha-Rela, 2012). En la educación/aprendizaje a distancia, donde las experiencias de laboratorio tienen que estar disponibles remotamente para fomentar el intercambio de recursos de laboratorio y disponibilidad potencialmente a tiempo completo, aún son más relevantes (Gomes y Bogosyan, 2009). Para resolver esta dificultad, la implementación en red, mediante aplicaciones web, permite fácilmente la disponibilidad del entorno de formación (Gomes y Bogosyan, 2009; López et al., 2009).

El proceso tradicional de evaluación del trabajo de laboratorio, basado en un informe de prácticas una vez completado el trabajo de laboratorio, ha sido ampliamente documentado tanto para obtener el compromiso e interés de los estudiantes como para la promoción de habilidades que promuevan el pensamiento crítico (DeMara et al., 2016; Vargas y Hanstedt, 2014; Macías, 2012).

Sin embargo, en las prácticas de laboratorio existen ciertas conductas no deseables y factores que interfieren con los beneficios buscados con la experimentación. Además, algunos de estos inconvenientes son difícilmente controlables por los docentes, como por ejemplo que los estudiantes se limiten a seguir el guion de prácticas sin involucrarse cognitivamente en el proceso, que los estudiantes se accedan al laboratorio sin los conocimientos teóricos deseados entorpeciendo el proceso de aprendizaje práctico, o que, en las prácticas en grupo, que determinados estudiantes se limiten a estar a la sombra de un compañero con mayores conocimientos y/o capacidades.

Para limitar estos inconvenientes y obtener una evaluación sumativa equitativa, se han planteado diversas metodologías de evaluación. Por ejemplo, Yildiz y Baba (2014) describen un sistema, basado en lógica difusa, puesto en práctica para la evaluación de las prácticas presenciales de laboratorio en el departamento Electronic-Computer Education de la Universidad de Mármara, Turquía. Las prácticas presenciales se llevaban a cabo en grupos de 3 estudiantes. Los autores emplearon tres técnicas de evaluación diferentes: evaluación entre pares, evaluación del grupo y evaluación personal, con diferentes pesos para la calificación final. Asimismo, cada técnica evaluativa empleada, estaba compuesta por distintos subelementos (Tabla 18). Para la evaluación entre pares, los autores implementaron un modelo para emplear de forma más segura este tipo de evaluación, debido a su elevada vinculación con las relaciones personales. Los autores concluyen que la evaluación entre pares ayudó a los estudiantes a ver su progreso, mientras que la evaluación del trabajo de grupo incitó un entorno colaborativo entre los

distintos miembros del grupo para el trabajo grupal y el análisis intragrupal de los informes de prácticas individuales.

Como se observa en la Tabla 18, a la hora de evaluar el trabajo en el laboratorio, los autores consideran como aspectos importantes aquellos relativos al conocimiento previo en la materia. Sin embargo, en este sentido se discrepa de la evaluación de contenidos teóricos en un entorno de laboratorio, no así de la aplicación de los modelos teóricos en el entorno práctico. En este sentido, factores como la puntualidad en el laboratorio (aspecto formal no relacionado con el desempeño o capacidades), o el tiempo requerido para completar los experimentos (que, según los autores, puede estar influido por unos guiones de prácticas confusos o provocado porque ciertos estudiantes o grupos trasladen marcos teóricos en entornos prácticos a fin de acelerar el proceso experimental y cumplir con los objetivos establecidos) pueden desviar el foco sobre los objetivos reales de la experimentación.

Tabla 18. Estructura de criterios y subcriterios de evaluación y sus pesos.
(Yildiz y Baba, 2014).

Main Criteria	Weight %	Sub Criteria	Weight %
Peer Assessment	35	The contribution to the experiment of the group member	25
		The contribution to the laboratory reports of the group member	26
		Satisfying the responsibilities to the experiments of the group member	15
		Adaptation with other group members	15
		Carefulness and attention of the group member to the experiments	19
Student Assessment	38	Being in time at laboratory	12
		The theoretical knowledge about experiment	18
		Applying theoretical knowledge to the experiment	20
		The contribution to the experiment of the student	18
		Interpretation of experiment results by student	14
		Adaptation about laboratory rules	7
		The success about collaborative study	11
Group Assessment	27	Interpretation of experiment results by student	23
		The success about experiment reports	15
		Setting the experiment on physical environment	25
		Having the needed experiment materials	19
		Completing the experiment on time	18

Asimismo, por parte de los docentes que pretenden una evaluación formativa, existen también inconvenientes que pueden entorpecer el proceso de aprendizaje experimental de los estudiantes. En el caso que nos ocupa, la realimentación recibida por los estudiantes en las prácticas de laboratorio. Esta puede retrasarse de forma que cuando el estudiante la recibe haya perdido los aspectos críticos de la experimentación. Por otro lado, una realimentación exhaustiva del informe consume mucho tiempo y este retraso

se multiplica en asignaturas con un elevado número de estudiantes. A pesar de que un retraso de la realimentación de las prácticas de laboratorio puede ser útil para ayudar a la reflexión por parte del estudiante, una elevada dilación puede ser perjudicial para el proceso de aprendizaje debido a que el estudiante no emplea la realimentación como herramienta de instrucción (Chen et al., 2017; Epstein et al., 2002; Webb, Stock y McCarthy, 1994; Kulik y Kulik, 1988), provocando que una evaluación que pretende ser formativa no pueda serlo.

Hatfield y Lovegrove (2012) han analizado la componente práctica en un área tan crítica como la sanitaria. Los autores concluyen que, aunque la calificación de la práctica requiere una exploración más profunda, la competencia puede ser definida, medida y las notas resultantes incorporadas en una evaluación global con relativa facilidad. Asimismo, añaden que la coherencia entre evaluadores sigue siendo un problema, pero puede ser asistida por el uso de plantillas de habilidades y una herramienta de calificación.

En el área de la electrónica analógica, Gustavsson et al. (2009) proponen la autoevaluación de las prácticas mediante la comprobación de los resultados obtenidos en el laboratorio (tanto en laboratorios presenciales como remotos), el empleo de simuladores y los cálculos en papel realizados previamente. Si los resultados son coherentes, los estudiantes tendrán razones para creer que sus cálculos son correctos.

De forma similar al planteamiento especificado por Gustavsson et al. (2009), el proyecto Go-Lab (Go-lab-project.eu, 2016) propone una metodología práctica basada en el método científico para alcanzar el aprendizaje. El enfoque del proyecto pretende dotar de las metodologías basadas en la investigación, a fin de aumentar el interés de los estudiantes por la ciencia. Para ello se respalda en el empleo de los laboratorios remotos y laboratorios virtuales de los distintos miembros del consorcio y de herramientas creadas para dotar a la plataforma de distintos escenarios de aprendizaje (encontrar el error, aprendizaje basado en la crítica, enfoque Jigsaw, etc.). El entorno está dirigido tanto a docentes para crear sus propios Espacios de Aprendizajes basados en la Investigación (ILSs, del inglés Inquiry Learning Spaces) como a estudiantes para la experimentación.

El consorcio Go-Lab definió un Ciclo de Aprendizaje para especificar los pasos consecutivos de un proceso de aprendizaje basado en la investigación formado por cinco fases principales (Figura 76): Orientación, Conceptualización, Investigación, Conclusión y Discusión. Algunas de estas fases incluyen varios subprocesos. Todas las fases del proceso de aprendizaje de la investigación están estrechamente conectadas entre sí y proporcionan una estructura que apunta a aumentar la eficiencia de las actividades de aprendizaje realizadas con laboratorios en línea y las herramientas de aprendizaje

adicionales. Al tratarse de un enfoque de aprendizaje basado en la investigación, no posee una herramienta específica evaluativa/autoevaluativa del entorno de laboratorio.

Por todo lo anterior parece evidente que deben existir unos objetivos claramente definidos de lo que se pretende conseguir con las prácticas de laboratorios, sean éstos remotos o de cualquier otro tipo.

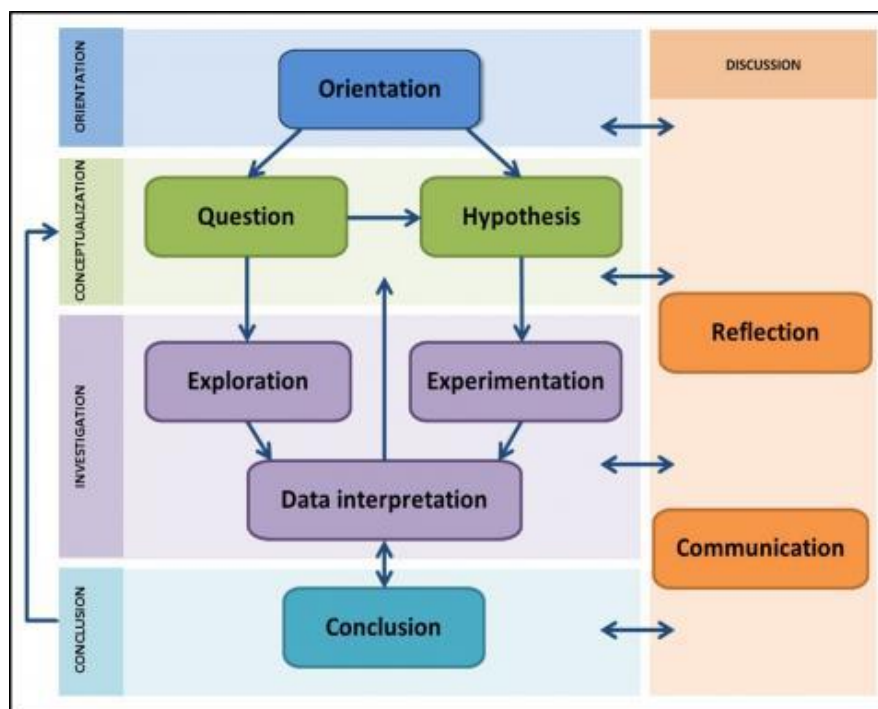


Figura 76. El ciclo de aprendizaje basado en la investigación del proyecto Go-Lab. (Go-lab-project.eu, 2016).

Romero Yesa (2015) toma como una referencia las conclusiones a las que se llegó en la reunión que en torno a este tema celebró el organismo americano Consejo de Acreditación de Ingeniería y Tecnología ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), dedicada a la acreditación de programas de educación universitaria o terciaria en disciplinas de ciencias aplicadas, ciencias de la computación, ingeniería y tecnología. En dicha reunión salió una lista de trece objetivos que abarcan el propósito fundamental de los laboratorios educativos de ingeniería, independientemente del tipo de laboratorio (Tabla 19).

Tabla 19. Objetivos propuestos por ABET, que abarcan el propósito fundamental de los laboratorios educativos de ingeniería. (Romero Yesa, 2015).

Objetivos	Explicación
Instrumentación	Utilizar los sensores, instrumentación, y/o herramientas de software apropiados para realizar mediciones de magnitudes físicas.
Modelos	Identificar las fortalezas y limitaciones de modelos teóricos como predictores de los comportamientos del mundo real. Esto incluye la evaluación de si una teoría describe adecuadamente un suceso físico, y establecer o validar la relación entre los datos medidos y los principios físicos subyacentes.
Experimentos	Elaborar un enfoque experimental, incluyendo los equipos y procedimientos apropiados, implementar estos procedimientos, e interpretar los datos resultantes para caracterizar materiales, componentes o sistemas.
Análisis de datos	Demostrar la capacidad de recopilar, analizar e interpretar los datos, y formarse y argumentar conclusiones. Usar sistemas de medida y conversión como magnitudes de medida de dichos juicios.
Diseño	Diseñar, construir o ensamblar una parte, un producto o un sistema, incluyendo el uso de metodologías, equipos o materiales específicos; el cumplimiento de los requisitos del cliente; desarrollando las especificaciones del sistema que cumplen los requisitos; y probando y depurando el prototipo, sistema o proceso con las herramientas apropiadas para satisfacer los requisitos.
Aprendizaje de los errores	Identificar los resultados fallidos debido a un equipo defectuoso, partes, código, construcción, proceso, o diseño, y rediseñar para una solución efectiva.
Creatividad	Demostrar niveles apropiados de pensamiento crítico, creatividad y capacidad en resolución de problemas del mundo real.
Psicomotricidad	Demostrar competencia en la selección, modificación y uso de las herramientas y recursos propios de la ingeniería.
Seguridad	Identificar las cuestiones de salud, seguridad y medio ambiente relacionadas con los procesos tecnológicos y actividades, y actuar de manera responsable con respecto a ellas.
Comunicación	Expresarse eficazmente sobre el trabajo de laboratorio, teniendo en cuenta la audiencia, tanto de forma oral como escrita, a nivel desde resúmenes ejecutivos hasta informes técnicos comprensivos.
Trabajo en equipo	Trabajar eficazmente en equipos, incluyendo responsabilidad individual y grupal; asignación de roles, responsabilidades y tareas; monitorización del progreso; cumplimiento de plazos; e integración de las contribuciones individuales en la entrega final.
Ética en el laboratorio	Comportarse según las normas éticas estándar, incluyendo la presentación de información de modo objetivo e interactuando con integridad.
Conciencia sensorial	Utilizar los sentidos para reunir información y realizar juicios relativos a la ingeniería en la formulación de conclusiones sobre los problemas del mundo real.

Como se resalta Romero Yesa (2015), los objetivos fueron escritos utilizando el estilo generalmente aceptado de utilizar un verbo para especificar la acción que el estudiante debe ser capaz de realizar como resultado de la experiencia con el laboratorio: aplicar, identificar, demostrar, diseñar, etc. Asimismo, destaca que, los trece objetivos abarcan todos los dominios de conocimiento, desde los cognitivos (instrumentación, modelos, experimentos, análisis de datos y diseño), pasando por psicomotrices (manipulación de aparatos y conciencia sensorial), hasta los actitudinales (aprendizaje de los errores, creatividad, seguridad, comunicación, trabajo en equipo, y ética).

2.6.3. Evaluación en línea

Todo lo expuesto en la evaluación de forma general, es aplicable a la evaluación a distancia, por lo tanto, y como señala Davis (2011), aquellas herramientas que únicamente proporcionan a los estudiantes la calificación obtenida vagamente pueden ser consideradas una evaluación formativa, ya que los estudiantes tendrían una realimentación mínima sobre su rendimiento: la calificación. Por lo tanto, los enfoques presentes en la evaluación de la educación presencial persisten en la evaluación a distancia. Sin embargo, la distancia característica entre profesor y estudiante en la educación a distancia requiere de las metodologías descritas para la intercomunicación, ya que la comunicación cara a cara, por lo general, no es una opción.

Otros autores van más allá de lo tradicionalmente pretendido en la evaluación en el entorno presencial y sostienen que el propósito de la evaluación en línea es realizar un seguimiento de lo que el estudiante entiende, mejorar los programas académicos y mejorar el aprendizaje de los estudiantes (Walker, Topping, y Rodrigues., 2008).

A pesar de que la transformación provocada por las TICs en la educación ha llevado a un cambio en la forma de evaluar, en la mayoría de los casos no es más que una copia de las evaluaciones en papel (Pachler et al., 2010; Marriot, 2009; Dorrego, 2006). Esta metodología tradicional empleada en la educación presencial, basada en la evaluación de los conocimientos de los estudiantes, no permite la evaluación de las competencias, aptitudes y habilidades que sí pueden ser reveladas en otros contextos de la educación presencial o semi-presencial (blended-learning), y que, en la educación distancia se tendrían que conjeturar o extrapolar. Por lo tanto, en la educación a distancia, este tipo de actividades permiten evaluar los conocimientos de los estudiantes, pero las particularidades del escenario requieren de actividades que puedan proporcionar más información acerca de este tipo de aspectos del aprendizaje (Millard et al., 2005).

2.6.3.1. Evaluación formativa en línea

Las características específicas de la educación a distancia dificultan un proceso de evaluación continua ya que el proceso de aprendizaje tiene lugar en solitario, lejos del profesor o la institución, sin embargo, la distancia física entre estudiante y profesor no debe suponer un inconveniente para llevar a cabo una evaluación formativa, sino que la educación a distancia requiere de herramientas adaptadas a su medio.

Autores como Morgan y O'Reilly (1999) o McVay (2007), este último en entornos de formación en línea específicamente, proponen como aspecto clave en la evaluación a distancia un cambio en el control del aprendizaje, cediéndolo el profesor para entregárselo al estudiante de forma progresiva, dotando al estudiante de habilidades de

autodirección. De esta forma se forma se promueve en el estudiante el pensamiento crítico, el establecimiento de objetivos, la autogestión, la autorregulación y la autoevaluación.

Algunos beneficios inmediatos de la evaluación asistida por ordenador son, por ejemplo, la reducción en el consumo de papel, flexibilidad en la entrega y en la devolución de los resultados de la evaluación, reducción en el tiempo de evaluación (en los casos que exista un sistema de corrección), procesamiento rápido de los resultados de la evaluación, mantenimiento automático de registros, la capacidad de crear un conjunto aleatorio de preguntas (de un repositorio de preguntas grandes) o la posibilidad de presentación de informes de las evaluaciones tanto para estudiantes como docentes.

Sin embargo, el uso de herramientas TICs en las evaluaciones ha traído una serie de beneficios, también hay algunos problemas asociados con ella (Jeong, 2012). Por ejemplo, se ha descubierto que algunos estudiantes se enfrentan a muchos retos cuando una tarea que se estaba haciendo previamente en papel se transfiere directamente a los ordenadores (Noyes y Garland, 2008).

Nikou y Economides (2013) llevaron a cabo un estudio para valorar las preferencias de los estudiantes de la evaluación online frente a la evaluación en papel. En dicho estudio se mostró que la mayoría de los estudiantes (73,5%) prefieren las actividades mediante herramientas online debido a que las completan más rápidamente. A este respecto, un motivo reflejado por Lim et al (2006), es que los estudiantes opinan que la evaluación online les permite trabajar a su propio ritmo. Asimismo, un 74,8% coincidían en que les gustaría más evaluaciones de este tipo.

Siguiendo con el estudio citado anteriormente, (Nikou y Economides, 2013), los autores evaluaron distintos aspectos de la evaluación online de los que, a continuación, se destacan 3:

- **Facilidad de uso.** El 82,5% de los estudiantes indicó que les resultaba fácil llevar a cabo este tipo de tareas, a pesar de que tan sólo el 76,2% de este porcentaje estaba formado por aquellos estudiantes competentes en este tipo de herramienta (PC). Para abordar los posibles inconvenientes experimentados por los estudiantes menos competentes en el empleo de las TICs, los autores proponen evaluaciones de ensayo, tutoriales o formación específica para este tipo de herramienta previo a la evaluación. En este mismo sentido, Ozden Erturk y Sanli. (2004) hacen hincapié en que los estudiantes deben recibir capacitación para asegurarse de que tienen familiaridad con la herramienta de evaluación. Este requisito prevé que

los estudiantes puedan concentrarse en el contenido de la e-evaluación formativa sin distraerse por una interfaz desconocida.

- **Asistencia.** Los resultados de este estudio demuestran que la disponibilidad de apoyo ya sea docente o técnico, podría mejorar el rendimiento de la evaluación de los estudiantes.
- **Desafío.** El estudio concluye que los estudiantes, incluso aquellos competentes en el empleo del PC, experimentan distintos tipos de desafíos (más allá de los relacionados con los contenidos de la actividad).

En la Tabla 20 se presentan 10 estudios a partir de los cuales Mawhinney (2013) ha llevado a cabo un análisis acerca de la evaluación en línea.

De los resultados de los 10 estudios, el autor destacó cuatro temas en común:

- Percepciones de la evaluación online.
- Validez y fiabilidad de la evaluación online.
- Soporte a los estudiantes en la evaluación online.
- Beneficios de evaluación online.

Tabla 20. Características descriptivas de los estudios.
(Mawhinney, 2013).

Authors	Country	Sample size	Participants	Method
Bouzidi y Jaillot (2009)	Algeria	242	Undergraduate students	Quantitative
Chen y Tsai (2009)	Taiwan	52	Graduate students	Quantitative
Costa, Mullan, Kothe, y Butow (2010)	Australia	43	Undergraduate students, faculty members, and graduate students	Quantitative
Dermo (2009)	UK	30	Undergraduate students	Qualitative
Gaytan y McEwen (2009)	US	2028	Undergraduate students and faculty members	Quantitative
Li, Steckelberg, y Srinivasan (2008)	USA	38	Undergraduate students	Mixed method
Ozden, Erturk, y Sanli (2004)	Turkey	46	Undergraduate students	Qualitative
Walker, Topping, y Rodrigues (2008)	UK	15	Undergraduate students	Qualitative
Yates y Beaudrie (2009)	USA	850	Undergraduate Students	Mixed method
Yilmaz (2010)	Turkey	14	Graduate students	Mixed method

Como ya se ha reflejado anteriormente por otros autores como Noyes y Garland (2008), en el análisis llevado a cabo por Mawhinney (2013), seis de los estudios encontraron que los estudiantes requieren apoyo continuo para facilitar su participación en la evaluación en línea.

En otro de los estudios de este análisis, (Ozden, Erturk y Sanli, 2004), se repite la problemática presentada por Nikou y Economides (2013) acerca de este tipo de entornos de evaluación para ciertos estudiantes, que pueden experimentar ansiedad hasta adaptarse a los sistemas de evaluación en línea.

En el análisis de los 10 estudios de la Tabla 20, se concluye que la evaluación en línea puede ser una estrategia válida para supervisar el aprendizaje de los estudiantes. También se observaron percepciones negativas de la evaluación en línea. Además de las ya comentadas en cuanto a la adaptación al entorno online, la idoneidad de un soporte técnico/docente y la, algunos estudiantes experimentaron cierto tipo de problemas con las preguntas para rellenar espacios en blanco, los intentos ilimitados, la asignación de preguntas aleatorias de un banco de preguntas o la incapacidad de editar las respuestas durante la evaluación formativa en línea. Para evitar estos inconvenientes Mawhinney (2013) recoge ciertas prácticas para captar a los estudiantes en la evaluación en línea: existencia de un soporte técnico/docente, empleo de distintas herramientas para la evaluación online (evaluaciones entre pares, auto-pruebas, cuestionarios, proyectos, portafolios, foros de discusión, etc.) y capacitar a los estudiantes en las herramientas a emplear para la evaluación, entre otras.

2.6.3.2. Herramientas de autoevaluación en línea

Las herramientas de autoevaluación en línea con realimentación (*'feedback'*), también conocidas como herramientas de evaluación formativas en línea, evolucionan de los sistemas de las herramientas de evaluación sumativas. En los últimos años, este tipo de herramientas suelen ser proporcionados o integrados como herramientas de los LMSs. A pesar de que los docentes pueden haber empleado metodologías de autoevaluación en el pasado, estas no eran prácticas sin un sistema de evaluación informatizado (Thelwall, 2000)

Existen múltiples ejemplos de sistemas de autoevaluación (formativos, sumativos o formativos y sumativos) tanto para contenidos teóricos o abstracciones de contenidos prácticos (Capras, Drugan y Bolboaca, 2017; Chen et al., 2017; Ohtsuki y Kakeshita, 2015; Pastötter y Bäuml, 2014; Kamal y Mohd, 2009; Aydin y Cagiltay, 2007)

Según Students at the Center Hub (Studentsatthecenterhub.org, 2017), proyecto fundado por JFF (Jobs for the Future, organización nacional sin ánimo de lucro para la generación de oportunidades educativas y económicas en las poblaciones desatendidas de los Estados Unidos), la autoevaluación es simplemente un proceso en el que los estudiantes identifican las fortalezas y debilidades de su propio trabajo y lo revisan en consecuencia a los resultados obtenidos en la autoevaluación. La autoevaluación efectiva involucra a los estudiantes confrontando su trabajo con normas y objetivos claros y

generando realimentación sobre el lugar donde necesitan hacer mejoras. Es una herramienta que puede promover el aprendizaje si se utiliza durante el aprendizaje. Para que la autoevaluación sea efectiva, los estudiantes deben ser capaces de usar su propia realimentación para revisar y mejorar su trabajo antes de que este sea calificado (Andrade y Valtcheva, 2009).

Asimismo, Students at the center Hub establece que la autoevaluación no es un proceso por el cual los estudiantes determinan sus propias calificaciones. Aunque los estudiantes tienden a ser bastante honestos cuando se les pide autoevaluarse formativamente, a menudo la tentación de inflar una autoevaluación sumativa es demasiado grande. La autoevaluación consiste en promover el aprendizaje y el logro, no la calificación (Andrade y Valtcheva, 2009).

En esta línea, el siguiente paso a los sistemas de autoevaluación formativos son los Sistemas de Tutorización Inteligentes (ITSs, del inglés Intelligent Tutoring Systems). Los ITS son programas informáticos diseñados para proporcionar un aprendizaje efectivo y adaptable, y que también ayudan a los profesores a evaluar los procesos de pensamiento de los alumnos para estimar qué tipo de ayuda necesitan en cada momento. Basado en un consenso general entre los investigadores, un ITS está formado por cuatro componentes: modelo de dominio, modelo de alumno, modelo de tutoría y modelo de interfaz de usuario (Kurup et al., 2016). El desafío en los ITSs es decidir la secuencia más apropiada de actividades que ayuden a mejorar el aprendizaje, de manera autónoma, en una determinada área o capacidad. Existen numerosos ITSs dedicados a materias tan alejadas como la electrónica, (Britto et al., 2017) o (Baneres y Saiz, 2016); medicina, (Doleck et al., 2015; Doleck et al., 2014); matemáticas, (Zhang y Jia, 2017; Arnauet al., 2014); aprendizaje de idiomas, (Vinchurkar y Sasikumar, 2015; Slavuj, Kovacic y Jugo, 2015); y hasta para el aprendizaje de niños con el síndrome autista (Aljameel et al., 2017).

2.6.3.3. Herramientas de Evaluación/Autoevaluación en entornos prácticos

Como se indica Romero Yesa (2015), “aunque la bibliografía en cuanto a herramientas de evaluación electrónica es extensa, no es así cuando la evaluación se refiere al campo de los laboratorios remotos”. Incluso cuando se encuentran artículos sobre evaluación de laboratorios remotos, se suelen referir a estudios sobre la evaluación de su efectividad, o de alguna de sus características, y no a pruebas de evaluación del aprendizaje del alumnado realizadas con laboratorios remotos.

En este sentido, Keuning Jeuring y Heeren (2016) han analizado y categorizado 69 herramientas para la generación de realimentación y evaluación para lenguajes de programación. Los autores concluyen que muy pocas herramientas proporcionan una realimentación sobre “cómo proceder” ante los fallos encontrados, la mayoría de ellos se

basan en la ejecución de casos de prueba y dan poca o ninguna información sobre cómo corregir un error. Según la definición en la que se apoyan los autores, estas herramientas carecen de los medios para ayudar realmente a un estudiante. Asimismo, concluyen que la realimentación que generan las herramientas no es tan diversa, y se centra principalmente en la identificación de errores. A pesar de que los distintos autores de los sistemas automáticos de evaluación afirman que la intención de la realimentación en su herramienta es el aprendizaje de los estudiantes. Keuning Jeuring y Heeren (2016) insisten en que muchas de las herramientas analizadas son herramientas automatizadas de evaluación, que a menudo se usan para calificar (evaluación sumativa) a un gran número de estudiantes.

Si la calificación es el único propósito, se podría concluir que no es necesaria una realimentación más elaborada. Sin embargo, si se pretende que los estudiantes aprendan de sus errores y autorregulen su aprendizaje, la realimentación que proporciona una nota o una lista básica de errores no es suficiente.

2.6.3.3.1. AAAS

Romero Yesa (2015), propone un modelo desarrollado en la Universidad de Deusto, AAAS (Activities Automatic Assessment System), resultado de la investigación realizada sobre otros modelos ya existentes. Dentro de esta evaluación se hace hincapié en dos objetivos, la evaluación formativa y la evaluación sumativa, y en los dos sujetos que necesitan de dicha evaluación, el docente y el estudiante. Se pretende así dotar a ambos de la realimentación necesaria para conocer el proceso de enseñanza-aprendizaje desarrollado, de modo que tengan opción de modificarlo si así lo desean.

2.6.3.3.1.1. Entorno práctico empleado

El laboratorio empleado, al igual que en la presente tesis, es el laboratorio remoto VISIR. Su descripción detallada se encuentra en el 2.5.7.

2.6.3.3.1.2. Arquitectura del sistema de realimentación

Cada una de las fases de que consta AAAS (captura de datos, preprocesado de datos, análisis de datos y muestra de resultados) ha dado lugar a uno o varios módulos independientes que conectados entre sí permiten la evaluación de competencias prácticas en el laboratorio remoto VISIR. El modelo implementado se muestra en la Figura 77.

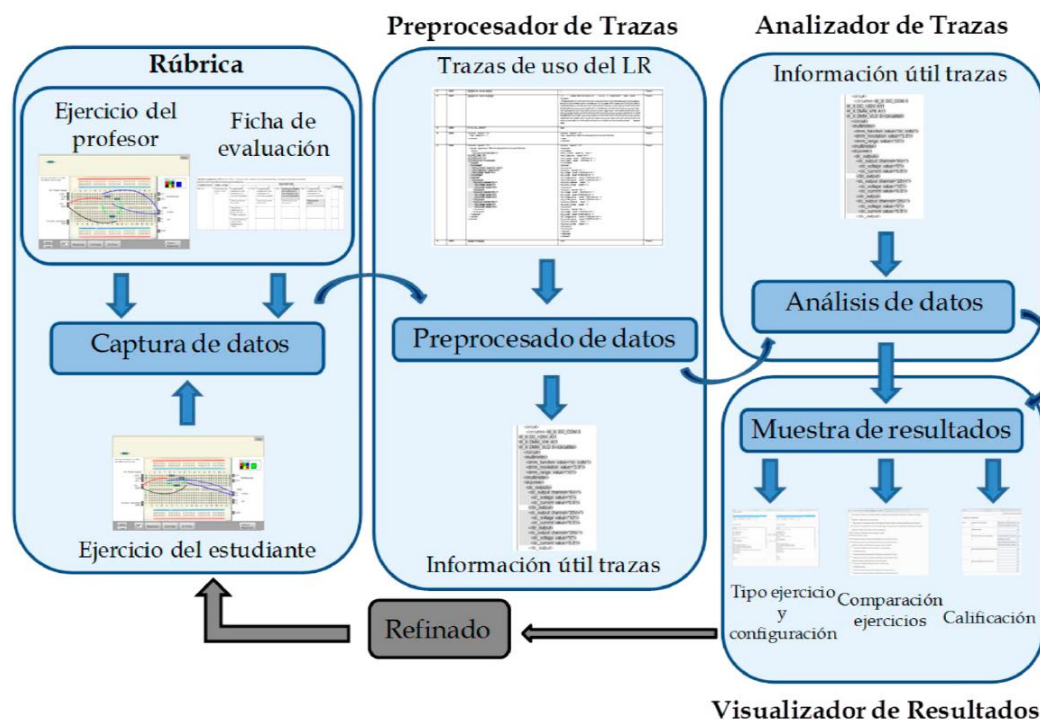


Figura 77. Modelo de evaluación automática propuesto.
(Romero Yesa, 2015).

2.6.3.3.1.3. Funcionamiento del sistema

El esquema general de la aplicación se muestra en la Figura 78. En dicha figura se muestran las distintas pantallas del sistema.

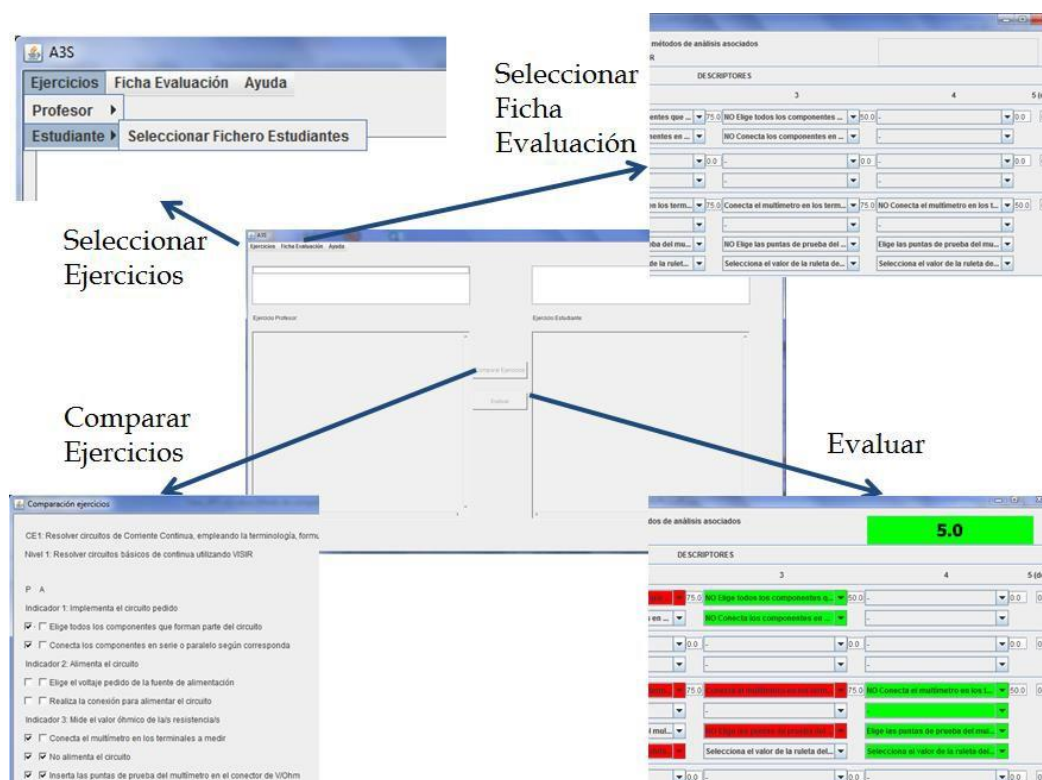


Figura 78. Pantallas de la aplicación a partir de la principal (centro).
(Romero Yesa, 2015).

El preprocesado de datos consiste en una hoja de cálculo (fichero xlxs) donde cada columna se refiere a un tipo de datos concreto de los logs recogidos en VISIR (Figura 79). La información almacenada en cada columna se muestra en la Tabla 21.

	A	B	C	D	E	F	
1	15	47469	2/18/2013 11:34:53	2/18/2013 11:34:53	@@@initial::request@@@	{}	Fisica-1
2	15	47469	2/18/2013 11:34:53	2/18/2013 11:34:53	@@@initial::response@@@	{"url": ".../weblab/web/visir/loader.swf",	Fisica-1
3	15	47469	2/18/2013 11:34:54	2/18/2013 11:34:54	GIVE_ME_LIBRARY	failed	Fisica-1
4	15	47469	2/18/2013 11:51:50	2/18/2013 11:51:51	<protocol version="1.3">	<protocol version="1.3">	Fisica-1
					<protocol version="1.3"> <request sessionkey="069f65f146a1160c4376e9e3dc3a003b"> <circuit> <circuitlist>W_X DMM_AHI A11 W_X DMM_ALO A15 R_X A11 A15 1k R_X A11 A15 1k</circuitlist> </circuit> <multimeter> <dmm_function value="resistance"/> <dmm_resolution value="3.5"/> <dmm_range value="1.000000e+001"/> <dmm_result value="1.#QNAN0e+000"/> </multimeter> <functiongenerator> <fg_waveform value="sine"/> <fg_amplitude value="5.000000e-001"/> <fg_frequency value="1.000000e+003"/> <fg_offset value="0.000000e+000"/> <fg_startphase value="0.000000e+000"/> <fg_triggermode value="continuous"/> <fg_triggersource value="immediate"/> <fg_burstcount value="0"/>	<response> <multimeter> <dmm_function value="resistance"/> <dmm_resolution value="3.5"/> <dmm_range value="1.000000e+001"/> <dmm_result value="1.#QNAN0e+000"/> </multimeter> <functiongenerator> <fg_waveform value="sine"/> <fg_amplitude value="5.000000e-001"/> <fg_frequency value="1.000000e+003"/> <fg_offset value="0.000000e+000"/> <fg_startphase value="0.000000e+000"/> <fg_triggermode value="continuous"/> <fg_triggersource value="immediate"/> <fg_burstcount value="0"/>	

Figura 79. Parte del fichero con los datos recogidos de la actividad realizada. (Romero Yesa, 2015).

Tabla 21. Explicación de los datos recogidos en el fichero de trazas. (Romero Yesa, 2015).

Columna	Significado
A	Usuario: por defecto aparece el nombre de usuario del sistema, pero para el ejemplo se han utilizado datos anonimizados: de ahí que aparezca un número. El fichero puede contener datos de uso de uno o varios usuarios según se haya establecido el filtro al descargar los datos del laboratorio remoto.
B	Número de proceso: el laboratorio asigna un número a cada una de las peticiones de medida realizadas por los usuarios. El fichero puede contener datos de uso de uno o varios procesos según se haya establecido el filtro al descargar los datos del laboratorio remoto. Cada uno de estos procesos constituye un ejercicio, por lo que hay varias filas con un mismo número de proceso (circuito y datos adicionales).
C	Fecha y hora en que se envía información al laboratorio remoto. El fichero puede contener datos de uso de uno o varios días según se haya establecido el filtro al descargar los datos del laboratorio remoto.
D	Fecha y hora en que se recibe información del laboratorio remoto.
E	Datos enviados al laboratorio remoto. Entre esos datos se encuentra el circuito realizado.
F	Datos recibidos del laboratorio remoto. Entre esos datos se encuentran los resultados de mediciones realizadas sobre el circuito montado.
G	Experimento, de entre los que ofrece el laboratorio remoto VISIR, donde se está realizando la actividad.

En el fichero del profesor puede haber más de un ejercicio realizado, cada uno con unos objetivos concretos. En el del estudiante puede haber incluso ejercicios de diferentes alumnos (Figura 80). De entre los experimentos realizados por el profesor y de entre los experimentos ejecutados por los estudiantes, el docente selecciona aquellos que quiere evaluar: un experimento docente y un experimento del estudiante. Un ejemplo de la comparación resultante entre el experimento del docente y el experimento del estudiante se muestra en la Figura 81.

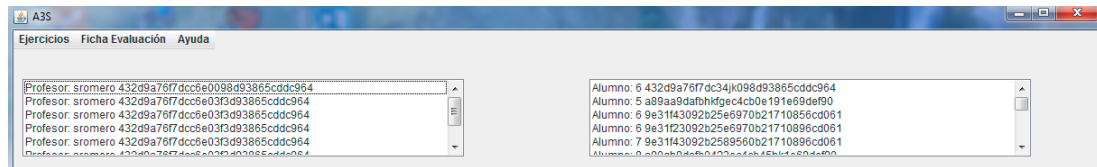


Figura 80. Carga en la aplicación de los ejercicios del profesor y del estudiante.
(Romero Yesa, 2015).

Según señala Romero Yesa, el algoritmo de identificación de la configuración del circuito y el de determinación del tipo de ejercicio constituyen el análisis crítico sobre el que se sustenta toda la evaluación: si la configuración determinada y/o el tipo no son los correctos, la comparación entre el ejercicio del profesor y el del estudiante tampoco lo será, y tampoco las competencias adquiridas podrán ser evaluadas ya que se basan en los indicadores que deben observarse para cada tipo de ejercicio. La Figura 82 muestra el algoritmo de determinación del tipo de ejercicio. Cuando según el análisis el tipo de ejercicio parece uno, pero la configuración del multímetro no coincide para ese tipo, el algoritmo llega a un estado de error, que es reflejado posteriormente en la realimentación. En la Tabla 22 se recoge el significado de los tipos de ejercicio y de los errores asociados.

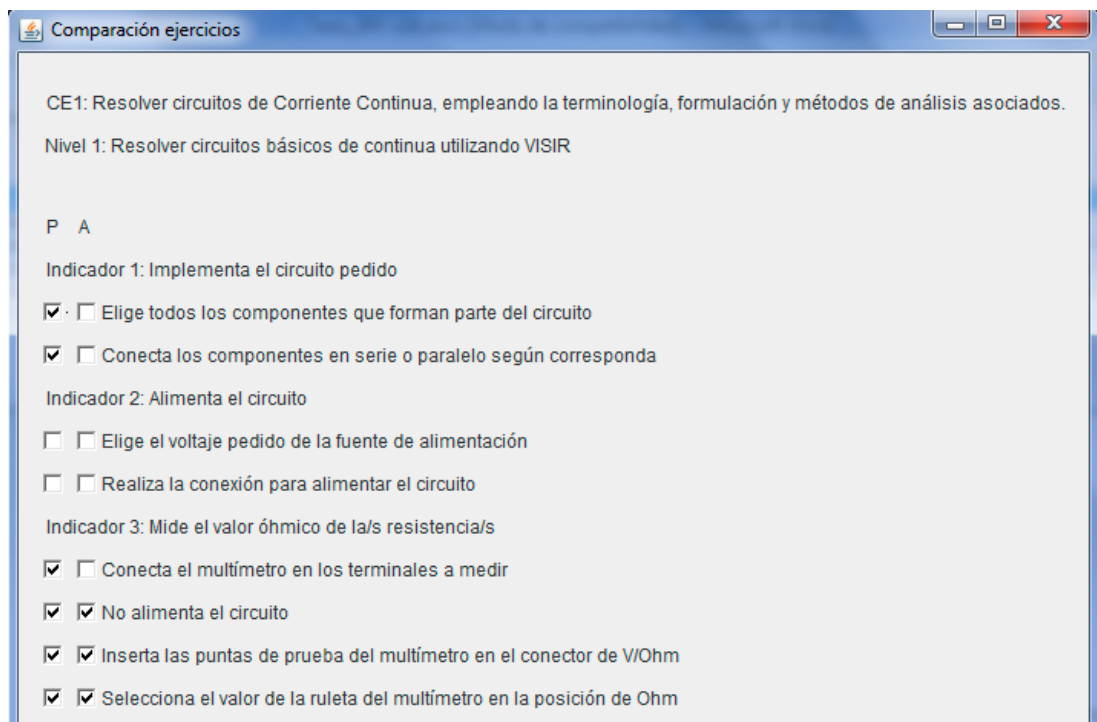


Figura 81. Muestra de la comparación entre los ejercicios de profesor y estudiante.
(Romero Yesa, 2015).

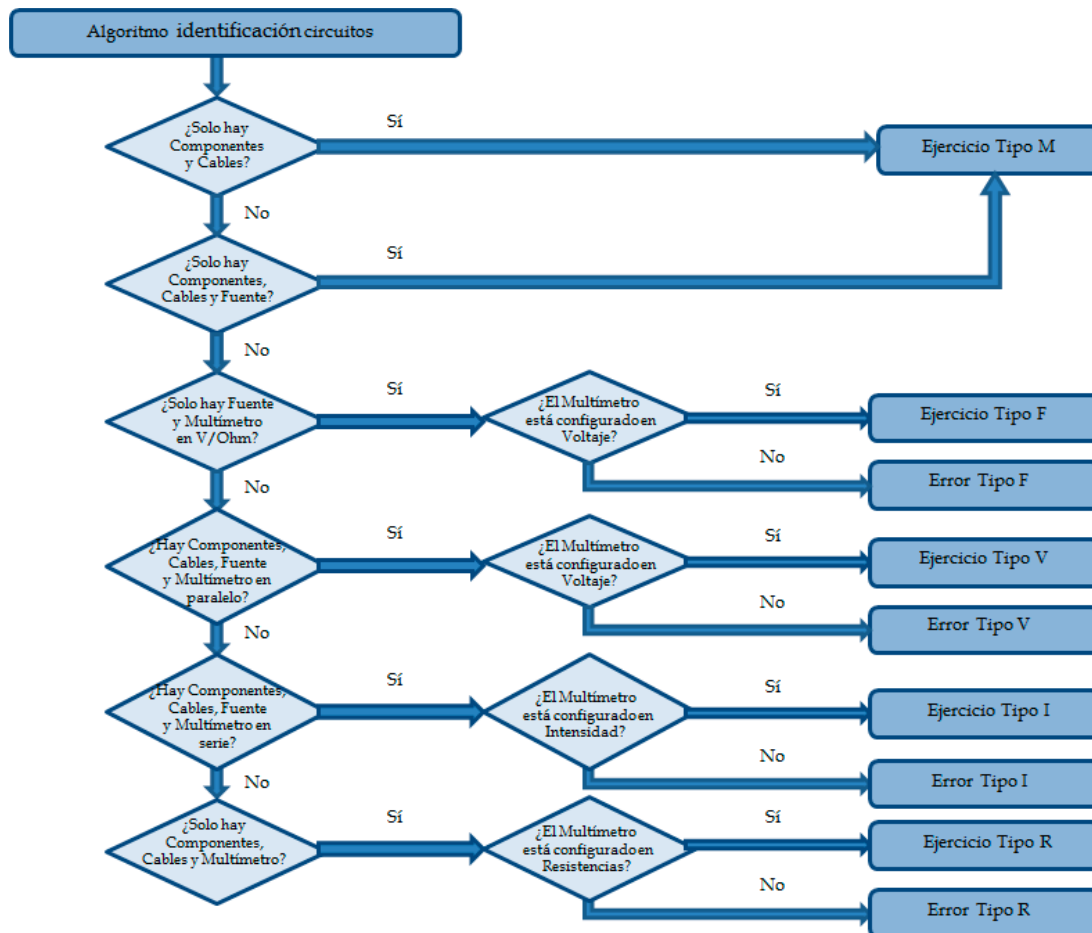


Figura 82. Algoritmo de determinación del tipo de ejercicio.
(Romero Yesa, 2015).

Tabla 22. Significado de los tipos de ejercicio y de los errores asociados.
(Romero,2015).

Tipos de ejercicios y errores asociados	Significado
Ejercicio Tipo M	El análisis indica que se trata de un ejercicio de montaje de circuitos.
Ejercicio Tipo F	El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición del voltaje de la fuente de alimentación.
Error Tipo F	El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición del voltaje de la fuente de alimentación, pero el multímetro no está configurado del modo correcto.
Ejercicio Tipo V	El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de voltajes.
Error Tipo V	El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de voltajes, pero el multímetro no está configurado del modo correcto.
Ejercicio Tipo I	El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de intensidades.
Error Tipo I	El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de intensidades, pero el multímetro no está configurado del modo correcto.
Ejercicio Tipo R	El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de resistencias.
Error Tipo R	El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de resistencias, pero el multímetro no está configurado del modo correcto.

Para obtener el resultado cuantitativo de la evaluación, el sistema requiere de tres datos de entrada:

- El experimento del profesor.
- El experimento del estudiante.
- La ficha de evaluación que en cada ocasión se puede configurar una nueva ficha o seleccionar una ya existente previamente guardada.

Figura 83. Muestra del resultado cuantitativo del ejercicio a partir de la ficha de evaluación. (Romero Yesa, 2015).

2.6.3.3.2. SISA-EMU

En el Departamento de Arquitectura de Computadores de la Escuela de Informática de la Universidad Politécnica de Cataluña, se ha desarrollado un entorno de simulación con fines didácticos (SISA-EMU) que permite al alumno desarrollar, probar y depurar sus programas (Álvarez et al., 2008). Además, este entorno aporta la capacidad de ofrecer realimentación. El objetivo del laboratorio es el aprendizaje del funcionamiento de un procesador a lo largo de distintas asignaturas. El aprendizaje se basa en 3 etapas de dificultad creciente:

- Sistema básico: unicycle.
- Sistema medio: multiciclo en orden.
- Sistema con las técnicas más actuales: superescalar.

2.6.3.3.2.1. Entorno práctico empleado

Para el desarrollo de las prácticas se emplea un procesador simulado, denominado SISA-F, de 16 bits, RISC y multiciclo. Para trabajar sobre este procesador se ha desarrollado un entorno de simulación (SISA-EMU) que permite al alumno desarrollar, probar y depurar sus programas.

La máquina SISA-F es una máquina multiclo en orden con unidad de coma flotante. La máquina de arquitectura SISA-F se utiliza para enseñar lenguaje ensamblador y el sistema de entrada/salida del procesador.

El entorno SISA-EMU permite comprobar rápidamente si una solución es correcta. Además, incorpora un sistema de realimentación automático que orienta a los alumnos sobre los errores que han cometido. Con esta herramienta se fomenta que los alumnos trabajen de forma semiautónoma y obtengan un mayor provecho de los problemas realizados.

2.6.3.3.2. *Arquitectura del sistema de realimentación*

La arquitectura SISA (Simple Instruction Set Architecture), ha sido desarrollada con fines didácticos en el Departamento de Arquitectura de Computadores de la Escuela de Informática de la Universidad Politécnica de Cataluña (Jiménez-González et al., 2008).

SISA-EMU ha sido desarrollado en JAVA, y la interfaz de scripts en Python incluye un conjunto de comandos de depuración. Funciona como un depurador no interactivo que ejecuta y prueba el programa de ensamblador siguiendo los comandos escritos por el profesor en un script específico para cada ejercicio (Jiménez-González et al., 2008). El script del profesor puede configurarse para que se ejecute en cada paso, establecer puntos de interrupción, comprobar los registros y el valor de las direcciones de memoria, supervisar la memoria y los puertos de entrada/salida y proporcionar información de realimentación sobre errores encontrados durante la ejecución. Aparte de comprobar la corrección del programa, su principal objetivo es identificar si los errores cometidos por el estudiante se encuentran dentro del conjunto de errores más frecuentes que el docente ha tenido en cuenta y emitir los mensajes de realimentación apropiados.

El sistema de autocorrección de cada ejercicio planteado en el entorno es único y debe ser generado por el docente. Para ofrecer realimentación, el entorno de prácticas incluye un soporte desarrollado en JAVA

2.6.3.3.3. *Funcionamiento del sistema*

El entorno para realizar estas prácticas consiste en tres programas: un ensamblador, un enlazador, y un programa depurador y simulador. El simulador incorpora entre sus funcionalidades la simulación de los dispositivos de entrada/salida más usuales como la impresora, el teclado, etc.

El entorno SISA-EMU se encarga de cubrir los errores más frecuentes en las prácticas en el simulador SISA-F. De esta forma, el docente puede dedicar más tiempo a atender otro tipo de dudas más problemáticas y los estudiantes poseen un entorno de aprendizaje en el que se sienten más seguros. Para conseguir estos objetivos, el docente debe definir

estos errores más frecuentes en cada problema planteado y como comprobarlos en el entorno SISA-EMU. La metodología para la obtención del pseudocódigo que los autores han seguido es la siguiente (Álvarez et al., 2008):

1. Definición del resultado correcto del problema.
2. Definición de unos valores de comprobación inequívocos para saber si el resultado es correcto.
3. Definición de los errores generales más habituales que realizan los alumnos.
4. Definición de los criterios de comprobación de dichos errores generales.
5. Definición de los errores específicos del problema más habituales.
6. Definición de los criterios de comprobación de dichos errores específicos.

Para comprobar que el programa funciona correctamente el simulador ofrece la posibilidad de ejecución continua o paso a paso, y de inspeccionar valores de memoria como se muestra en la vista del depurador de la Figura 84. También se puede observar la ejecución del programa “desde fuera” si el programa interactúa con los dispositivos de entrada/salida, tal y como muestra en la vista de simulación de la Figura 84.

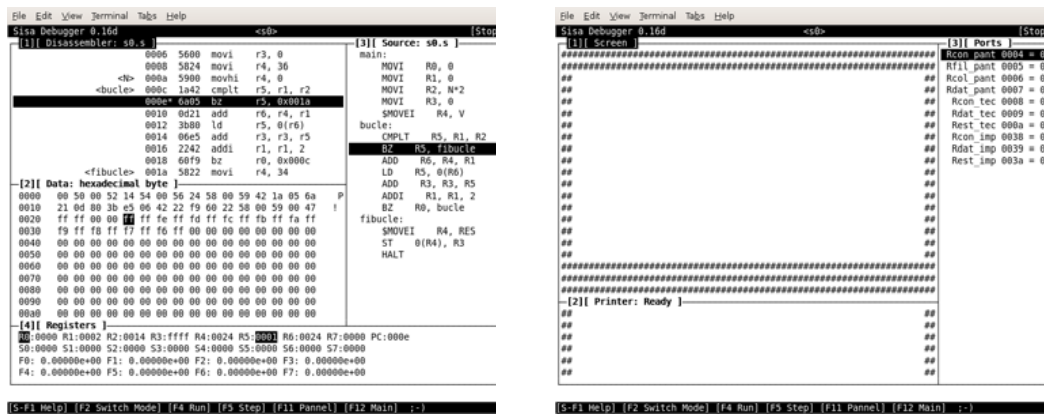


Figura 84. El simulador SISA-F. Vista del depurador (izquierda), vista de la simulación (derecha). (Álvarez et al., 2008).

El entorno, devuelve, a partir de una solución realizada por los alumnos, una evaluación de si esta solución es correcta o no, y en caso de que no lo sea, proporciona orientaciones acerca de en qué puede estar equivocada, de forma que el proceso de aprendizaje se vuelva independiente del profesor.

Por ejemplo, partiendo del ejemplo mostrado en la Figura 85, los docentes establecen los criterios de corrección, así como los criterios para detectar los errores más habituales y el mensaje de información sobre los mismos. Estos aspectos se muestran en la Tabla 23. El script resultante para realizar las comprobaciones y dar los mensajes descritos se muestra en la Figura 86.

```

Traduce a ensamblador SISA-F el siguiente programa en alto nivel:
#define N 5
int RES=0;
int V[N]={-1,-2,-3,-4,-5};

main(){
    register int i; // R1

    for (i=0; i<N; i++)
        RES=RES+V[i];

}

Si el programa es correcto el valor final de la variable RES será de -15.

```

Figura 85. Problema propuesto a los alumnos.
(Álvarez et al., 2008).

Tabla 23. Especificación del script de corrección.
(Álvarez et al., 2008).

#	Criterio	Comprobación	Mensaje si se cumple
1	Código correcto	RES = -15 El programa acaba en el fin del main	Tu programa es correcto.
2	Errores habituales: Acceso no alineado	El programa genera una excepción por acceso no alineado	Tu programa realiza un acceso de 2 bytes a una dirección impar. Comprueba si calculas bien la dirección de los elementos V[i].
3	Error habitual: acceden a los elementos correctos, pero no los suman en la variable destino.	Acceden a los elementos que deben acceder, pero RES no vale -15	Tu programa lee los valores que tocan, pero no los sumas bien o no los guardas en memoria.
4	Error habitual: acceden a memoria, pero no al vector V	Acceden a elementos cuya dirección no pertenece al vector	Lees direcciones de memoria que no tocan. Verifica el cálculo de la dirección que lees.
5	Error habitual: El programa no acaba	El programa no acaba	Tu programa no acaba, has programado un bucle infinito.
6	Error específico: Realizan 5 sumasen vez de un bucle	El código contiene 5 loads.	No debes sumar los 5 elementos uno a uno sino hacerlo con un bucle. Repite el problema.
7	Error específico: No leen de memoria los valores del vector, sólo calculan su dirección.	No ejecutan ninguna instrucción LOAD	Tu programa no lee los elementos V[i] de memoria. Debe hacerlo con instrucciones LOAD.
8	Error específico: No realizan correctamente el bucle (este no se ejecuta 5 veces)	El código debe ejecutar la instrucción de suma exactamente 5 veces.	Tu código tiene un bucle que se ejecuta N veces en vez de 5. Compruébalo.
9	El sistema no es capaz de determinar que hace el programa.	Ninguno de los anteriores.	Error indefinido, consúltalo con el profesor.

2.6.3.3.3. Módulo de verificación en SDLDS

Stanisavljevic et al. (2013), Stanisavljevic Nikolic y Djordjevic (2012) y Pavlovic et al. (2011) describen un simulador en electrónica digital para la promoción del autoaprendizaje, la verificación del trabajo de los estudiantes y la automatización de la evaluación desarrollado por los autores para su integración en las asignaturas de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Belgrado.

2.6.3.3.3.1. Entorno práctico empleado

El sistema SDLDS (del inglés System for Digital Logic Design and Simulation) está implementado como una aplicación de escritorio en Java, por lo que es independiente de la plataforma. Los autores facilitan el software SDLDS gratuitamente para su uso en otras instituciones educativas.

2.6.3.3.3.2. Arquitectura del sistema de realimentación

El sistema está formado por tres módulos independientes integrados en un sistema completo (Figura 87):

- Módulo de síntesis: permite a los usuarios seguir paso a paso el procedimiento formal para la síntesis de un circuito de conmutación arbitrario combinacional o secuencial
- Módulo de simulación: El módulo de simulación permite a los usuarios diseñar y simular un circuito de conmutación arbitrario
- Módulo de verificación: El módulo de verificación permite a los usuarios verificar y evaluar la corrección de una realización de circuito de conmutación arbitraria
- La integración de estos módulos se realiza con cuatro tipos diferentes de archivos, como se muestra en la Figura 88.

2.6.3.3.3.3. Funcionamiento del sistema

El sistema SDLDS permite al usuario diseñar y simular un circuito de conmutación. El diseño se puede llevar a cabo de dos formas. El comportamiento de cualquiera de los esquemas estructurales resultantes se puede verificar a través de la simulación:

1. Mediante la especificación formal del circuito de conmutación. El sistema pasa a la pantalla de síntesis del circuito de conmutación (Figura 89) y proporciona su esquema estructural en función de la selección y de los valores establecidos. El estudiante debe rellenar la tabla de la verdad. Asimismo, el sistema produce, basándose en mapas de Karnaugh, las expresiones y los esquemas de las estructuras para la mínima suma de productos (MSPF, del inglés minimal sum-of-products) y el mínimo producto de las sumas (MSPF, del inglés minimal product-of-sums) (Figura 90).
2. Mediante la interconexión manual, el usuario puede emplear los módulos, disponibles en el sistema, hasta completar el esquema estructural deseado (Figura 91).

```

def hand_mem(addr,mode,size):
    global lastaddr, stride, stride_wrong
    global addr_ok, addr_wrong
    global num_reads_ok, num_reads
    global lastread, oneload

    if mode == MemAccessMode.READ:
        num_reads = num_reads + 1
        addr_ok = 0
        for i in range(5):
            if addr == sym_value("V")+i*2:
                addr_ok = 1
        if addr_ok == 0:
            addr_wrong = 1
        else:
            num_reads_ok = num_reads_ok + 1 if
            lastread == 0:
                lastread=pc()
            else:
                if lastread != pc():
                    oneload = 0
            if lastaddr == -1:
                lastaddr = addr
            elif stride == -1:
                stride = addr - lastaddr;
                lastaddr = addr
            elif stride != addr - lastaddr:
                stride_wrong = 1
            else:
                lastaddr = addr

    else:
        if addr != sym_value("RES"):
            addr_wrong = 1;

#Inicialización de variables
num_reads_ok = 0; num_reads = 0
addr_wrong = 0; lastaddr = -1
stride = -1; stride_wrong = 0
lastread = 0; oneload = 1

# Activamos handler de acceso a memoria
mem_access_subscribe(hand_mem)

# Ejecutamos y analizamos resultados
stepi(1000)

if pc() == sym_value("RSE_default_halt"):
    print "Mensaje 2 de Tabla 4"
elif disasm(pc()) != 'halt ':
    print "Mensaje 5 de Tabla 4"
elif num_reads == 0:
    print "Mensaje 7 de Tabla 4"
elif oneload != 1:
    print "Mensaje 6 de Tabla 4"
elif sym_read16("RES") == -15 and \ num_reads_ok
    == 5 and (stride == 2 or \ stride == -2) and
    addr_wrong == 0:
    print "Tu programa es correcto."
elif num_reads_ok == 5 and (stride == 2 \ or
    stride == -2) and addr_wrong == 0:
    print "Mensaje 3 de Tabla 4"
elif num_reads != 5:
    print "Mensaje 8 de Tabla 4"
elif addr_wrong == 1:
    print "Mensaje 4 de Tabla 4" else:
    print "Mensaje 9 de Tabla 4"

```

Figura 86. Script para realizar las comprobaciones del ejercicio de la Figura 85 y para proporcionar los mensajes descritos en la Tabla 23.

(Álvarez et al., 2008).

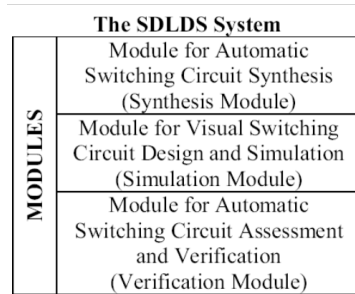


Figura 87. Sistema modular del simulador SDLDS.
(Stanisavljevic, Nikolic y Djordjevic, 2012).

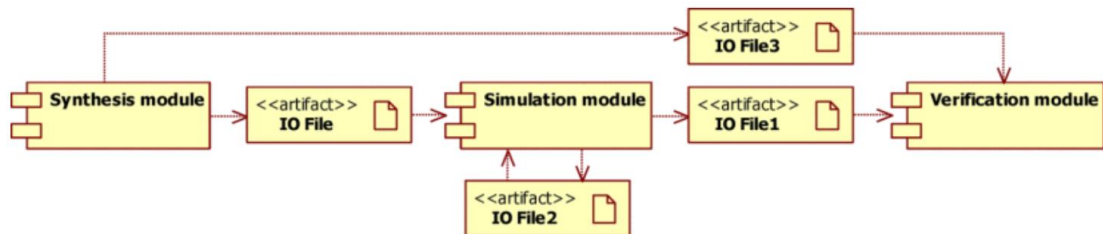


Figura 88. Integración del sistema SDLDS.
(Stanisavljevic et al., 2013).

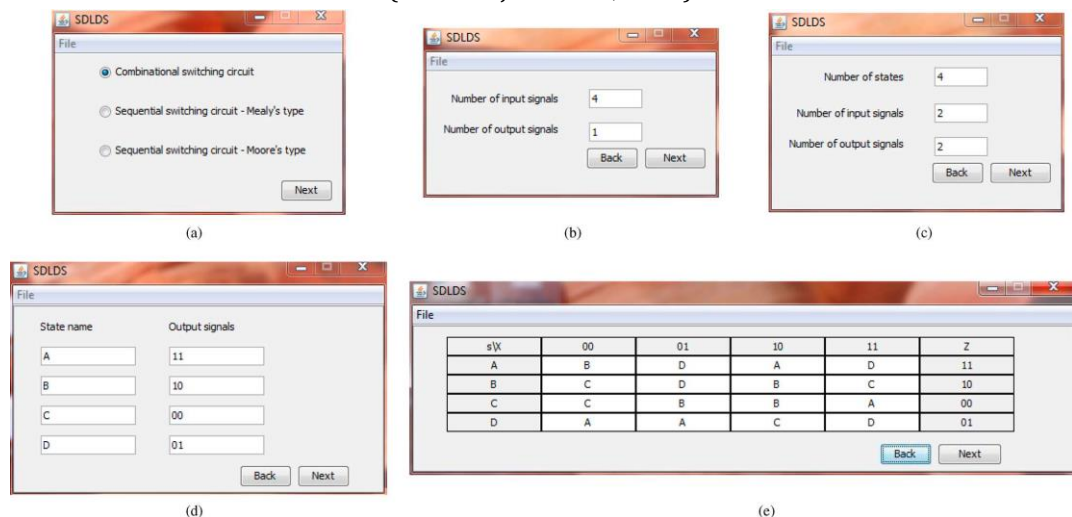


Figura 89. Pantallas para seleccionar el tipo de circuito de conmutación y especificar su comportamiento.

(a) Tipo de circuito de conmutación. (b) Número de señales de entrada y salida para el circuito combinacional. (c) Número de estados y señales de entrada y salida. d) Nombres de los Estados y valores de las señales de salida. (e) Tabla de estado/salida para el circuito secuencial.

(Stanisavljevic et al., 2013).

El módulo de verificación permite a los usuarios verificar y evaluar la corrección de un diseño arbitrario del circuito de conmutación. El módulo utiliza el resultado correcto producido con el Módulo de Síntesis y el dado en forma de esquema estructural del circuito de conmutación diseñado con el Módulo de Simulación. El módulo de verificación compara entonces dos soluciones de acuerdo con el algoritmo de evaluación (Figura 92) y presenta el resultado. Este módulo está diseñado para que los profesores evalúen automáticamente el trabajo de los estudiantes en el examen. Un ejemplo de la forma en que se presenta el resultado de la evaluación para una evaluación de circuitos

combinacionales de conmutación utilizando el módulo de verificación se muestra en la Figura 93.

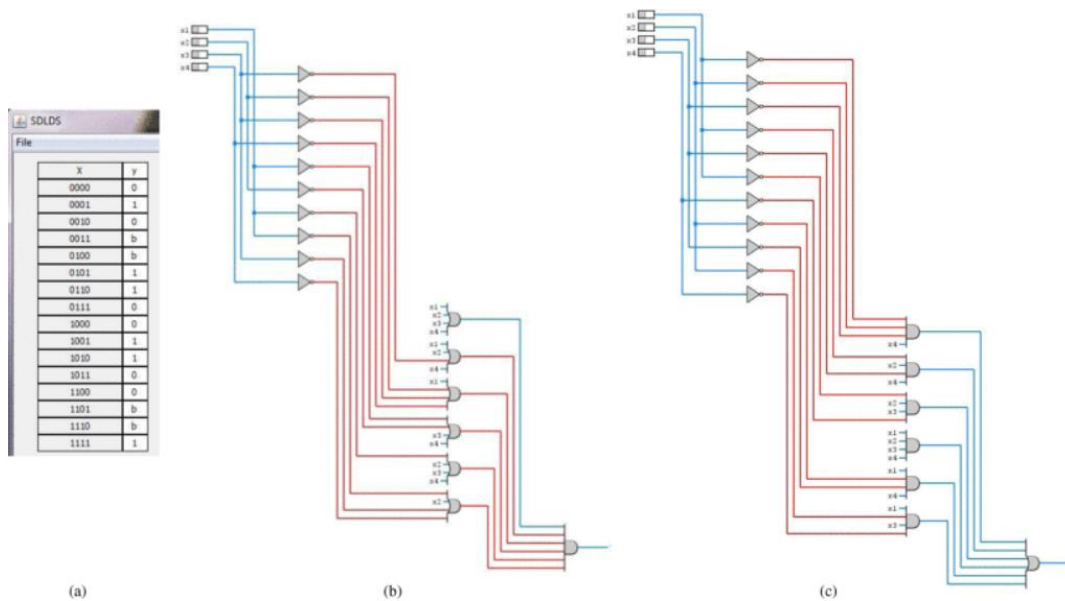


Figura 90. Representación y esquemas generados de las estructuras.

(a)Tabla de la verdad y esquemas del circuito combinacional para (b) la suma de productos canónicos y (c) producto de la suma canónica.

(Stanisavljevic et al., 2013).

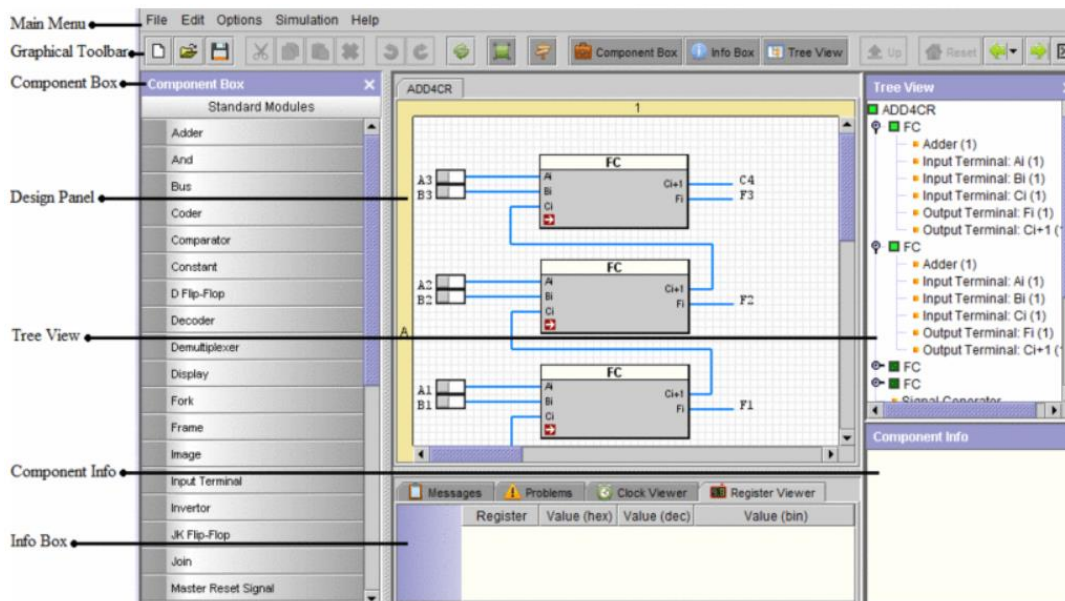


Figura 91. Pantalla principal para el diseño manual de un circuito conmutación.

(Stanisavljevic et al., 2013).

Para utilizar el módulo de verificación para la evaluación y verificación automáticas del trabajo de los alumnos, los profesores deben resolver primero la tarea descrita utilizando el módulo de síntesis. A continuación, guardan la solución correcta en el archivo que será utilizado como entrada por el Módulo de Verificación.

Una vez que los estudiantes han almacenado su solución final, una vez simulada, en el archivo apropiado, el docente puede ejecutar el Módulo de Verificación en el que tiene que definir el tipo de circuito que se va a verificar, cargar la solución correcta para el circuito y cargar el archivo previamente preparado con la solución del estudiante. De esta forma se inicia el proceso de evaluación y verificación hasta la presentación gráfica del proceso de evaluación y verificación (Figura 93).

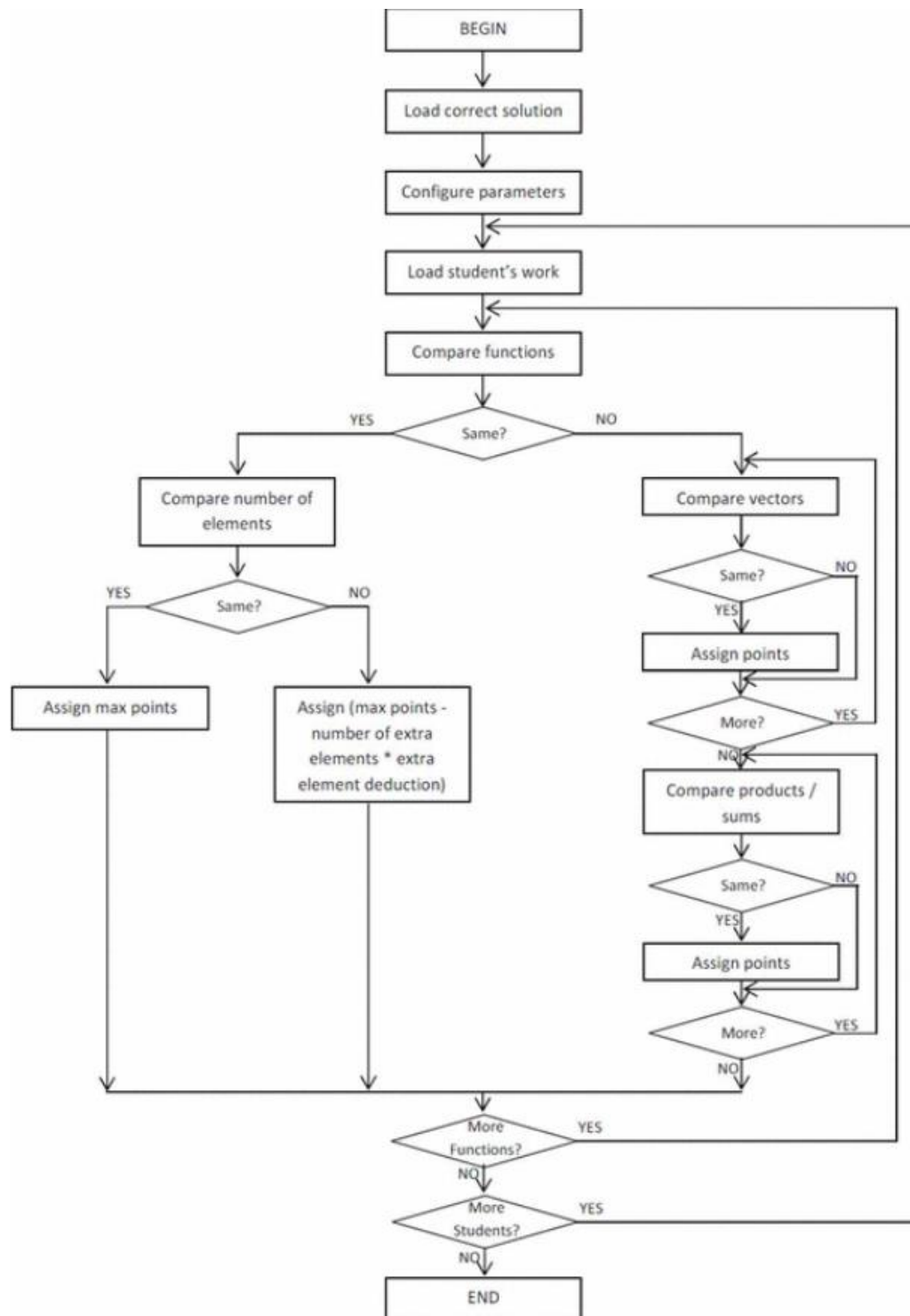


Figura 92. Diagrama de flujo de la ejecución del algoritmo.
(Stanisavljevic, Nikolic y Djordjevic, 2012).

x1	x2	x3	x4	y	y
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1
0	1	1	1	b	1
1	0	0	0	b	1
1	0	0	1	b	1
1	0	1	0	b	1
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	b	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0

$y = \bar{x}1 * x2 + x1 * \bar{x}2$
 $y = \bar{x}1 * x2 + x1 * \bar{x}2$
 Min. Number of Elements: 5;
 Number of Elements: 5;
Total Points: 30.0

x1	x2	x3	x4	y	y
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1
0	1	1	1	b	1
1	0	0	0	b	1
1	0	0	1	b	1
1	0	1	0	b	1
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	b	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0

$y = \bar{x}1 * x2 + x1 * \bar{x}2$;
 $y = \bar{x}1 * x2 * x3 + \bar{x}1 * x2 * \bar{x}3 + x1 * \bar{x}3$
 Min. Number of Elements: 8;
 Number of Elements: 8;
Total Points: 28.5

x1	x2	x3	x4	y	y
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1
0	1	1	1	b	1
1	0	0	0	b	1
1	0	0	1	b	1
1	0	1	0	b	1
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	b	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	1

$y = \bar{x}1 * x2 + x1 * \bar{x}2$;
 $y = x1 * \bar{x}2 + x3 * x4$
 Min. Number of Elements: 5;
 Number of Elements: 4;
Total Points: 16.875

Figura 93. Ejemplos del módulo de verificación.
 (Stanisavljevic, Nikolic y Djordjevic, 2012).

2.6.3.3.4. glGetFeedback

Hodgkinson Lutteroth y Wunsche (2016) describen la implementación en la Universidad de Auckland (Nueva Zelanda), de un sistema de evaluativo formativo y sumativo denominado glGetFeedback para su uso en el área del diseño gráfico.

El objetivo que los autores persiguen es doble, por un lado, crear una herramienta de realimentación que los estudiantes puedan usar para probar su trabajo antes de la presentación, que indique errores, y que idealmente proporcione posibles razones y soluciones; y, por otro lado, más a largo plazo, utilizar esta herramienta también para la evaluación sumativa de los resultados de los estudiantes a fin de aumentar la consistencia y la velocidad de la calificación.

Sin embargo, tal y como señalan los autores, el sistema implementado considera sólo las asignaciones en las que los marcadores humanos identificaron errores. Pero, para ser útil como herramienta de evaluación es necesario que las asignaciones correctas estén marcadas como correctas. Los autores han encontrado que esto no es sencillo: en varios casos encontraron que las asignaciones marcadas como correctas tenían de errores que no eran obvias de una inspección superficial.

2.6.3.3.4.1. Entorno práctico empleado

El entorno de evaluación glGetFeedback emplea cualquier programa OpenGL para analizar los resultados del estudiante. Por lo tanto, no se emplea ningún tipo de laboratorio en particular, sino programas para el diseño gráfico 3D.

2.6.3.3.4.2. Arquitectura del sistema de realimentación

El sistema implementado se muestra en la Figura 94. La entrada son dos programas OpenGL (Open Graphics Library): una solución modelo del docente y una solución de estudiante. Ambas soluciones se trazan utilizando APITrace2. Los archivos de rastreo nos permiten extraer los estados OpenGL (como la matriz MODELVIEW) y datos intermedios (como vértices y estilos de dibujo que definen las primitivas). El análisis se realiza con el NET Framework C++ clase "regex".

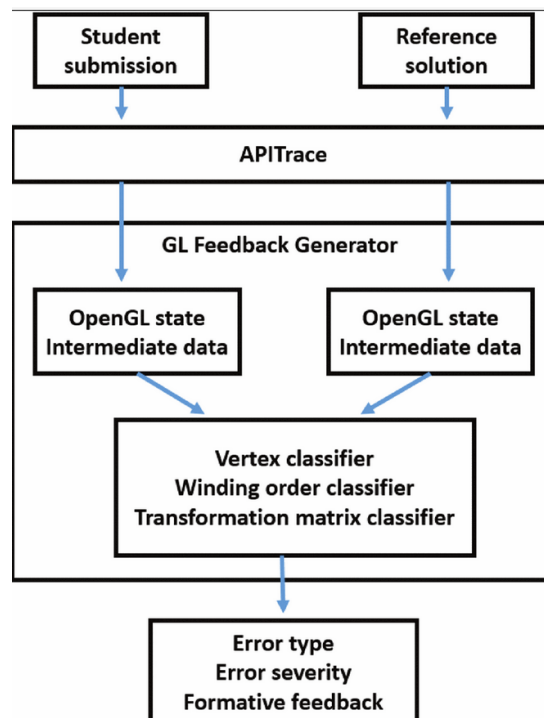


Figura 94. Visión general del sistema de realimentación y evaluación automática de las asignaciones de modelado 3D OpenGL. (Hodgkinson Lutteroth y Wunsche, 2016).

2.6.3.3.4.3. Funcionamiento del sistema

Para determinar el tipo de error y la gravedad del error, a fin de emplearlo en la realimentación y evaluación formativa, los estados y los datos intermedios se comparan utilizando una secuencia de clasificadores:

- El clasificador "VertexMatch" comprueba si los vértices dibujados por un alumno coinciden con la solución del modelo del docente. La corrección de las mallas se determina comprobando sus vértices y la forma en que

están conectados los vértices. Dependiendo del error/errores encontrados se ofrece una realimentación y, además, se genera información en base a los resultados del análisis sintáctico. Si falla el clasificador, se registra la siguiente información para la realimentación formativa y la evaluación:

- El número de vértices en la presentación del estudiante versus el número de vértices que comprende la malla de referencia.
 - El número de vértices que coinciden con la malla de referencia, y el número que no lo hizo.
- El clasificador "WindingOrder" comprueba si la secuencia de vértices representa una malla de superficie correcta. En general, este clasificador sólo es llamado si el clasificador Vertex Match no devuelve errores. Si falla el clasificador, se registra la siguiente información para la realimentación formativa y la evaluación:
 - El número de vértices que siguieron un patrón de orden correcto antes del primer fallo.
 - Si el fallo se debió o no al movimiento en la dirección equivocada y si el vértice se encontraba adyacente al último.
 - El clasificador "AffineTransform-Match" prueba la corrección de una matriz de transformación probándola contra la solución de referencia del docente. Si el clasificador falla se registra la siguiente información para la realimentación formativa y la evaluación.

2.6.3.3.5. F3A

En (Chorana et al., 2014) proponen un enfoque la evaluación en el área de la certificación de competencias tecnológicas en un contexto auténtico. Este enfoque se basa en el potencial del formato XML y tecnologías relacionadas que permiten extraer información de documentos XML.

2.6.3.3.5.1. Entorno práctico empleado

Para ello han desarrollado una herramienta basada en el enfoque propuesto para evaluar (evaluación sumativa) automáticamente las habilidades de procesamiento de textos utilizando el programa Microsoft Office Word. Asimismo, los autores sostienen que este enfoque se puede generalizar a otras habilidades de TI como por ejemplo la navegación.

2.6.3.3.5.2. Arquitectura del sistema de realimentación

La Figura 95 ilustra la arquitectura del enfoque en F3A. El sistema se alimenta por dos entradas, el documento de los estudiantes y el criterio de clasificación con el

documento correcto del docente. Este último documento se utiliza para extraer las habilidades requeridas.

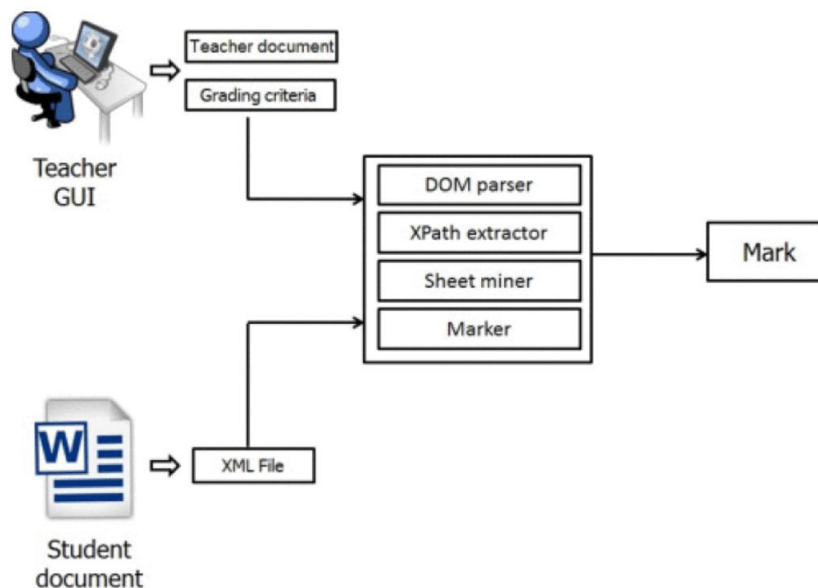


Figura 95. Estructura de la herramienta.
(Chorana et al., 2014).

2.6.3.3.5.3. *Funcionamiento del sistema*

El proceso de funcionamiento del sistema se puede establecer en 4 pasos:

- **Preprocesamiento:** El docente a través del interfaz de profesor (Teacher GUI) carga el documento de referencia junto con los criterios establecidos para la evaluación. El sistema está equipado con una interfaz amigable para el docente a fin de simplificar las tareas del profesor, tales como: elaborar exámenes y añadir los criterios de calificación y definir realimentaciones, etc. Tanto el documento de referencia del docente, como el documento del estudiante tienen que ser transformados a formato XML (Dom Parser). Estos documentos son analizados para obtener la estructura de árbol del documento XML. En este proceso también se pueden realizar algunas tareas de limpieza para obtener árboles XML más legibles de acuerdo con las habilidades requeridas.
- **Extracción de habilidades:** Para la extracción de las habilidades requeridas por el docente se emplea el "XPath extractor". XPath es un lenguaje que permite el procesamiento de los valores que cumplen con un modelo de datos proporcionado por el árbol XML. El XPath extractor es el módulo principal del evaluador automático. Proporciona la capacidad de navegar alrededor del árbol, seleccionando nodos por una variedad de criterios.
- **Sheet Miner:** En este paso se trata de encontrar aproximaciones entre el conjunto de habilidades requeridas (obtenidas en el paso anterior) y las

habilidades existentes en el árbol DOM del documento XML del estudiante. Se puede considerar este paso como una tarea de concordancia de los patrones de árboles XML.

- Evaluador: De acuerdo con los resultados de las mediciones de similitud proporcionado por la etapa anterior se concede una calificación para cada habilidad, siguiendo los criterios de calificación definidos por el docente.

2.6.3.3.6. GOLDi

En la Universidad Tecnológica de Ilmenau (The University of Technology Ilmenau) se emplea el RLMS GOLDi (Grid of Online Laboratory Devices Ilmenau) para proporcionar de forma online un entorno para comprobar los conocimientos adquiridos sobre componentes de hardware real (Wuttke, Hamann y Henke, 2015). En (Henke et al., 2015b) se describen los motivos y el funcionamiento de las protecciones empleadas para los distintos laboratorios integrados dentro de GOLDi y, a partir del análisis y verificación de seguridad de las solicitudes de los estudiantes, la generación de la realimentación y calidad de los diseños empleados.

2.6.3.3.6.1. Entorno práctico empleado

El entorno GOLDi es un RLMS para los laboratorios remotos de la Universidad Tecnológica de Ilmenau. En la Figura 96 se muestra una visión general del entorno.

2.6.3.3.6.2. Arquitectura del sistema de realimentación

La arquitectura del entorno evaluativo de GOLDi se muestra en la Figura 97. Las retroalimentaciones de los módulos de verificación y validación son almacenadas en el LRS (Learning Record System) y trasladadas al LMS para proporcionárselo al estudiante.

2.6.3.3.6.3. Funcionamiento del sistema

Una vez que el estudiante envía una solicitud de acceso a los equipos e instrumentos del laboratorio, el sistema comprueba que los comandos enviados por el estudiante, o la solución planteada, es segura tanto para el sistema como para los "seres humanos", es decir que, por ejemplo, las puertas no se encuentren abiertas sin estar el ascensor en su posición e inmóvil. Una vez completada esta primera comprobación, la solución enviada por el estudiante es ejecutada y proporciona una realimentación al estudiante acerca de paradas o apertura de puertas "seguras" no solicitadas (Henke et al., 2015).

Para evaluar el diseño de los estudiantes, la tarea dada se divide en varias subtareas. Si hay alguna desviación del diseño ideal, cada subtaska contiene varios "co-estados" donde el tutor puede definir un "peso" para esta desviación. Las elevadas desviaciones del diseño ideal implican pesos altos; mientras que pequeñas desviaciones significan pesos pequeños. Para la calidad total del diseño de los estudiantes, finalmente significa:

cuanto menor sea el peso de la desviación ganada, mejor será el diseño. Las tareas del docente para asignar los pesos a las distintas subtareas y las consecuentes desviaciones es una tarea ambiciosa y requiere amplia experiencia (Henke et al., 2015b).

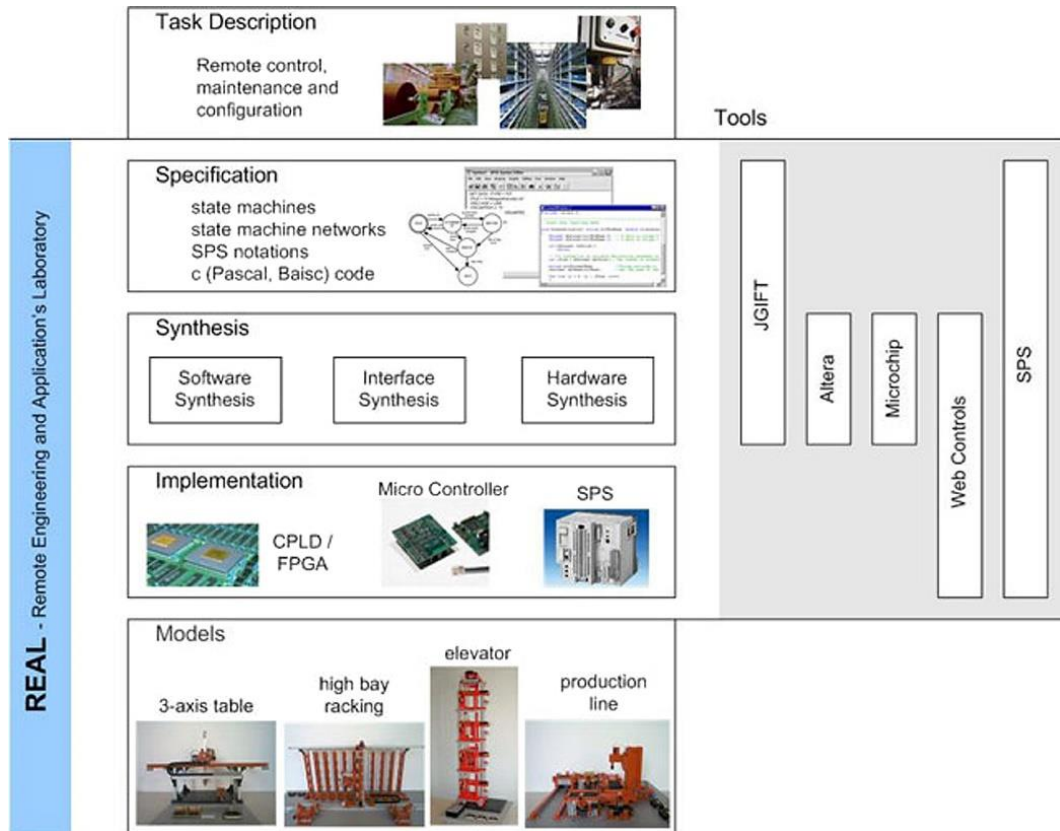


Figura 96. Visión general del entorno GOLDi.
(Goldi-labs.net, 2017).

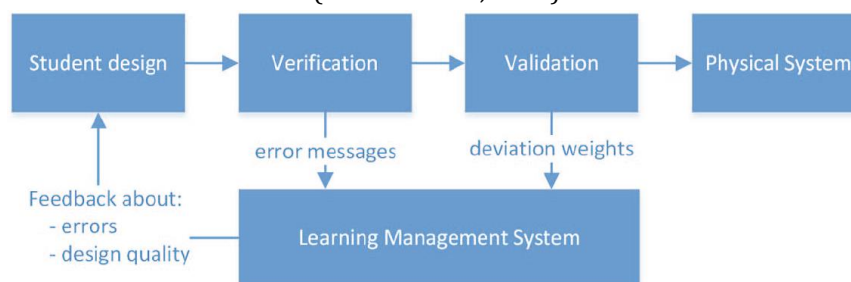


Figura 97. Análisis del diseño del estudiante.
(Henke et al., 2015b).

Todos los pasos del proceso de verificación y validación proporcionan información sobre el progreso de aprendizaje del estudiante. La primera tarea de la unidad de protección (el proceso de verificación) es comprobar la seguridad de la solicitud mediante el filtrado de todos los comandos. Sólo aquellos comandos que no sean susceptibles de causar ningún funcionamiento peligroso se transferirán al sistema físico. Todos los demás se descartan. Como segundo paso, la validación, puede ser usada como indicador

para la calidad del diseño de los estudiantes. Las retroalimentaciones del módulo de verificación y validación serán reportadas al LMS a fin de dar al estudiante información inmediata sobre acerca de la solución enviada y proporcionarle una realimentación al estudiante acerca de la calidad del diseño realizado.

Todos estos datos se recopilan en un Learning Record Store (LRS) (Figura 98) (Wuttke Hamann y Henke, 2015). Un LRS es un tipo de base de datos que contiene nuestros datos de una manera estructurada. De esta manera, los datos se dividen en sentencias, compuestas de "actores", "verbos" y "objetos". El actor es representado por el estudiante identificado solamente por un ID. Un verbo puede ser información sobre el uso del sistema como "visto", "logrado" o "fallido". El objeto se dirige al elemento que es manejado por el actor como "capítulo X", "pregunta Y" o una parte del diseño de control como "ascensor se mueve correctamente al segundo piso".

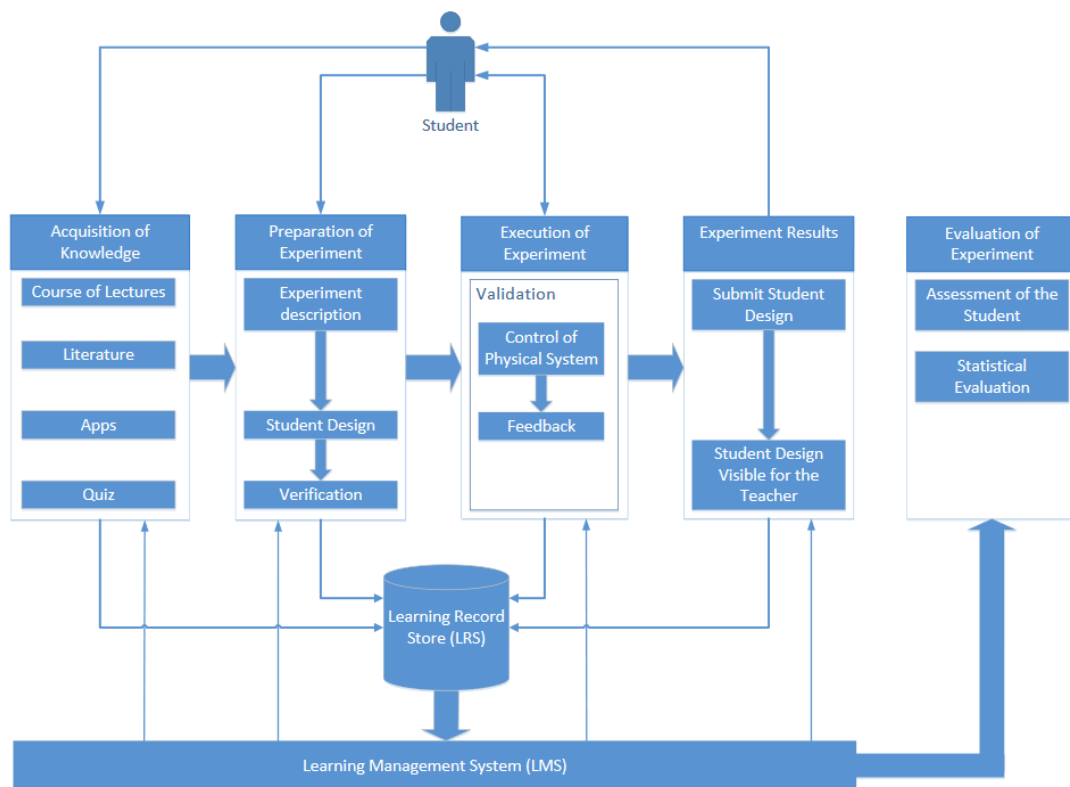


Figura 98. Almacenamiento del proceso de aprendizaje.
(Henke et al., 2015b).

Mediante esta estructura, las interacciones de los usuarios mediante diferentes verbos u objetos para dar realimentación y proporcionar un alto grado de adaptabilidad y personalización, se clasifican fácilmente. Estas declaraciones se conservan en un almacén de registros de aprendizaje para un análisis inmediato o posterior. Mientras que el análisis inmediato provee al alumno con realimentación para apoyar el proceso de

aprendizaje, el análisis posterior apoya a los estudiantes y maestros con estadísticas y predicciones sobre los resultados del aprendizaje.

2.6.3.3.7. HOP3X

En (Lekira et al., 2011a), (Lekira, Despres y Jacoboni, 2011b) y (Lekira et al., 2012) se describe la implementación de un modelo basado en indicadores. El objetivo es proporcionar a los profesores información significativa y relevante sobre sus actividades durante las sesiones prácticas: que consiste básicamente en la regulación de las actividades de los alumnos y la regulación de su propia actividad de tutoría. El objetivo del enfoque basado en indicadores que es doble: en primer lugar, suministran a los profesores indicadores que reflejan cuantitativa y cualitativamente sus actividades. En segundo lugar, proporcionamos a los profesores meta-indicadores que permiten medir los efectos de sus intervenciones.

2.6.3.3.7.1. Entorno práctico empleado

Para el desarrollo de las prácticas presenciales se emplea HOP3X. HOP3X es un sistema basado en la supervisión del trabajo práctico en programación en tiempo real. La herramienta permite a los profesores monitorear en tiempo real la actividad de cada alumno en un grupo.

2.6.3.3.7.2. Arquitectura del sistema de realimentación

La arquitectura de HOP3X se muestra en la Figura 99. Los indicadores se calculan mediante una herramienta UTL (del inglés Usage Tracking Language). Para su comunicación con HOP3X, los autores desarrollaron un gestor de indicadores HUI (Hop3X y UTL Interaction). HOP3X está compuesto por tres aplicaciones:

- HOP3X-STUDENT: Permite a los alumnos editar, compilar y ejecutar códigos y programas. También les permite solicitar ayuda de los docentes.
- HOP3X-TEACHER: ofrece una visualización en tiempo real de las actividades de los alumnos. A través de una funcionalidad de repetición, da a los profesores la posibilidad de ver de nuevo, durante la sesión, lo que los estudiantes hicieron gracias a los registros de actividad almacenados.
- HOP3X-SERVER. Es el encargado de la recogida y el almacenamiento de los registros de los participantes de la sesión de aprendizaje (estudiantes y profesores). Estos registros se guardan como eventos Hop3x. Por ejemplo, un evento puede ser una suma / supresión de un proyecto o un archivo, una inserción / supresión de texto, una compilación, una ejecución, una anotación, una intervención textual, etc.

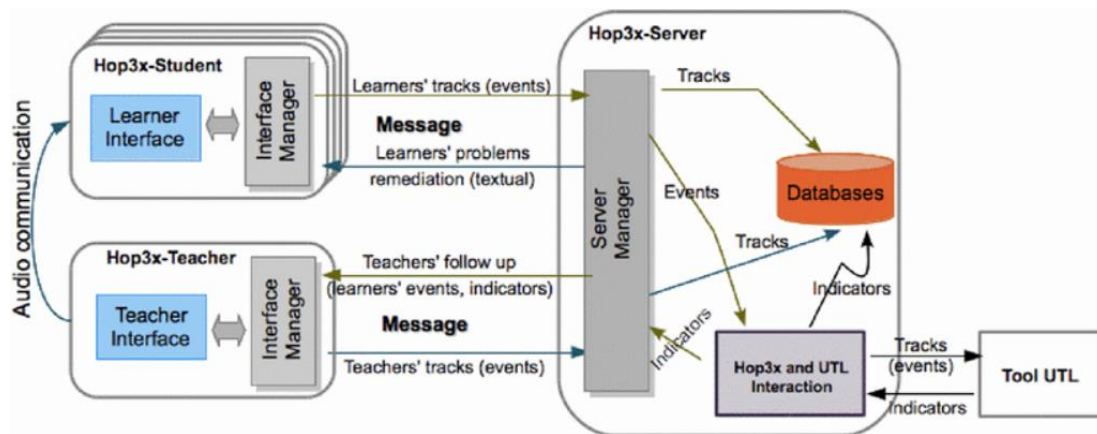


Figura 99. Arquitectura general de HOP3X e integración de la herramienta UTL. (Lekira et al., 2011a).

2.6.3.3.7.3. Funcionamiento del sistema

El entorno creado está especialmente pensado para su empleo por los tutores de prácticas durante el desarrollo de las prácticas presenciales, a pesar de que el almacenamiento de los registros permite su evaluación a posteriori. Sin embargo, los autores contemplan el sistema una ayuda para los tutores tanto como para llevar a cabo sus actividades de ayuda a los estudiantes, como para intervenir sobre aquellos estudiantes que los indicadores apuntan.

Durante las sesiones de trabajo práctico, con el fin de apoyar a los profesores en el desempeño de sus tareas (descritas anteriormente), el sistema suministra indicadores (Figura 100) pedagógicamente interesantes y calculados a partir de los registros almacenados de los alumnos.

Con el fin de proporcionar a los maestros información resumida sobre las actividades de los alumnos, el sistema proporciona indicadores sobre el progreso de los alumnos.

Los autores definen un indicador como una "variable construida a través de entornos de aprendizaje basado en la tecnología que describe algo relacionado con el modo, el proceso o la calidad de una actividad considerada del sistema cognitivo; las características/calidad de la interacción o el modo/calidad de la colaboración, al actuar en el marco de un contexto social". Algunos ejemplos de indicadores se muestran en la Tabla 24.

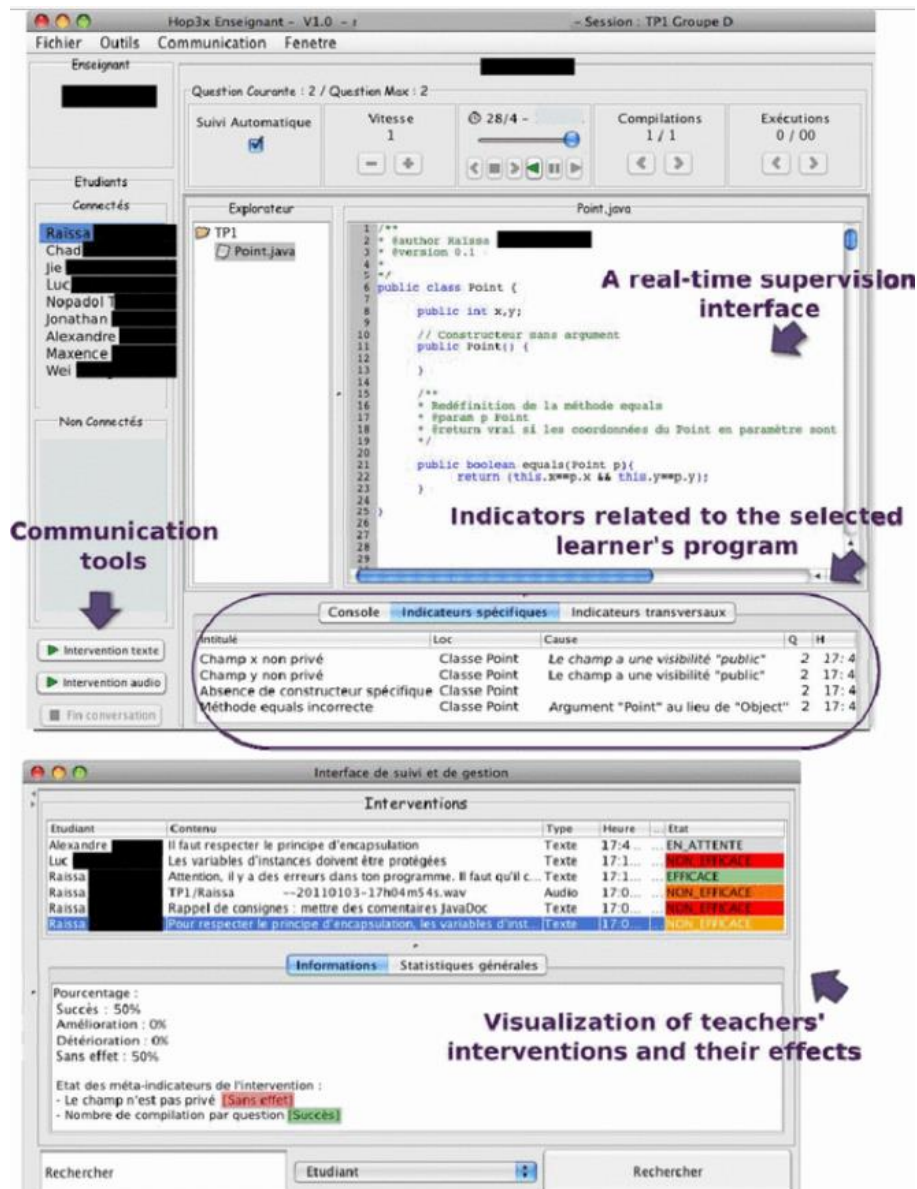


Figura 100. Interfaz HOP3x.
(Lekira et al., 2011a).

Tabla 24. Ejemplos de indicadores.
(Lekira, Despres y Jacoboni, 2011b).

Tutoring tasks	Observation needs	Corresponding indicators
Task 1	Observe a learner' progress compared to the rest of the group	Relative progress of a learner compared to the average progress of the group.
Task 2	Check the creation of a class named Point with two real instance variables	- Existence of a class named Point- Visibility of the class - Number of variables in the class - Type of the variables in the class - Visibility of the variables in the class
Task 3	Check the presence of comments for each method within a class	Percentage per class of methods commented by JavaDoc comments

Estos indicadores tienen que ser definidos y establecido su cálculo. Entre estos indicadores, algunos pueden tener un dominio de validez; denominados indicadores con referencia, y otros no; indicadores sin referencia. Un indicador con referencia tiene un dominio de validez de su valor, que puede ser un valor, un umbral o un intervalo. Entre los indicadores con referencia los autores distinguen entre indicadores con un valor de referencia (el valor es aceptable si es igual al valor de referencia), indicadores con umbral de referencia. (el valor debe ser dependiendo del caso, menor o mayor que el umbral para ser aceptable) e indicadores con un intervalo de referencia (el valor del indicador debe pertenecer al intervalo para ser aceptable).

2.6.3.4. Resumen de los modelos evaluados

En la Tabla 25 se recoge un resumen con distintas características relevantes para el presente trabajo de las soluciones para la evaluación formativa y/o sumativa evaluadas. Si bien varios de estos modelos no se han implementado sobre laboratorios remotos, las diferencias en el enfoque no suponen un cambio en la filosofía seguida.

Tabla 25. Comparativa de los factores considerados relevantes para las soluciones evaluadas.

	Laboratorio						
	SISA-EMU	AAAS-VISIR	SDLDS	glGetFeedback	F3A	GOLDi	HOP3x
Tipo laboratorio	Simulador	Laboratorio remoto	Simulador	Software	Software	Laboratorio remoto	Software presencial
Temática	Estructura de Computadores	Electrónica Analógica	Electrónica Digital	Diseño gráfico	Tecnologías de la información	Distintas áreas	Programación orientada a objetos
Foco evaluación	Actividad laboratorio	Actividad laboratorio	Actividad laboratorio	Evaluación de la solución	solución	Informe de errores	Actividad en prácticas presenciales
Entorno admin/docente	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí
Modelo del docente	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Tipo evaluación	Formativa	Sumativa y formativa	Sumativa	Sumativa y formativa	Sumativa	Sumativa y formativa	Formativa
Evaluación formativa particular	Sí	Sí	No	No	No	No	No
Análisis	Errores frecuentes	Total	Total	Errores frecuentes	Total	Total	Total
Evaluación realizada por	Estudiante	Docente y entregada al estudiante	Docente y entregada al estudiante	Docente y estudiante	Docente	Docente y estudiante	Docente y estudiante
Implementación experimentos	Muy difícil	Sencillo	Medio	Muy difícil	Sencillo	Muy difícil	Sencillo

En esta tabla se observa como la presentación de una evaluación formativa particular para cada experimento es una característica que no todos los modelos evaluados poseen —de hecho, pocos modelos poseen una evaluación formativa— y que, en este trabajo, se considera fundamental para poder ofrecer una realimentación formativa correctamente

orientada. Por otro lado, se busca que el foco de la evaluación no debe centrarse únicamente en la solución aportada sino en la actividad llevada a cabo.

Uno de los factores clave considerado en el presente trabajo se trata de la creación de un entorno administrativo que resulte sencillo y, en la medida de lo posible, automatizado para la creación de patrones modelo y para la inclusión de una evaluación formativa particular para cada experimento —en realidad esta característica no sólo se aborda para cada experimento, sino para cada subelemento de cada experimento—.

3. VISIÓN GENERAL DE LA SOLUCIÓN IMPLEMENTADA

Fry: "Estoy teniendo una de esas cosas... ya sabes, jaquecas con imágenes".

Leela: "¿quieres decir ideas?"

Fry: "Sí, claro, ¡eso!"

Futurama.

En este breve capítulo se pretende dar una visión global del sistema y de su funcionamiento. No se pretende profundizar en los aspectos de los distintos elementos que forman el sistema, simplemente encuadrar a cada uno de ellos dentro de la globalidad del sistema y esbozar a grandes rasgos sus funciones. En capítulos posteriores se profundizará en cada uno de los entornos o subsistemas que a continuación se presentan.

3.1. Introducción

El sistema implementado se centra en la actividad llevada a cabo por el usuario/estudiante en el laboratorio remoto VISIR y en su afinidad a los modelos propuestos por el docente. Evidentemente, por sí solo, el sistema evaluativo/autoevaluativo, no es capaz de transferir conocimientos o dotar de capacidades a los estudiantes, sino que se trata de una herramienta que acompaña a un

laboratorio remoto (en esta tesis se ha desarrollado el algoritmo sobre el laboratorio remoto VISIR).

Las prácticas de laboratorio, en numerosas ocasiones, son una actividad formativa que los estudiantes llevan a cabo de forma automática sin entender claramente el qué o el porqué de los montajes y mediciones. En este sentido, el sistema implementado no puede facilitar el proceso de aprendizaje, los guiones de prácticas realizados por los docentes son los encargados de ayudar a los estudiantes a enmarcar la experimentación y los resultados obtenidos en el laboratorio ya sea presencial o remoto. Asimismo, es muy común que los estudiantes no lleven a cabo correctamente la configuración del montaje o de los equipos e instrumentos debido al salto conceptual necesario entre la abstracción (el modelo teórico ideal) y lo real. En este caso, el sistema evaluativo/autoevaluativo sí puede asistir al proceso de aprendizaje del estudiante, alentando la autorregulación del aprendizaje mediante una evaluación formativa.

El sistema se basa en la premisa de que cada práctica de laboratorio está compuesta por un determinado número de montajes experimentales individuales: medir el valor real de una resistencia, medir la corriente que inyecta una fuente, observar en el osciloscopio la tensión de entrada frente a la tensión de salida, etc. Cada uno de estos montajes individuales se almacena en un “patrón modelo” al que se le añaden las tolerancias en la configuración de los equipos y la realimentación particular del experimento que el docente considere.

El concepto de “evaluativo” se refiere a una de las características proporcionadas por el sistema implementado: el estudiante puede obtener un informe de las prácticas llevadas a cabo en el laboratorio remoto. Este informe proporcionará una evaluación sumativa de la completitud del trabajo de laboratorio del estudiante, respecto a los patrones modelo almacenados por el docente. Esta evaluación sumativa del sistema implementado es optativa para aquellos docentes que lo consideren oportuno.

El concepto de “autoevaluativo” se refiere al entorno generado para la autoevaluación del trabajo de laboratorio llevado a cabo por el estudiante. En dicho entorno, los estudiantes, en caso de no completar satisfactoriamente los experimentos planteados por el equipo docente, reciben una realimentación por parte del sistema y, opcionalmente, la realimentación planteada por el docente.

En ninguno de los escenarios planteados se prevé mostrar al estudiante directamente lo que debe hacer, es decir, se evita el aprendizaje imitativo u observacional. Por el contrario, se proporciona una realimentación propia del sistema acerca del empleo del laboratorio remoto y una realimentación particular para cada modelo o experimento individual por parte del equipo docente.

El sistema implementado es externo al LMS a fin de universalizar e independizar la herramienta del LMS empleado. La integración del LMS/CMS con el entorno evaluativo/autoevaluativo y el sistema de reservas se lleva a cabo mediante la especificación LTI® (Learning Tool Interoperability®), en la que el LMS/CMS es el consumidor del servicio y el entorno evaluativo/autoevaluativo y el sistema de reservas son el proveedor del servicio.

El sistema evaluativo/autoevaluativo está integrado en el sistema de reservas del laboratorio remoto VISIR. El sistema de reservas para el laboratorio remoto VISIR en el DIEEC-UNED, como se verá más adelante, es necesario debido a las características propias de determinados experimentos implementados que no soportan la multiplexación de los recursos de acceso al laboratorio. Sin embargo, el sistema de reservas no es necesario para la integración del sistema evaluativo/autoevaluativo, ya que soporta el funcionamiento autónomo o stand-alone: la implementación seguiría un acceso seguro (LTI) para el entorno desarrollado, mientras que, para el acceso al laboratorio, todas las operaciones necesarias se desarrollarían de forma invisible a ojos del cliente.

WebLab-Deusto es el RLMS empleado para alojar el laboratorio remoto VISIR. WebLab-Deusto almacena todas las solicitudes (*'requests'*) que le llegan al laboratorio desde el usuario y todas las respuestas (*'responses'*) que le llegan al usuario desde el laboratorio (Orduña, 2013). Este almacenamiento de la actividad llevada a cabo en el laboratorio se consulta desde el entorno evaluativo/autoevaluativo para ser contrastada con los patrones modelo. Además, los usuarios, una vez autenticados en el LMS, acceden al laboratorio remoto sin más requisitos de autenticación: primero al sistema de reservas mediante LTI y al laboratorio remoto VISIR alojado en WebLab-Deusto como "usuario federado".

3.2. Visión general del sistema propuesto

El entorno autoevaluativo/evaluativo requiere de distintas herramientas para poder mostrar a los usuarios/estudiantes la interacción llevada a cabo en el laboratorio remoto respecto a la diseñada por el ED. El entorno autoevaluativo/evaluativo se ha integrado dentro del sistema de reservas creado para el laboratorio remoto VISIR.

En la Figura 101 se muestra la arquitectura simplificada del sistema implementado.

- Las líneas en rojo muestran el flujo visible para los usuarios/estudiantes.
- Las líneas en rojo semitransparente indican una comunicación entre sistemas que resulta invisible para los usuarios/estudiantes.

- En gris semitransparente se indica la comunicación entre los distintos entornos y las BBDD.
- El acceso al sistema de reservas se realiza de forma segura desde plataformas LMS/CMS mediante protocolo OAuth para la comunicación y solicitudes entre ambas entidades. No se ha contemplado la autenticación desde el propio sistema de reservas, aunque añadir una capa de autenticación directa al sistema de reservas es una posibilidad para una versión futura.
- El sistema de reservas se trata de un sistema a medida para poder ofrecer de forma simultánea distintos tipos de experimentos con distintos escenarios educativos y necesidades didácticas que se ofrecen en los distintos cursos apoyados en el laboratorio remoto VISIR. Con anterioridad al desarrollo del sistema de reservas, aquellos cursos que precisaban de características distintivas provocaban el cierre del laboratorio remoto a los usuarios desde otros cursos. El diseño del sistema de reservas tiene como uno de sus principales objetivos la convivencia y compatibilidad de todo tipo de cursos y prácticas en el laboratorio remoto VISIR.
- El laboratorio remoto VISIR es accesible a través del Sistema de Gestión de Laboratorios Remotos WebLab-Deusto, que permite a los estudiantes acceder a laboratorios reales que se encuentran localizados de forma remota al usuario y accesibles mediante una conexión a internet. WebLab-Deusto registra toda la actividad llevada a cabo en el servidor de experimento. Es decir, registra todas las comunicaciones entre el usuario (experimento cliente) y el laboratorio remoto VISIR (servidor de medida).
- Una vez que los usuarios se autentican en el LMS/CMS conservan sus credenciales para acceder a los distintos entornos que le suceden. Para ello, el LMS debe tener concedidos los permisos necesarios en el sistema de reservas. El usuario/estudiante no es consciente de este proceso, accede al sistema de reservas autenticado con las credenciales que le otorga el LMS/CMS y con las limitaciones que impone el curso y la práctica desde la que accede.
- En el sistema de reservas, el usuario/estudiante, puede llevar a cabo las funciones típicas de los sistemas de reservas: completar una reserva de un turno, cancelar una reserva de un turno, acceder al recurso (laboratorio remoto). Todas estas características realizan entradas o modificaciones en las BBDD. La principal particularidad del sistema de reservas es la de disponer del laboratorio conviviendo distintos escenarios. En la actualidad existen dos tipos de escenarios:

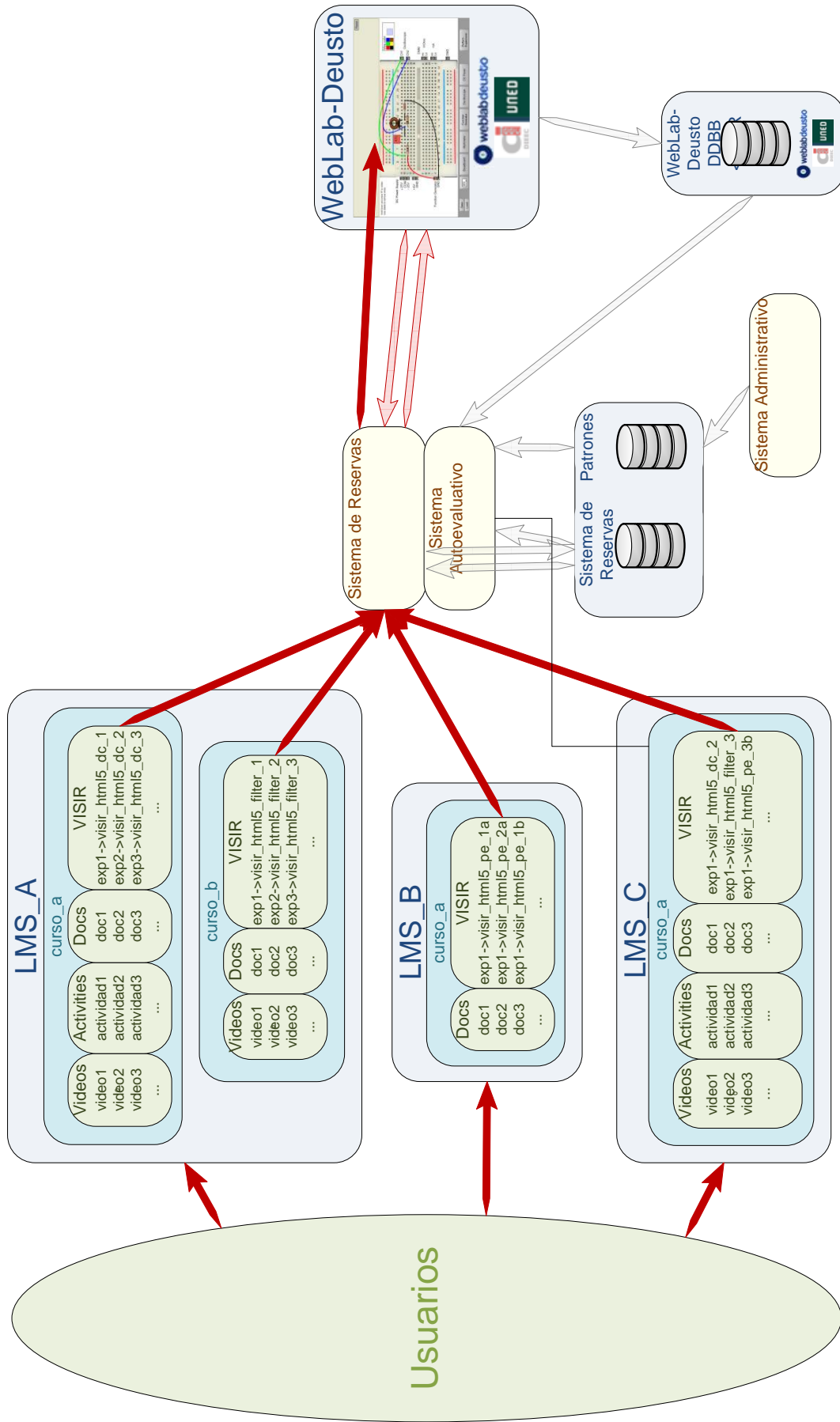


Figura 101. Esquema general de la arquitectura del sistema.

- Escenario de acceso concurrente
- Escenario de acceso único

El acceso al laboratorio remoto VISIR a través de WebLab-Deusto desde el sistema de reservas se realiza mediante la API de federación provista en WebLab-Deusto. Una vez que el usuario/estudiante está autenticado en WebLab, autenticado como usuario federado del sistema de reservas, éste accede al laboratorio remoto VISIR mediante uno de los protocolos disponibles en WebLab-Deusto (en concreto HTTP+JSON) para la comunicación con los laboratorios remotos.

La interacción con el laboratorio remoto VISIR queda almacenada en WebLab-Deusto, todas las comunicaciones con el servidor de experimentos, tanto solicitudes como respuestas. WebLab-Deusto se intercala en la comunicación entre cliente y el servidor de medida almacenando el XML generado por el servidor de experimentos. WebLab-Deusto no manipula esta información, únicamente se intercala en la comunicación, la almacena y la traslada.

Este almacenamiento de la información generada e interpretada por el servidor de experimentos ha sido clave para el empleo de WebLab-Deusto como Sistema de Gestión de Laboratorios Remotos. Esta información se encuentra almacenada en los logs de VISIR (proto_http.log). Sin embargo, WebLab-Deusto no sólo almacena la información que fluye por el servidor de experimentos, sino que la asocia al usuario federado del que proviene. De esta forma se posee toda la información que ha circulado por el servidor de experimentos de todos los usuarios/estudiantes en el laboratorio remoto. Asimismo, WebLab-Deusto almacena el laboratorio al que accede el usuario.

En WebLab-Deusto, cada práctica está implementada como si de un laboratorio independiente se tratara. Una vez que obtienen el acceso a una instancia del laboratorio remoto VISIR, es decir, a una práctica, no pueden acceder al resto de experimentos. Los estudiantes acceden a la práctica y disponen de los componentes, equipos e instrumentos necesarios para llevar a cabo todas las actividades contempladas en la práctica. El sistema de reservas únicamente permite el acceso a la instancia del laboratorio VISIR para la que se concede el turno. Por tanto, indirectamente, el sistema de reservas gestiona los permisos de acceso a los experimentos de WebLab-Deusto: Cuando un usuario/estudiante de un curso accede al laboratorio remoto únicamente accede a una práctica determinada y no al juego completo de prácticas de la que está formado el curso. El motivo principal se debe a las prácticas que requieren el uso total del laboratorio remoto, aquellas prácticas que no permiten concurrencia en el laboratorio. Además, indirectamente, esta estructura agiliza el cotejamiento de las actividades llevadas a cabo

en el laboratorio remoto por el usuario/estudiante con los patrones modelo diseñados por el equipo docente.

Como se puede observar en la Figura 102, las distintas prácticas de cada curso están organizadas como un único laboratorio, de esta forma, el identificador que proporciona WebLab-Deusto (`reservation_id`) da acceso únicamente a una práctica de las que está formado el curso. Por lo tanto, a la hora de cotejar la información contenida en los patrones modelo, el entorno autoevaluativo/evaluativo, teniendo conocimiento del identificador que se encuentra almacenado en las BBDD del sistema de reservas, restringe la búsqueda de las actividades realizadas en el laboratorio remoto a la práctica en cuestión.

WebLab-Deusto permite establecer el número de 'instancias' al laboratorio remoto VISIR que son admisibles. Sin embargo, no contempla las características de los distintos escenarios citados anteriormente, para WebLab-Deusto todos los experimentos en VISIR tienen las mismas características. En cualquier caso, esta función está encomendada al sistema de reservas y es el encargado de limitar el número de usuarios/estudiantes simultáneos en el laboratorio remoto.

El entorno autoevaluativo/evaluativo se encuentra integrado en el sistema de reservas. Para poder llevar a cabo las tareas establecidas, recibe información de:

- Las BBDD del sistema de reservas: Recoge las reservas utilizadas para la práctica en cuestión y los `reservation_id` que WebLab-Deusto concede al usuario y que son almacenados en las BBDD del sistema de reservas.
- Las BBDD del entorno administrativo: Toda la información estructurada de los cursos y los patrones modelo de la práctica en cuestión.
- Las BBDD de WebLab-Deusto: Toda la interacción llevada a cabo por el usuario/estudiante en el laboratorio de la práctica o sesión de prácticas.

El entorno administrativo es el encargado de dotar de la estructura a los cursos que están incluidos en el entorno autoevaluativo/evaluativo. De esta forma, las prácticas llevadas a cabo en el laboratorio remoto se muestran estructuradas por curso y en el orden deseado por el equipo docente.

Sin embargo, la principal función del entorno administrativo es la generación y almacenamiento de los patrones modelo. Cada curso está formado por un determinado número de prácticas, y cada práctica está formada por un determinado número de patrones modelo. Cada patrón modelo define una actividad: montaje y configuración de los componentes, equipos e instrumentos dentro del laboratorio remoto. Por lo general cada práctica conlleva una serie de medidas, montajes, etc. Cada una de estas actividades que forman la práctica requiere de un patrón modelo.

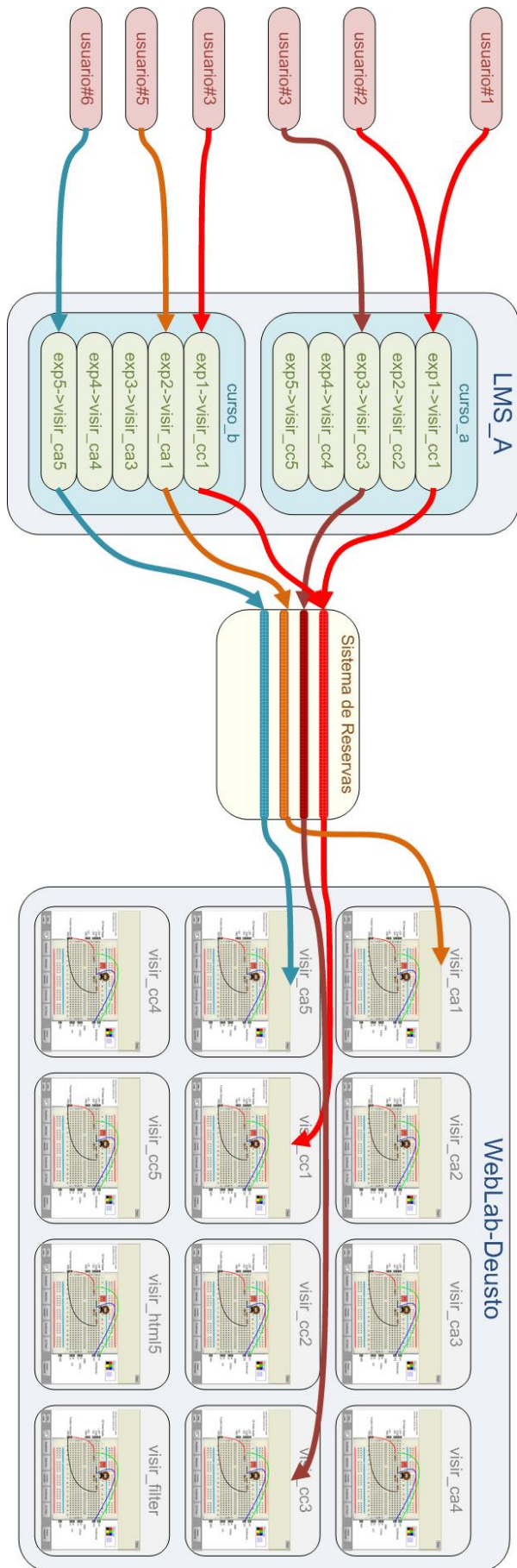


Figura 102. Estructura establecida en el RLMS.

Cuando un usuario/estudiante accede al informe de la actividad llevada a cabo en esa determinada práctica, el entorno autoevaluativo/evaluativo accede a todos los patrones modelo de los que está constituida la práctica y compara la actividad llevada a cabo con la establecida en el patrón modelo, diseñada previamente por el equipo docente. Por tanto, el diseño de los distintos pasos o puntos de control que los usuarios/estudiantes han de completar debe seguir una secuencia lógica, siguiendo la misma estructura contenida en la guía práctica.

4. ESTRUCTURA Y GENERACIÓN DEL PATRÓN

Bender: "¡Qué horrible pesadilla! ¡Unos y ceros por todas partes! Hasta me pareció ver un dos."

Fry: "Es solo un sueño, Bender. No existe eso que llamas dos."

Futurama.

En este capítulo se aborda la generación del patrón empleado en el sistema automático evaluativo/autoevaluativo de la interacción del estudiante/usuario con el laboratorio remoto (VISIR). Se presenta desde el punto de partida inicial, partiendo de las distintas necesidades y soluciones para afrontar el objetivo, hasta la generación del patrón modelo que será almacenado en el entorno administrativo para ser empleado por el entorno automático autoevaluativo/evaluativo, o la generación del patrón del experimento del estudiante.

4.1. Introducción

En esta tesis, se emplean los siguientes términos para determinar distintos estados:

- **Patrón:** Según la RAE (ASALE-RAE, 2014) en su octava acepción, la palabra patrón se define como: "Modelo que sirve de muestra para sacar otra cosa igual". En esta tesis, el término patrón se emplea para definir el formato en el que la

información, una vez procesada, es transformada. Este patrón se utilizará para su posterior cotejamiento con el patrón generado por el profesor ('patrón modelo'). En este sentido, cada experiencia práctica llevada a cabo por un usuario genera un patrón.

- **Patrón modelo**: El patrón modelo es el patrón generado por el profesor. Este patrón se forma siguiendo la misma transformación que los patrones de los estudiantes. Sin embargo, y como se verá más adelante, incluye más variables definidas por el profesor en la fase de diseño. Es el patrón con el que se coteja el patrón de la experimentación del estudiante/usuario y con el que se analiza la interacción del estudiante/usuario. Existe un patrón modelo para cada experimentación que el profesor desee incorporar a la práctica. Así, por ejemplo, una práctica puede requerir 12 patrones modelo, cada uno para una medida y/o configuración distinta.
- **Experiencia práctica**: Se define por experiencia práctica a un montaje o disposición de componentes en la protoboard determinada, una configuración de los equipos concreta y una configuración de los instrumentos de lectura específica.

4.2. Información disponible

Para examinar la interacción entre el estudiante/usuario y el laboratorio remoto (VISIR) se analiza la información en formato XML (eXtensible Markup Language) del protocolo de experimento en la comunicación entre el servidor cliente y servidor de medida. Existen dos vías o comunicaciones de las que se puede obtener la información que ya fueron presentadas en el apartado relativo al laboratorio remoto VISIR:

- **'Request' o Solicitud**: es la solicitud desde el servidor cliente, la enviada por el estudiante/usuario, al servidor de medida. Contiene todas las configuraciones que el usuario ha llevado a cabo en la protoboard y distintos equipos e instrumentos.
- **Response o Respuesta**: es la respuesta desde el servidor de medida al servidor cliente.

El sistema creado se basa únicamente en la comunicación de la '*request*' del usuario/estudiante para analizar la interacción llevada a cabo en el laboratorio, a pesar de que la información contenida en la comunicación de la '*response*' es capaz de aportar información propia. Sin embargo, para evaluar el manejo y desempeño en el laboratorio: montaje de componentes, interconexiones, configuración de equipos, configuración de instrumentos de medida, etc., la información contenida en la '*request*' es suficiente para

evaluar todas las posibles variables. La información contenida en la *'response'*, a pesar de ser exclusiva, se puede considerar predecible ya que, ante una configuración correcta en la *'request'*, la *'response'* estará ajustada a valores con muy bajo nivel de tolerancia.

Se podría resumir que, mientras la *'request'* recoge la información relativa a la interacción entre el usuario/estudiante con el laboratorio remoto, la *'response'* incluye la información relativa a la interacción entre la plataforma PXI y la matriz de conmutación. Esto último se puede observar fácilmente al analizar los datos que contienen, por ejemplo, la *'request'* (Ejemplo 1) y *'response'* (Ejemplo 2) para la medición de la caída de tensión en un divisor de tensión en corriente continua .tal y como se muestra en la Figura 103.

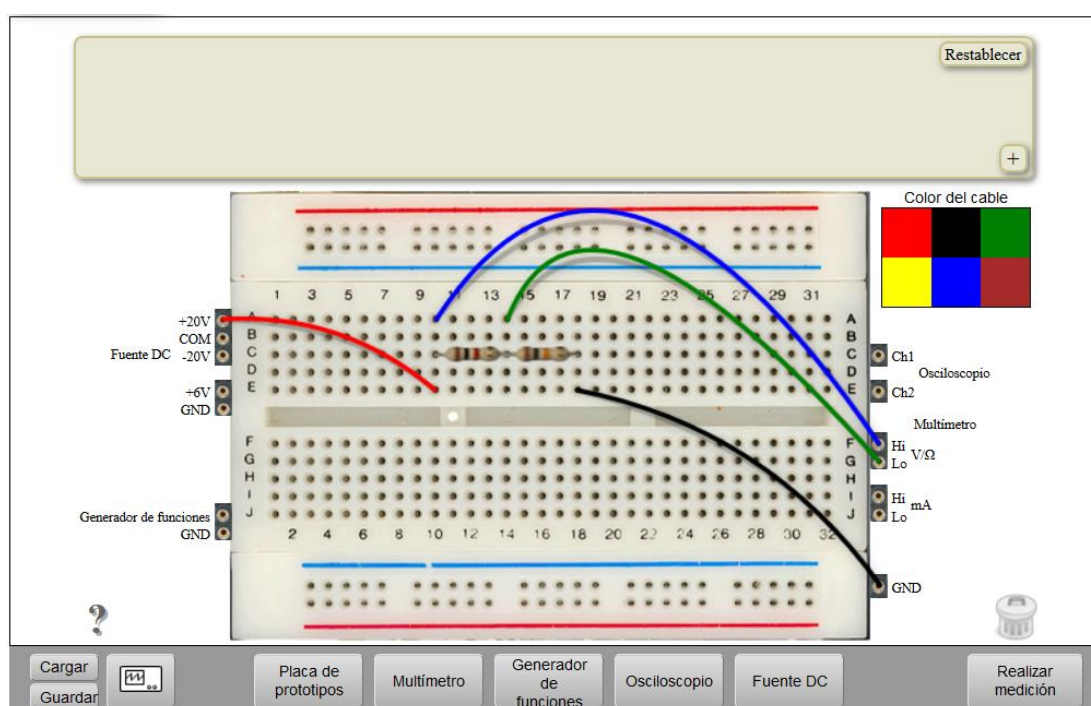


Figura 103. Captura de pantalla de la protoboard para el experimento analizado.

En dichos ejemplos se puede observar como la *'response'* no contiene ningún tipo de información acerca de la disposición de los componentes en la protoboard; esta información está contenida en las líneas 5 a 19 bajo las etiquetas *'circuit'* de la *'request'*. En ellas se puede observar que hay dos resistencias conectadas en serie (1 k Ω y 10 k Ω) y que el polímetro está conectado en paralelo a una de ellas (en concreto a la resistencia de 10 k Ω). Si analizamos las líneas 20 a 25 de la *'request'* se puede observar la configuración del polímetro por el usuario/estudiante y que servidor de experimentos envía al servidor de medida. El parámetro más determinante en este caso es la medición que está realizando: línea 21 \rightarrow 'dc volts'. Las líneas 5 a 10 de la *'response'* contienen, asimismo, la respuesta del servidor de equipos al cliente acerca del polímetro. En ellas se puede observar como

la información es similar, pero con la etiqueta ('dmm_result') que proporciona el resultado de la medición.

Ejemplo 1: Ejemplo de 'request'

```

1 <protocol version="1.3">
2 <request sessionkey="e3f3833908529665780b0ebf4e619b39">
3
4 <circuit>
5 <circuitlist>
6 W_X A19 0
7 W_X A11 VDC+25V_1_1
8 W_X A15 DMM_1_2
9 W_X DMM_1_1 A11
10 R_X A15 A19 1K
11 R_X A11 A15 10K
12 DMM_1
13 DMM_1_1
14 DMM_1_2
15 VDC+25V_1
16 VDC+25V_1_1
17 </circuitlist>
18 </circuit>
19 <multimeter id="1">
20 <dmm_function value="dc volts"></dmm_function>
21 <dmm_resolution value="3.5"></dmm_resolution>
22 <dmm_range value="-1"></dmm_range>
23 <dmm_autozero value="1"></dmm_autozero>
24 </multimeter>
25 <functiongenerator id="1">
26 <fg_waveform value="sine"></fg_waveform>
27 <fg_frequency value="1000"></fg_frequency>
28 <fg_amplitude value="0.5"></fg_amplitude>
29 <fg_offset value="0"></fg_offset>
30 </functiongenerator>
31 <oscilloscope id="1">
32 <horizontal>
33 <horz_samplerate value="500"></horz_samplerate>
34 <horz_refpos value="50"></horz_refpos>
35 <horz_recordlength value="500"></horz_recordlength>
36 </horizontal>
37 <channels>
38 <channel number="1">
39 <chan_enabled value="1"></chan_enabled>
40 <chan_coupling value="dc"></chan_coupling>
41 <chan_range value="1"></chan_range>
42 <chan_offset value="0"></chan_offset>
43 <chan_attenuation value="1"></chan_attenuation>
44 </channel>
45 <channel number="2">
46 <chan_enabled value="1"></chan_enabled>
47 <chan_coupling value="dc"></chan_coupling>
48 <chan_range value="1"></chan_range>
49 <chan_offset value="0"></chan_offset>
50 <chan_attenuation value="1"></chan_attenuation>
51 </channel>
52 </channels>
53 <trigger>
54 <trig_source value="channel 1"></trig_source>
55 <trig_slope value="positive"></trig_slope>
56 <trig_coupling value="dc"></trig_coupling>
57 <trig_level value="0"></trig_level>
58 <trig_mode value="autolevel"></trig_mode>

```

```

59     <trig_timeout value="1"></trig_timeout>
60     <trig_delay value="0"></trig_delay>
61 </trigger>
62 <measurements>
63     <measurement number="1">
64         <meas_channel value="channel 1"></meas_channel>
65         <meas_selection value="none"></meas_selection>
66     </measurement>
67     <measurement number="2">
68         <meas_channel value="channel 1"></meas_channel>
69         <meas_selection value="none"></meas_selection>
70     </measurement>
71     <measurement number="3">
72         <meas_channel value="channel 1"></meas_channel>
73         <meas_selection value="none"></meas_selection>
74     </measurement>
75 </measurements>
76 <osc_autoscale value="0"></osc_autoscale>
77 </oscilloscope>
78 <dcpower id="1">
79     <dc_outputs>
80         <dc_output channel="6V+">
81             <dc_voltage value="0"></dc_voltage>
82             <dc_current value="0.5"></dc_current>
83         </dc_output>
84         <dc_output channel="25V+">
85             <dc_voltage value="6"></dc_voltage>
86             <dc_current value="0.5"></dc_current>
87         </dc_output>
88         <dc_output channel="25V-">
89             <dc_voltage value="0"></dc_voltage>
90             <dc_current value="0.5"></dc_current>
91         </dc_output>
92     </dc_outputs>
93 </dcpower>
94 </request>
95 </protocol>

```

Ejemplo 2: Ejemplo de 'response'

```

1 <protocol version="1.3">
2 <response>
3 <multimeter id="1">
4     <dmm_function value="dc volts"/>
5     <dmm_resolution value="3.5"/>
6     <dmm_range value="-1.000000e+000"/>
7     <dmm_result value=" 5.447839e+000"/>
8 </multimeter>
9 <functiongenerator>
10    <fg_waveform value="sine"/>
11    <fg_amplitude value="5.000000e-001"/>
12    <fg_frequency value="1.000000e+003"/>
13    <fg_offset value="0.000000e+000"/>
14    <fg_startphase value="0.000000e+000"/>
15    <fg_triggermode value="continuous"/>
16    <fg_triggersource value="immediate"/>
17    <fg_burstcount value="0"/>
18    <fg_dutycycle value="5.000000e-001"/>
19 </functiongenerator>
20 <oscilloscope>
21    <osc_autoscale value="0"/>
22    <horizontal>
23        <horz_samplerate value="2.500000e+004"/>
24        <horz_refpos value="5.000000e+001"/>
25        <horz_recordlength value="500"/>
26    </horizontal>
27    <channels>
28        <channel number="1">

```

```

29     <chan_enabled value="1"/>
30     <chan_coupling value="dc"/>
31     <chan_range value="8.000000e+000"/>
32     <chan_offset value="0.000000e+000"/>
33     <chan_attenuation value="1.000000e+000"/>
34     <chan_gain value="0.000000e+000"/>
35     <chan_samples encoding="base64"> AAA...AAA=</chan_samples>
36 </channel>
37 <channel number="2">
38     <chan_enabled value="1"/>
39     <chan_coupling value="dc"/>
40     <chan_range value="8.000000e+000"/>
41     <chan_offset value="0.000000e+000"/>
42     <chan_attenuation value="1.000000e+000"/>
43     <chan_gain value="0.000000e+000"/>
44     <chan_samples encoding="base64"> AAA...AAA=</chan_samples>
45 </channel>
46 </channels>
47 <trigger>
48     <trig_source value="channel 1"/>
49     <trig_slope value="positive"/>
50     <trig_coupling value="dc"/>
51     <trig_level value="0.000000e+000"/>
52     <trig_mode value="autolevel"/>
53     <trig_delay value="0.000000e+000"/>
54     <trig_received value="99"/>
55 </trigger>
56 <measurements>
57     <measurement number="1">
58         <meas_channel value="channel 1"/>
59         <meas_selection value="none"/>
60         <meas_result value="0.000000e+000"/>
61     </measurement>
62     <measurement number="2">
63         <meas_channel value="channel 1"/>
64         <meas_selection value="none"/>
65         <meas_result value="0.000000e+000"/>
66     </measurement>
67     <measurement number="3">
68         <meas_channel value="channel 1"/>
69         <meas_selection value="none"/>
70         <meas_result value="0.000000e+000"/>
71     </measurement>
72 </measurements>
73 </oscilloscope>
74 <dcpower>
75     <dc_outputs>
76         <dc_output channel="6V+">
77             <dc_voltage value="0.000000e+000"/>
78             <dc_current value="5.000000e-001"/>
79             <dc_voltage_actual value="-1.620000e-004"/>
80             <dc_current_actual value="2.900000e-005"/>
81             <dc_output_enabled value="1"/>
82             <dc_output_limited value="0"/>
83         </dc_output>
84         <dc_output channel="5V+">
85             <dc_voltage value="0.000000e+000"/>
86             <dc_current value="5.000000e-001"/>
87             <dc_voltage_actual value="-1.620000e-004"/>
88             <dc_current_actual value="2.900000e-005"/>
89             <dc_output_enabled value="1"/>
90             <dc_output_limited value="0"/>
91         </dc_output>
92         <dc_output channel="25V-">
93             <dc_voltage value="0.000000e+000"/>
94             <dc_current value="5.000000e-001"/>
95             <dc_voltage_actual value="-1.620000e-004"/>
96             <dc_current_actual value="2.900000e-005"/>
97             <dc_output_enabled value="1"/>
98             <dc_output_limited value="0"/>
99         </dc_output>
100     </dc_outputs>
101 </dcpower>
102

```

```

103 </response>
104 </protocol><oscilloscope id="1">
105   <horizontal>
106     <horz_samplerate value="500"></horz_samplerate>
107     <horz_refpos value="50"></horz_refpos>
108     <horz_recordlength value="500"></horz_recordlength>
109   </horizontal>
110   <channels>
111     <channel number="1">
112       <chan_enabled value="1"></chan_enabled>
113       <chan_coupling value="dc"></chan_coupling>
114       <chan_range value="1"></chan_range>
115       <chan_offset value="0"></chan_offset>
116       <chan_attenuation value="1"></chan_attenuation>
117     </channel>
118     <channel number="2">
119       <chan_enabled value="1"></chan_enabled>
120       <chan_coupling value="dc"></chan_coupling>
121       <chan_range value="1"></chan_range>
122       <chan_offset value="0"></chan_offset>
123       <chan_attenuation value="1"></chan_attenuation>
124     </channel>
125   </channels>
126   <trigger>
127     <trig_source value="channel 1"></trig_source>
128     <trig_slope value="positive"></trig_slope>
129     <trig_coupling value="dc"></trig_coupling>
130     <trig_level value="0"></trig_level>
131     <trig_mode value="autolevel"></trig_mode>
132     <trig_timeout value="1"></trig_timeout>
133     <trig_delay value="0"></trig_delay>
134   </trigger>
135   <measurements>
136     <measurement number="1">
137       <meas_channel value="channel 1"></meas_channel>
138       <meas_selection value="none"></meas_selection>
139     </measurement>
140     <measurement number="2">
141       <meas_channel value="channel 1"></meas_channel>
142       <meas_selection value="none"></meas_selection>
143     </measurement>
144     <measurement number="3">
145       <meas_channel value="channel 1"></meas_channel>
146       <meas_selection value="none"></meas_selection>
147     </measurement>
148   </measurements>
149   <osc_autoscale value="0"></osc_autoscale>
150 </oscilloscope>
151 <dcpower id="1">
152   <dc_outputs>
153     <dc_output channel="6V+">
154       <dc_voltaje value="0"></dc_voltaje>
155       <dc_current value="0.5"></dc_current>
156     </dc_output>
157     <dc_output channel="25V+">
158       <dc_voltaje value="6"></dc_voltaje>
159       <dc_current value="0.5"></dc_current>
160     </dc_output>
161     <dc_output channel="25V-">
162       <dc_voltaje value="0"></dc_voltaje>
163       <dc_current value="0.5"></dc_current>
164     </dc_output>
165   </dc_outputs>
166 </dcpower>
167 </request>
168 </protocol>

```

Analizando el resto de líneas, tanto de la *'request'* como de la *'response'*, se observa como el XML traslada la información con las distintas configuraciones independientemente de su uso. Sin embargo, la *'request'* se centra en las distintas configuraciones de los equipos e instrumentos que envía el servidor de experimentos al

servidor de medida, mientras que la *'response'* traslada todos los parámetros relativos a la operación del laboratorio.

Se concluye que, para analizar la actividad llevada a cabo por el usuario/estudiante en el laboratorio remoto, la *'request'* contiene toda la información necesaria para llevar a cabo la labor de seguimiento, mientras que la *'response'* aporta información adicional pero no es necesaria para llevar a cabo el seguimiento de la actividad del usuario/estudiante en el laboratorio remoto. Esta información contenida en la *'response'* puede ser utilizada para otros fines como, por ejemplo, el análisis del correcto funcionamiento de todos los equipos e instrumentos del laboratorio, así como el correcto funcionamiento de los componentes de la matriz y de los relés de la matriz de conmutación.

4.3. Estructura de la *'request'*

En este apartado y sus sub-apartados se va a analizar la estructura y la información contenida en el XML de la *'request'*. En la Figura 103 se muestra el circuito que se ha empleado para analizar la estructura. El orden seguido para el análisis es según aparecen en el XML de la *'request'*.

4.3.1. Construcción del circuito: <ircuit>

El circuito construido en la Figura 103 se envía a measurement server desde el experiment server en formato XML de la forma que se muestra en el Ejemplo 3. En el XML en realidad todas las líneas contenidas en la etiqueta *'circuitlist'* son una única línea, en el Ejemplo 3 se muestra con saltos de línea para facilitar la lectura.

Ejemplo 3: Ejemplo de circuit

```
<circuit>
<circuitlist>
W_X DMM_1_1 A10
W_X DMM_1_2 A14
W_X VDC+25V_1_1 A10
W_X 0 A18
R_X A14 A18 1K
R_X A10 A14 10K
DMM_1
DMM_1_1
DMM_1_2
VDC+25V_1
VDC+25V_1_1
</circuitlist>
</circuit>
```

En el Ejemplo 3 se observa que, cuando un componente de los contenidos en el component_list (R para resistencia, W para cable, C para condensador, D para diodo, etc.) es empleado en el circuito, se le añade a su alias *'_X'*. Asimismo, se observa como todos

los elementos son referenciados a la fila 'A' y a su respectiva columna (10, 14 ó 18), a pesar de que, como se observa en la Figura 103, las resistencias están conectadas en la fila 'C' o las conexiones a la fuente de alimentación o tierra están conectadas a la fila 'E'. Para el caso de componentes o cableados en las filas 'A', 'B', 'C', 'D', y 'E' todas las conexiones son referenciadas a la fila 'A'. Para el caso de las filas 'F', 'G', 'H', 'I', y 'J', todas las referencias se hacen a la fila 'F'. Evidentemente, esta simplificación es completamente correcta y coherente eléctricamente hablando. Todos los nodos referenciados se muestran en la Figura 104.

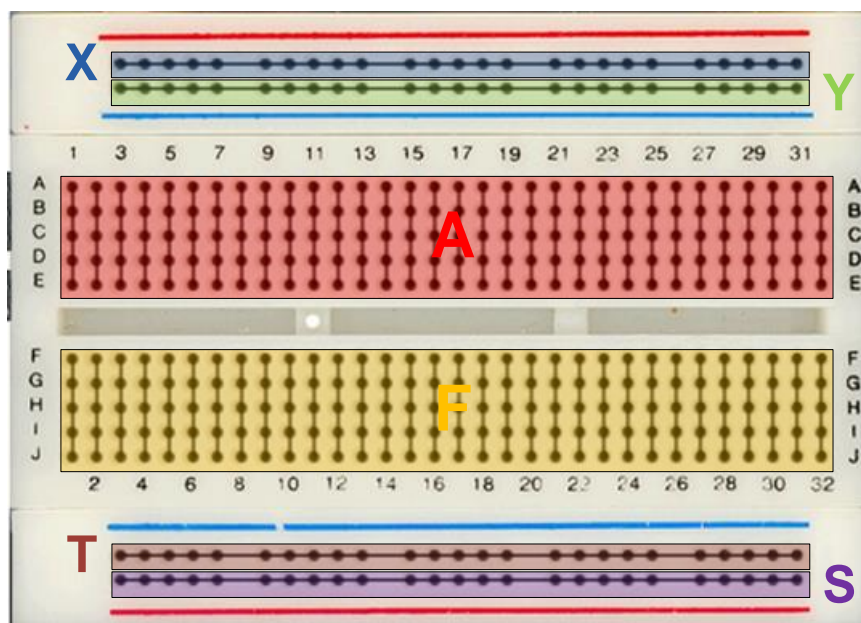


Figura 104. Denominación de los nudos.

4.3.2. Polímetro digital: <multimeter>

Como se observa en el circuito construido en la Figura 103 las puntas del polímetro están conectadas en paralelo a una resistencia. Se han conectado las puntas del polímetro para su medida de voltios/resistencia en la protoboard. La medida que se desea realizar se debe configurar desde el polímetro; en el caso del experimento de la Figura 103, según está configurada la protoboard, la configuración esperable para el polímetro es para la medida de tensión continua a fin de obtener la caída de tensión en la resistencia (Figura 105).



Figura 105. Configuración en el polímetro para la lectura de caída de tensión en corriente continua.

El Ejemplo 4 contiene las líneas referentes a la configuración del polímetro en el XML de la *'request'*. Según se observa en las líneas referentes a la configuración del polímetro, el valor de la etiqueta *'dmm_function value'* es *'dc volts'* que se corresponde con la configuración de la Figura 105.

Ejemplo 4: Ejemplo de líneas en la 'request' relativas al polímetro

```
<multimeter id="1">
  <dmm_function value="dc volts"></dmm_function>
  <dmm_resolution value="3.5"></dmm_resolution>
  <dmm_range value="-1"></dmm_range>
  <dmm_autozero value="1"></dmm_autozero>
</multimeter>
```

El polímetro y su contenido en el XML es el único que requiere estar activo (en cualquier posición que no sea *'OFF'* de la Figura 105) para que las líneas de configuración del polímetro aparezcan en el XML de la *'request'*.

4.3.3. Generador de funciones: *<functiongenerator>*

El Ejemplo 5 contiene las líneas referentes a la configuración del generador de funciones en el XML de la *'request'*. A pesar de que el usuario/estudiante no configure el generador de funciones, los valores preestablecidos, o establecidos en un paso anterior, para el generador de funciones son los que figuran en las etiquetas del generador de funciones; Este es el caso de los valores que figuran en las etiquetas del Ejemplo 5 para la forma de onda, frecuencia, amplitud y nivel de offset.

Ejemplo 5: Ejemplo de líneas en la 'request' relativas al generador de función

```

<functiongenerator id="1">
  <fg_waveform value="sine"></fg_waveform>
  <fg_frequency value="1000"></fg_frequency>
  <fg_amplitude value="0.5"></fg_amplitude>
  <fg_offset value="0"></fg_offset>
</functiongenerator>

```

4.3.4. Osciloscopio: <oscilloscope>

El Ejemplo 6 contiene las líneas referentes a la configuración del osciloscopio en el XML de la 'request' que genera el servidor de experimentos. Los parámetros de configuración del osciloscopio se encuentran divididos por las distintas variables de configuración. En el bloque 'A' del Ejemplo 6 se muestra la configuración de la escala horizontal de la pantalla del osciloscopio, Esta escala horizontal es, lógicamente, común para los canales. En el bloque 'B' se traslada la información de las escalas verticales y niveles de los dos canales disponibles en VISIR. El bloque 'C' es el encargado de los parámetros del trigger. El bloque 'D' traslada las medidas seleccionadas (hasta 3) en el menú de medidas. La última línea del bloque XML dedicado al osciloscopio es para el autoscale.

Ejemplo 6: Ejemplo de líneas en la 'request' relativas al osciloscopio divididas por bloques

```

<oscilloscope id="1">
  <horizontal>
    <horz_samplerate value="500"></horz_samplerate>
    <horz_refpos value="50"></horz_refpos>
    <horz_recordlength value="500"></horz_recordlength>
  </horizontal>
  <channels>
    <channel number="1">
      <chan_enabled value="1"></chan_enabled>
      <chan_coupling value="dc"></chan_coupling>
      <chan_range value="1"></chan_range>
      <chan_offset value="0"></chan_offset>
      <chan_attenuation value="1"></chan_attenuation>
    </channel>
    <channel number="2">
      <chan_enabled value="1"></chan_enabled>
      <chan_coupling value="dc"></chan_coupling>
      <chan_range value="1"></chan_range>
      <chan_offset value="0"></chan_offset>
      <chan_attenuation value="1"></chan_attenuation>
    </channel>
  </channels>
  <trigger>
    <trig_source value="channel 1"></trig_source>
    <trig_slope value="positive"></trig_slope>
    <trig_coupling value="dc"></trig_coupling>
    <trig_level value="0"></trig_level>
    <trig_mode value="autolevel"></trig_mode>
    <trig_timeout value="1"></trig_timeout>
    <trig_delay value="0"></trig_delay>
  </trigger>

```

```

<measurements>
  <measurement number="1">
    <meas_channel value="channel 1"></meas_channel>
    <meas_selection value="none"></meas_selection>
  </measurement>
  <measurement number="2">
    <meas_channel value="channel 1"></meas_channel>
    <meas_selection value="none"></meas_selection>
  </measurement>
  <measurement number="3">
    <meas_channel value="channel 1"></meas_channel>
    <meas_selection value="none"></meas_selection>
  </measurement>
</measurements>
<osc_autoscale value="0"></osc_autoscale>
</oscilloscope>

```

D

4.3.5. Fuente de alimentación: <dcpowerid>

El Ejemplo 7 contiene las líneas referentes a la configuración de la fuente de alimentación en el XML de la *'request'* que envía el servidor de experimentos. La fuente de alimentación contiene 3 fuentes: una fuente independiente con salida: [0 Vdc, +6 Vdc], otra fuente que puede tomar los valores: [0 Vdc, +25 Vdc] y, por último, otra fuente que toma valores comprendidos entre [-25 Vdc, 0 Vdc].

Ejemplo 7: Ejemplo de líneas en la 'request' relativas a la fuente de alimentación

```

<dcpower id="1">
  <dc_outputs>
    <dc_output channel="6V+">
      <dc_voltage value="0"></dc_voltage>
      <dc_current value="0.5"></dc_current>
    </dc_output>
    <dc_output channel="25V+">
      <dc_voltage value="0"></dc_voltage>
      <dc_current value="0.5"></dc_current>
    </dc_output>
    <dc_output channel="25V-">
      <dc_voltage value="0"></dc_voltage>
      <dc_current value="0.5"></dc_current>
    </dc_output>
  </dc_outputs>
</dcpower>

```

4.4. Estructura del patrón

En este apartado se describe como se analiza y se utiliza la información contenida en el XML de la *'request'* para establecer los objetivos deseados por el profesor en un patrón modelo almacenable y reusable, y para evaluar las distintas experiencias prácticas que cada usuario/estudiante ha llevado a cabo. Como se ha comentado anteriormente, el patrón modelo del profesor y el patrón del usuario/estudiante se generan de la misma forma, con la salvedad de que el patrón modelo incorpora más variables introducidas por el profesor en la fase de diseño. Cada patrón modelo de una experiencia práctica

generado por un profesor debe estar asociado a una práctica y esta a su vez a un curso. De esta forma se puede generar un informe con las jerarquías necesarias.

El patrón completo se puede dividir en una serie de segmentos, lo cual facilita su diseño. Estos segmentos se han estructurado de la misma forma que el XML de la *'request'* sigue, es decir:

- Patrón del circuito: Segmento del circuito o patrón del circuito. En el contenido de la etiqueta *'circuitlist'* se encuentra la interacción en la protoboard y se genera un segmento del patrón con toda la información relativa al circuito diseñado en el banco de trabajo.
- Patrón del multímetro digital
- Patrón del generador de funciones
- Patrón de la fuente de alimentación
- Patrón del osciloscopio

4.4.1. Patrón del circuito

El segmento del patrón destinado a la descripción del circuito construido en la protoboard se corresponde con el bloque del apartado 4.3.1. Este es el segmento de patrón más complejo de obtener de forma única debido a que en un laboratorio de electrónica, a la hora de crear un montaje de un determinado circuito, se pueden crear infinitas configuraciones para el mismo circuito, obteniendo, en la práctica, los mismos resultados. Atendiendo estrictamente a las leyes de la electrónica, las variaciones que pueden introducirse en las mediciones entre una configuración u otra, considerando los mismos componentes y las mismas condiciones ambientales de trabajo, se deberán únicamente a la longitud del cable, tipo de cable, material del cable, calidad de las interconexiones, frecuencia de trabajo, etc. Sin embargo, dichas variaciones no serían considerables en un entorno ideal o en un entorno en el que dichas alteraciones no suponen una modificación perceptible. Por otro lado, los instrumentos de medida en cualquier laboratorio de prácticas de electrónica analógica presentan cierta tolerancia, por lo que, estas pequeñas variaciones pueden estar provocados por múltiples factores. Además, las limitaciones físicas de VISIR limitan los valores de trabajo experimental (frecuencia, potencia, etc.).

Por lo tanto, para el montaje en protoboard del circuito de la Figura 106, se pueden realizar múltiples y distintas configuraciones equivalentes. Una representación de unos posibles montajes en protoboard para la Figura 106 se muestra en la Figura 107.

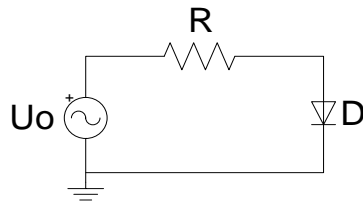


Figura 106. Circuito de ejemplo.

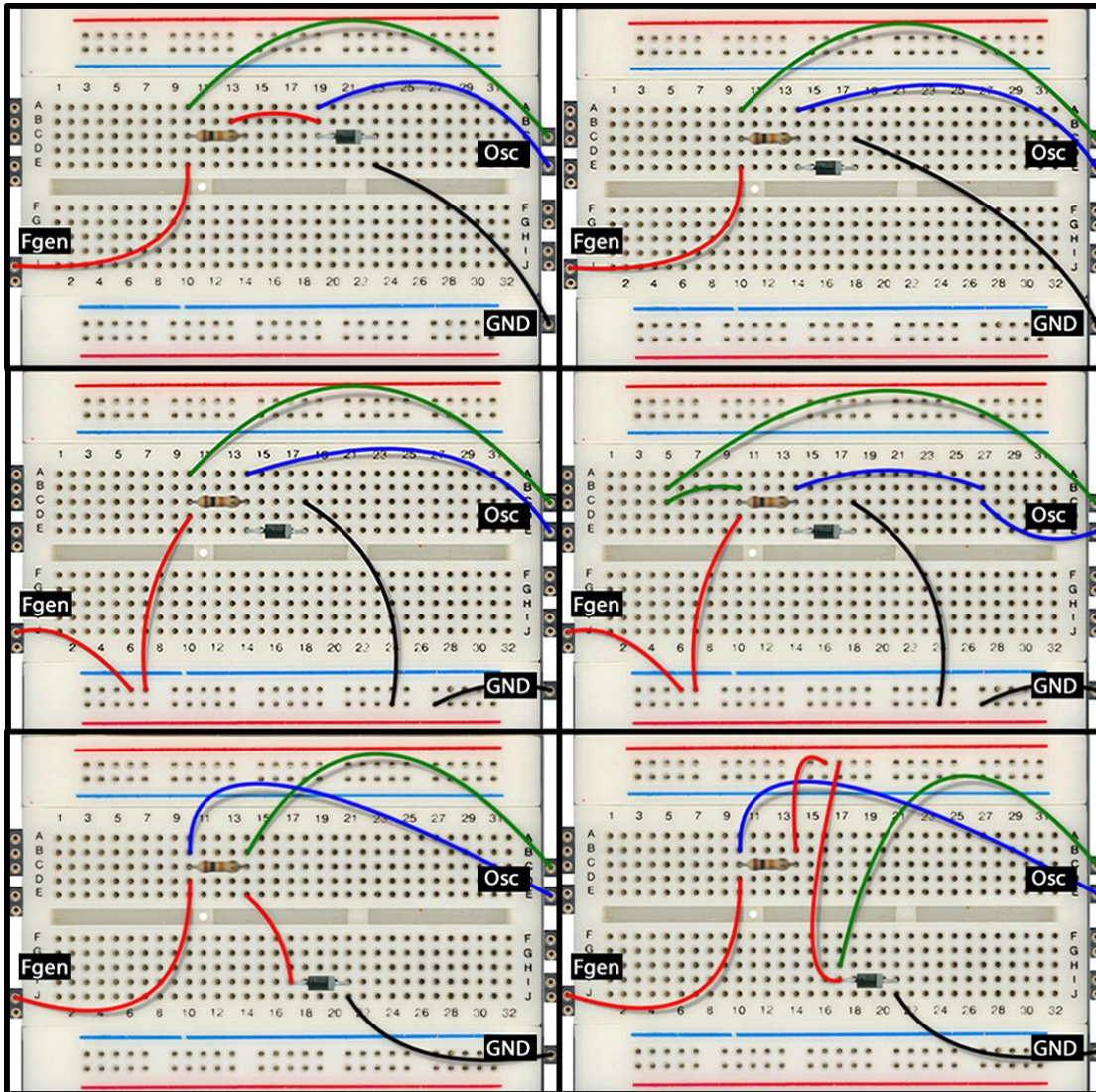


Figura 107. Distintas configuraciones en protoboard (VISIR) para el circuito de la Figura 106.

Por lo tanto, la complejidad radica en que partiendo de una experiencia práctica cualquiera, que tal y como se ha visto en los párrafos previos existen infinitas *'request'* o XML equivalentes, se desea obtener un patrón único y almacenable de forma que pueda ser comparable. Siguiendo el ejemplo de la Figura 107, el contenido de la etiqueta *'circuitlist'* en el XML de la *'request'* para cada caso se encuentra en la Tabla 26. En ella se observa como los distintos montajes en la protoboard generan distintos *'circuitlist'* a pesar de que todos los montajes son equivalentes.

Tabla 26. Contenido de la etiqueta 'circuitlist' en los XML de las 'request' correspondientes a la Figura 107.

<p>1</p> <p>W_X A14 A19 W_X A23 0 W_X PROBE1_1_1 A10 W_X PROBE2_1_1 A19 W_X VFGENA_1_1 A10 R_X A10 A14 10K D_X A19 A23 1N4007a PROBE1_1 PROBE1_1_1 PROBE2_1 PROBE2_1_1 VFGENA_1 VFGENA_1_1</p>	<p>2</p> <p>W_X A18 0 W_X PROBE1_1_1 A10 W_X PROBE2_1_1 A14 W_X VFGENA_1_1 A10 R_X A10 A14 10K D_X A14 A18 1N4007a PROBE1_1 PROBE1_1_1 PROBE2_1 PROBE2_1_1 VFGENA_1 VFGENA_1_1</p>
<p>3</p> <p>W_X A18 T W_X PROBE1_1_1 A10 W_X PROBE2_1_1 A14 W_X VFGENA_1_1 S W_X S A10 W_X T 0 R_X A10 A14 10K D_X A14 A18 1N4007a PROBE1_1 PROBE1_1_1 PROBE2_1 PROBE2_1_1 VFGENA_1 VFGENA_1_1</p>	<p>4</p> <p>W_X A18 T W_X PROBE1_1_1 A5 W_X A27 A14 W_X VFGENA_1_1 S W_X S A10 W_X T 0 W_X A10 A5 W_X A27 PROBE2_1_1 R_X A10 A14 10K D_X A14 A18 1N4007a PROBE1_1 PROBE1_1_1 PROBE2_1 PROBE2_1_1 VFGENA_1 VFGENA_1_1</p>
<p>5</p> <p>W_X PROBE2_1_1 A10 W_X VFGENA_1_1 A10 W_X F21 0 W_X A14 PROBE1_1_1 W_X A14 F17 R_X A10 A14 10K D_X F17 F21 1N4007a PROBE1_1 PROBE1_1_1 PROBE2_1 PROBE2_1_1 VFGENA_1 VFGENA_1_1</p>	<p>6</p> <p>W_X PROBE2_1_1 A10 W_X VFGENA_1_1 A10 W_X F21 0 W_X F17 PROBE1_1_1 W_X A14 X W_X X F17 R_X A10 A14 10K D_X F17 F21 1N4007a PROBE1_1 PROBE1_1_1 PROBE2_1 PROBE2_1_1 VFGENA_1 VFGENA_1_1</p>

4.4.1.1. Consideraciones previas para la generación del patrón del circuito

Este proceso de análisis y transformación del circuito se lleva a cabo tanto en '*pattern_o_matic.php*' (encargado de generar el patrón modelo) como en '*lab_pr_report_gen.php*' (análisis para la generación del patrón del usuario/estudiante previo y necesario para el cotejamiento con el patrón modelo).

Analizando las diferencias básicas en los distintos montajes de la Figura 107 se observa que las variaciones son el número de interconexiones y la disposición de los componentes y cables. Esto se refleja en el número de nudos utilizados en cada caso. Por ejemplo, para el montaje número 1, el número de nudos empleados en el montaje han

sido 6: VFGEN, 0, A10, A14, A19, A23; para el montaje 2 se han empleado 5 nudos: VFGEN, 0, A10, A14, A18; y para el montaje 6, con 7 nudos, los nudos empleados han sido: VFGEN, 0, A10, A14, F17, F21, X.

Por tanto, para la generación del patrón, se pueden extraer las siguientes conclusiones a tener en cuenta en la fase de diseño:

- Los nudos empleados en el diseño del circuito en la protoboard no pueden servir en ningún caso para el patrón. Al igual que ante el análisis de un circuito eléctrico/electrónico, sólo se tendrán en cuenta aquellos nudos básicos que interconectan componentes, equipos y/o instrumentos. Estos nudos si se pueden considerar únicos e inalterables ante las infinitas posibilidades de diseño de un circuito equivalente. Es decir, analizando el circuito de la Figura 106 a partir de la cual todos los montajes de la Figura 107 están construidos, se observa que el circuito contiene 3 nudos básicos: uno entre el generador de funciones (la entrada del circuito) y la resistencia; otro nudo entre la resistencia y el ánodo del diodo; y, por último, un nudo, que a su vez hace las veces de tierra, entre el cátodo del diodo y el generador de funciones.
- El número de cortocircuitos empleados (cables que interconectan componentes entre sí y, a su vez, componentes con equipos e instrumentos) no puede servir como apoyo para el patrón. Los cortocircuitos son necesarios para interconectar los componentes, equipos e instrumentos en la protoboard. Sin embargo, a la hora de generar el patrón se deben considerar innecesarios o intrascendentes ya que, como se observa en la Figura 107, el número de cables destinados a cortocircuitos es únicamente dependiente del diseño en la protoboard e independiente al número de nudos básicos del circuito: cualquier circuito impone una limitación al número mínimo de cortocircuitos necesarios en la protoboard, pero no al número máximo de cortocircuitos.
- El número de componentes empleados es aleatorio, una experiencia práctica cualquiera puede estar diseñada con un número indeterminado de componentes, únicamente limitado por la disponibilidad de espacio en la matriz de componentes de VISIR.
- Las distintas entradas (generador de funciones y fuentes de alimentación) e instrumentos de medida (multímetro y osciloscopio) son fijas, únicamente requieren determinar si no está conectado, o si está conectado a un determinado nudo.
- Los componentes pueden poseer distinto número de terminales, por lo que no se puede utilizar una misma estructura para determinar todos los componentes.

- Existen componentes sin polaridad y con polaridad. Por ejemplo, una resistencia de película de carbón no tiene polaridad, mientras que un diodo rectificador de Silicio sí posee polaridad. La restricción impuesta por los componentes con polaridad facilita la creación del patrón ya que sólo existe una posibilidad de conexión. Sin embargo, los componentes sin polaridad (siempre se trata de componentes de 2 terminales) pueden aceptar ambos terminales como entrada y salida lo que provoca una duplicidad de posibilidades distintas pero equivalentes. Si, además, existen varios componentes sin polaridad en un mismo circuito, el número de posibles interconexiones equivalentes sin utilizar más nudos aumenta exponencialmente.

4.4.1.2. Proceso de análisis y transformación del patrón del circuito

En este apartado se describen los principales mecanismos del proceso de transformación del contenido de la etiqueta 'circuitlist' del XML de la 'request'. Para ello se describirá el proceso apoyándose en el ejemplo mostrado en la Figura 106, Figura 107 y Tabla 26. Más adelante se mostrará los resultados en un ejemplo más complejo.

El proceso de transformación del 'circuitlist' de la 'request' se basa en una serie de pasos siguiendo a fin de simplificar el circuito en nudos básicos, componentes conectados entre dichos nudos básicos y equipos e instrumentos conectados a los nudos básicos.

Paso 1: Preparación de la información.

Observando todos los 'circuitlist' de la Tabla 26 se puede ver como las líneas comienzan por cualquiera de los códigos de la Tabla 27. Estos códigos sin el texto '_X', correspondientes a como se han denominado los distintos tipos de componentes instalados en VISIR, se definen en el archivo component.types del measurement server y son utilizados en los archivos components.list del equipment server y en los archivos .max del measurement server.

Tabla 27. Posibles tipos de componentes en el 'circuitlist'.

Código empleado en el 'circuitlist' para la familia de componentes	Nombre del componente	Número de nodos	Polaridad
W_X	Cable	2	NO
R_X	Resistencia	2	NO
C_X	Condensador	2	NO
CE_X	Condensador eletrolítico	2	SI
D_X	Diodo	2	SI
L_X	Bobina	2	NO
Q_X	Transistor	3	SI
BLACKBOX_3_X	Caja negra 3 conexiones	3	SI
BLACKBOX_5_X	Caja negra 5 conexiones	5	SI
OP_X	Amplificador operacional	8	SI
BR_X	Puente rectificador de onda completa	8	SI

Además de los segmentos de código referentes a los componentes y cortocircuitos de interconexión entre componentes, equipos e instrumentos, existen otros fragmentos de

código referentes al uso de los distintos equipos y a las sondas empleadas por los instrumentos. Estas líneas en realidad no proporcionan ningún tipo de información necesaria para evaluar la interacción en la protoboard; estas líneas proporcionan únicamente una parte de información redundante: informan de la utilización del conector de equipo o instrumento, por lo que sus líneas no se consideran. Todas las posibilidades para el laboratorio remoto VISIR instalado en el DIEEC de la UNED se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28. Líneas descartadas en el preprocesamiento.

Equipo/Instrumento	Código empleado para equipos/instrumentos
Referentes al polímetro en medida de voltaje y corriente	DMM_1
	DMM_1_1
	DMM_1_2
Referentes al polímetro en medida A	Iprobe_1
	Iprobe_1_1
	Iprobe_1_2
Referentes al osciloscopio	PROBE1_1
	PROBE1_1_1
	PROBE2_1
Referentes al generador de funciones	VFGENA_1
	VFGENA_1_1
Referentes a la fuente de alimentación	VDC+25V_1
	VDC+25V_1_1
	VDC-25V_1
	VDC-25V_1_1
	VDC+6V_1
	VDC+6V_1_1
	VDCCOM_1
VDCCOM_1_1	
Tierra	0

Las líneas de código restantes si son necesarias para construir el patrón. Estas líneas, además siguen una determinada estructura:

```
<<identificador familia componente>> # <<nudo_1>> # <<nudo_2>> #... # <<nudo_n>>
# <<nombre componente>>
```

Para el caso de una resistencia de valor fijo el código es "R_X A10 A14 10K". Los cables (W_X) no tienen un nombre de componente ya que no hay que distinguir entre distintos elementos dentro de la familia: todos los cortocircuitos son iguales.

Otro preprocesamiento de los 'circuitlist' que se realiza es el de renombrar determinados nudos (como se muestra en el siguiente listado) a fin de liberar todas las letras superiores a H ya que se utilizarán posteriormente para definir los nudos empleados en el patrón.

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \rightarrow G \\ S \rightarrow B1 \\ T \rightarrow B2 \\ X \rightarrow B3 \\ Y \rightarrow B4 \end{array} \right\} \quad (4.1)$$

En la Tabla 29 se muestra el resultado de los ‘circuitlist’ de la Tabla 26 tras el preprocesamiento llevado a cabo en el paso 1. Los segmentos de código no considerados y que son eliminados en este paso no se muestran, los cambios introducidos en el resto del código se muestran en azul.

Tabla 29. Transformaciones realizadas en el paso 1.

1	W_X A14 A19 W_X A23 G W_X PROBE1_1_1 A10 W_X PROBE2_1_1 A19 W_X VFGENA_1_1 A10 R_X A10 A14 10K D_X A19 A23 1N4007a	2	W_X A18 G W_X PROBE1_1_1 A10 W_X PROBE2_1_1 A14 W_X VFGENA_1_1 A10 R_X A10 A14 10K D_X A14 A18 1N4007a
3	W_X A18 B2 W_X PROBE1_1_1 A10 W_X PROBE2_1_1 A14 W_X VFGENA_1_1 B1 W_X B1 A10 W_X B2 G R_X A10 A14 10K D_X A14 A18 1N4007a	4	W_X A18 B2 W_X PROBE1_1_1 A5 W_X A27 A14 W_X VFGENA_1_1 B1 W_X B1 A10 W_X B2 G W_X A10 A5 W_X A27 PROBE2_1_1 R_X A10 A14 10K D_X A14 A18 1N4007a
5	W_X PROBE2_1_1 A10 W_X VFGENA_1_1 A10 W_X F21 G W_X A14 PROBE1_1_1 W_X A14 F17 R_X A10 A14 10K D_X F17 F21 1N4007a	6	W_X PROBE2_1_1 A10 W_X VFGENA_1_1 A10 W_X F21 G W_X F17 PROBE1_1_1 W_X A14 B3 W_X B3 F17 R_X A10 A14 10K D_X F17 F21 1N4007a

Paso 2: Estructuración del ‘circuitlist’.

Observando todos los ‘circuitlist’ de la Tabla 26 se puede distinguir 2 grupos de entradas:

- Aquellas destinadas a componentes: R_X, C_X, CE_X, D_X, L_X, Q_X, BLACKBOX_3_X, BLACKBOX_5_X, OP_X, BR_X y CONV_X (para el caso de los componentes instalados en el laboratorio remoto VISIR del DIEEC-UNED).
- Aquellas destinadas a cableados: W_X. A su vez, se puede ver como las líneas cuyo identificador es un cable ‘W_X’ se pueden tratar de:
 - un cable que conecta un equipo con un nudo del circuito, por ejemplo, del ‘circuitlist’ 4 de la Tabla 26 se tienen:
 - W_X VFGENA_1_1 S

- un cable que conecta una sonda de un instrumento con un nudo del circuito, para el 'circuitlist' 4 de la Tabla 26:
 - W_X PROBE1_1_1 A5
 - W_X A27 PROBE2_1_1
- un cable que interconecta 2 nudos; a partir del 'circuitlist' 4 de la Tabla 26
 - W_X A18 T
 - W_X A27 A14
 - W_X S A10
 - W_X T 0
 - W_X A10 A5

Cada caso se trata de una forma distinta, aunque para los casos de cables interconectando nudos ya sea con equipos o instrumentos, su tratamiento es completamente análogo. Por lo tanto, se generan 4 arrays, uno para cada caso, de la siguiente forma:

Caso componentes:

Para cualquiera de las etiquetas identificativas de familias de componentes que pueden aparecer en el código se tiene determinado el número de pins del componente definido en su etiqueta de familia de componente, por lo que se genera un array (llamado \$components) de arrays (cada uno de estos arrays contiene la información de un componente) con la información concerniente a los componentes de la forma mostrada a continuación:

```
$circuit_components() // array (size=n); n: número de componentes
  0 => array (size=x) //componente 1
    0 => identificador familia
    1 => nudo_1
    2 => nudo_2
    ...
    x-2 => nudo_x-2
    x-1 => valor o nombre del componente
  1 => array (size=y) //componente 2
    0 => identificador familia
    1 => nudo_1
    2 => nudo_2
    ....
    y-2 => nudo_y-2
    y-1 => valor o nombre del componente
  ...
```

```

n-1 => array (size=z) //componente n
0 => identificador familia
1 => nudo_1
2 => nudo_2
....
z-2 => nudo_z-2
z-1 => valor o nombre del componente

```

Cada componente tiene dos campos fijos, el primero (familia del componente) y último (valor o nombre del componente). A modo de ejemplo, con dicho patrón para los componentes, en el 'circuitlist' 4 de la Tabla 26, se obtiene la el array de arrays mostrado en el Ejemplo 8:

Ejemplo 8: Resultado para el 'circuitlist' 4 de la Tabla 26.

```

$circuit_components// array (size=2)
0 => array (size=4)
0 => string 'R_X' (length=3)
1 => string 'A10' (length=2)
2 => string 'A14' (length=3)
3 => string '10K' (length=3)
1 => array (size=4)
0 => string 'D_X' (length=3)
1 => string 'A14' (length=3)
2 => string 'A18' (length=3)
3 => string '1N4007a' (length=7)

```

Caso equipos:

Para definir los equipos conectados o empleados en el montaje y los nudos a los que se hayan conectados se genera un array con estructura fija de la forma:

```

$circuit_sources = array(VFGENA_1_1, VDC+25V_1_1, VDC-25V_1_1, VDC+6V_1_1,
VDCCOM_1_1)

```

Inicialmente, este array tiene todos sus elementos como no conectados (NC), es decir:

```

$circuit_sources = array(NC, NC, NC, NC, NC)

```

Una vez que en el código del 'circuitlist' aparece la conexión de alguno de los equipos (por ejemplo, del 'circuitlist' 4 de la Tabla 29: W_X VFGENA_1_1 B1) se almacena este nudo (B1) en el array de equipos en su posición predeterminada, es decir: `$circuit_sources = array(B1, NC, NC, NC, NC)`.

Si aparece otra línea de código en el 'circuitlist' con una nueva conexión al mismo equipo, no se realiza ningún cambio en el array de equipos, sino que se añade un nuevo cortocircuito al sistema entre el nudo de la primera aparición del equipo y el nudo al que está conectado la segunda aparición del equipo. Por ejemplo, y de acuerdo con el ejemplo seguido en el párrafo anterior como primera aparición del generador de funciones en el código del 'circuitlist', ante una segunda aparición del equipo (por ejemplo, W_X A12

VFGENA_1_1) el array de equipos se mantendría inalterable ($\$circuit_sources = \text{array}(B1, NC, NC, NC, NC)$) y se añadiría un cortocircuito al montaje ($W_X A12 B1$). Este proceso en líneas de código es el equivalente a la transformación física del montaje mostrado en la Figura 108, en dicho ejemplo tendríamos $\$circuit_sources = \text{array}(A13, NC, NC, NC, NC)$ y un nuevo cortocircuito de la forma $W_X A13 F13$. El proceso seguido en este suceso es la de la limitación del número de conexiones directas a los equipos a una única conexión.

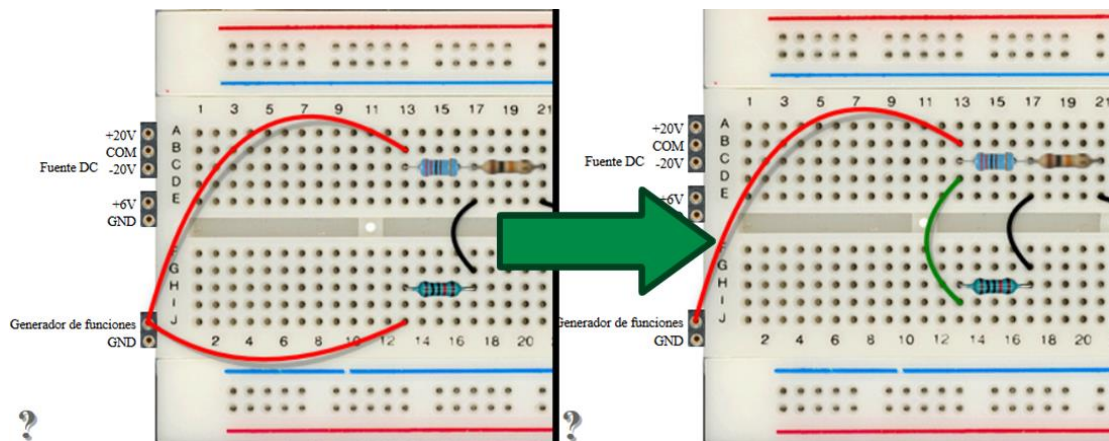


Figura 108. Transformación equivalente llevada a cabo. El nuevo cortocircuito se ha representado en color verde.

Caso instrumentos:

El proceso seguido es completamente análogo al seguido en el caso de los equipos. Para definir los instrumentos conectados o empleados en el montaje y los nudos a los que se hayan conectados se genera un array con estructura fija de la forma:

```
 $\$meas\_instruments = \text{array}(\text{DMM}_1_1, \text{DMM}_1_2, \text{IPROBE}_1_1, \text{IPROBE}_1_2, \text{PROBE1}_1_1, \text{PROBE2}_1_1)$ 
```

Al igual que los equipos, inicialmente este array tiene todos sus elementos como no conectados (NC), es decir:

```
 $\$circuit\_meas\_instruments = \text{array}(\text{NC}, \text{NC}, \text{NC}, \text{NC}, \text{NC}, \text{NC})$ 
```

Una vez que en el código del 'circuitlist' aparece la conexión de alguno de los equipos (por ejemplo, del 'circuitlist' 4 de la Tabla 26: " $W_X \text{PROBE1}_1_1 A5$ " y " $W_X A27 \text{PROBE2}_1_1$ ") se almacenan estos nudo (A5 para PROBE1_1_1 y A27 para PROBE2_1_1) en el array de instrumentos en su posición predeterminada, es decir: $\$circuit_meas_instruments = \text{array}(\text{NC}, \text{NC}, \text{NC}, \text{NC}, A5, A27)$.

Caso cortocircuitos:

Todos los cortocircuitos se almacenan en un array (`$circuit_wires`) de arrays (cada array dentro del array `$circuit_wires` contiene la información de cada cortocircuito). Los cortocircuitos almacenados en el array `$circuit_wires` poseen la estructura que se muestra a continuación:

```

array (size=n)
  0 => array (size=4)
    0 => W_X
    1 => nudo_1
    2 => nudo_2
    3 => SHORTCIRCUIT
  1 =>array (size=4)
    0 => W_X
    1 => nudo_1
    2 => nudo_2
    3 => SHORTCIRCUIT
  ...
  n-1 =>array (size=4)
    0 => W_X
    1 => nudo_1
    2 => nudo_2
    3 => SHORTCIRCUIT

```

Con dicho patrón para los componentes, en el 'circuitlist' 4 de la Tabla 26, se obtiene el array de arrays con la información relativa a los cortocircuitos, para el 'circuitlist' 4 de la Tabla 26 se muestra en el Ejemplo 9.

Ejemplo 9: Array de cortocircuitos para el 'circuitlist' 4 de la Tabla 26.

```

$circuit_wires// array (size=2)
  0 => array (size=4)
    0 => W_X
    1 => A18
    2 => B2
    3 => SHORTCIRCUIT
  1 =>array (size=4)
    0 => W_X
    1 => A27
    2 => A14
    3 => SHORTCIRCUIT
  0 => array (size=4)
    0 => W_X
    1 => B1
    2 => A10
    3 => SHORTCIRCUIT
  1 =>array (size=4)
    0 => W_X
    1 => B2
    2 => G2
    3 => SHORTCIRCUIT
  1 =>array (size=4)
    0 => W_X
    1 => A10
    2 => A5
    3 => SHORTCIRCUIT

```

El resultado de las transformaciones de la Tabla 26 tras el procesamiento llevado a cabo en el paso 2 se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30. Transformaciones realizadas al finalizar el paso 2.

<p>1</p> <pre> Array \$circuit_components 0=>(R_X, A10, A14, 10K) 1=>(D_X, A19, A23, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, A10, A19) Array \$circuit_sources (A10, NC, NC, NC, NC) Array \$circuit_wires 0=>(W_X, A14, A19, SC) 1=>(W_X, A23, G, SC) </pre>	<p>2</p> <pre> Array \$circuit_components 0=>(R_X, A10, A14, 10K) 1=>(D_X, A14, A18, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, A10, A14) Array \$circuit_sources (A10, NC, NC, NC, NC) Array \$circuit_wires 0=>(W_X, A18, G, SC) </pre>
<p>3</p> <pre> Array \$circuit_components 0=>(R_X, A10, A14, 10K) 1=>(D_X, A14, A18, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, A10, A14) Array \$circuit_sources (A10, NC, NC, NC, NC) Array \$circuit_wires 0=>(W_X, B2, G, SC) 1=>(W_X, B1, A10, SC) 2=>(W_X, A18, B2, SC) </pre>	<p>4</p> <pre> Array \$circuit_components 0=>(R_X, A10, A14, 10K) 1=>(D_X, A14, A18, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, A5, A27) Array \$circuit_sources (B1, NC, NC, NC, NC) Array \$circuit_wires 0=>(W_X, A18, B2, SC) 1=>(W_X, A27, A14, SC) 2=>(W_X, B1, A10, SC) 3=>(W_X, B2, G, SC) 4=>(W_X, A10, A5, SC) </pre>
<p>5</p> <pre> Array \$circuit_components 0=>(R_X, A10, A14, 10K) 1=>(D_X, F17, F21, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, A14, A10) Array \$circuit_sources (A10, NC, NC, NC, NC) Array \$circuit_wires 0=>(W_X, F21, G, SC) 1=>(W_X, A14, F17, SC) </pre>	<p>6</p> <pre> Array \$circuit_components 0=>(R_X, A10, A14, 10K) 1=>(D_X, F17, F21, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, F17, A10) Array \$circuit_sources (A10, NC, NC, NC, NC) Array \$circuit_wires 0=>(W_X, F21, G, SC) 1=>(W_X, A14, B3, SC) 2=>(W_X, B3, F17, SC) </pre>

Paso 3: Eliminación de los cables de interconexión.

Se puede observar en la Tabla 30 que el conjunto de distintos experimentos equivalentes tiene en común los componentes empleados y los equipos e instrumentos conectados. La única variable aleatoria en cuanto a la cantidad de apariciones es el número de cortocircuitos empleados para construir el circuito.

Físicamente hablando, los cortocircuitos interconectan 2 nudos convirtiendo a ambos en el mismo nudo. Recorriendo elemento a elemento el array de cortocircuitos (\$circuit_wires), se toma el segundo nudo del cortocircuito (en el caso de que el segundo nudo sea 'G' <<tierra>> se intercambian las posiciones) y se buscan todas sus apariciones en los 4 arrays (\$circuit_components, \$circuit_meas_instruments, \$circuit_sources y \$circuit_wires) sustituyéndola por el nudo 1 del cortocircuito. Por ejemplo, para el ejemplo 4 de la Tabla 30, que contiene 4 cortocircuitos, el proceso del bucle sería:

Ejemplo 10: Procesamiento seguido en el 'circuitlist' 4 para la eliminación de cortocircuitos.

```

Situación inicial:
Array $circuit_components
0=>(R_X, A10, A14, 10K)
1=>(D_X, A14, A18, 1N4007a)
Array $circuit_meas_instruments
(NC, NC, NC, NC, A5, A27)
Array $circuit_sources
(B1, NC, NC, NC, NC)
Array $circuit_wires
0=>(W_X, A18, B2, SC)
1=>(W_X, A27, A14, SC)
2=>(W_X, B1, A10, SC)
3=>(W_X, B2, G, SC)
4=>(W_X, A10, A5, SC)
Vuelta 1: 0=>(W_X, A18, B2, SC) // B2=>A18
Array $circuit_components
0=>(R_X, A10, A14, 10K)
1=>(D_X, A14, A18, 1N4007a)
Array $circuit_meas_instruments
(NC, NC, NC, NC, A5, A27)
Array $circuit_sources
(B1, NC, NC, NC, NC)
Array $circuit_wires
0=>(W_X, A18, A18, SC)
1=>(W_X, A27, A14, SC)
2=>(W_X, B1, A10, SC)
3=>(W_X, A18, G, SC)
4=>(W_X, A10, A5, SC)
Vuelta 2: 1=>(W_X, A27, A14, SC) // A14=>A27
Array $circuit_components
0=>(R_X, A10, A27, 10K)
1=>(D_X, A27, A18, 1N4007a)
Array $circuit_meas_instruments
(NC, NC, NC, NC, A5, A27)
Array $circuit_sources
(B1, NC, NC, NC, NC)
Array $circuit_wires
0=>(W_X, A18, A18, SC)
1=>(W_X, A27, A27, SC)
2=>(W_X, B1, A10, SC)
3=>(W_X, A18, G, SC)
4=>(W_X, A10, A5, SC)
Vuelta 3: 2=>(W_X, B1, A10, SC) // A10=>B1
Array $circuit_components
0=>(R_X, B1, A27, 10K)
1=>(D_X, A27, A18, 1N4007a)
Array $circuit_meas_instruments
(NC, NC, NC, NC, A5, A27)
Array $circuit_sources
(B1, NC, NC, NC, NC)
Array $circuit_wires
0=>(W_X, A18, A18, SC)
1=>(W_X, A27, A27, SC)
2=>(W_X, B1, B1, SC)
3=>(W_X, A18, G, SC)
4=>(W_X, B1, A5, SC)
Vuelta 4: 3=>(W_X, A18, G, SC) //A18=>G
Array $circuit_components
0=>(R_X, B1, A27, 10K)
1=>(D_X, A27, G, 1N4007a)
Array $circuit_meas_instruments
(NC, NC, NC, NC, A5, A27)
Array $circuit_sources
(B1, NC, NC, NC, NC)
Array $circuit_wires
0=>(W_X, G, G, SC)
1=>(W_X, A27, A27, SC)
2=>(W_X, B1, B1, SC)
3=>(W_X, G, G, SC)
4=>(W_X, B1, A5, SC)
Vuelta 5: 4=>(W_X, B1, A5, SC) // A5=>B1

```

```

Array $circuit_components
0=>(R_X, B1, A27, 10K)
1=>(D_X, A27, G, 1N4007a)
Array $circuit_meas_instruments
(NC, NC, NC, NC, B1, A27)
Array $circuit_sources
(B1, NC, NC, NC, NC)
Array $circuit_wires
0=>(W_X, G, G, SC)
1=>(W_X, A27, A27, SC)
2=>(W_X, B1, B1, SC)
3=>(W_X, G, G, SC)
4=>(W_X, B1, B1, SC)

```

Finalmente, el circuito equivalente obtenido tras eliminar todos los cortocircuitos contiene 3 nudos básicos (B1, A27 y G) que son los que el esquema del circuito de la Figura 106 contiene. En la Tabla 31 se muestra el resultado obtenido en los distintos montajes de la Figura 107 tras el procesado de datos del paso 3. Una vez eliminados todos los cortocircuitos de los distintos montajes equivalentes, el array de cortocircuitos (\$circuit_wires) carece de información relevante para el patrón con lo que no se considera.

Tabla 31. Estado escenarios tras paso 3.

1	<pre> Array \$circuit_components 0=>(R_X, A10, A14, 10K) 1=>(D_X, A14, G, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, A10, A14) Array \$circuit_sources (A10, NC, NC, NC, NC) </pre>	2	<pre> Array \$circuit_components 0=>(R_X, A10, A14, 10K) 1=>(D_X, A14, G, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, A10, A14) Array \$circuit_sources (A10, NC, NC, NC, NC) </pre>
3	<pre> Array \$circuit_components 0=>(R_X, B1, A14, 10K) 1=>(D_X, A14, G, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, B1, A14) Array \$circuit_sources (B1, NC, NC, NC, NC) </pre>	4	<pre> Array \$circuit_components 0=>(R_X, B1, A27, 10K) 1=>(D_X, A27, G, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, B1, A27) Array \$circuit_sources (B1, NC, NC, NC, NC) </pre>
5	<pre> Array \$circuit_components 0=>(R_X, A10, A14, 10K) 1=>(D_X, A14, G, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, A14, A10) Array \$circuit_sources (A10, NC, NC, NC, NC) </pre>	6	<pre> Array \$circuit_components 0=>(R_X, A10, A14, 10K) 1=>(D_X, A14, G, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, A14, A10) Array \$circuit_sources (A10, NC, NC, NC, NC) </pre>

Paso 4: Designación genérica de nudos.

Se puede observar en la Tabla 31 que todos los montajes equivalentes siguen la misma estructura. Tal y como está dispuesta la información tras el paso 3 se pueden considerar una especie de patrón. Sin embargo, para poder llevar a cabo una comparación rápida entre el patrón modelo y el patrón generado a partir de la experimentación por el estudiante, resulta interesante renombrar los nudos a fin de obtener una solución genérica: evitando la denominación de los nudos mediante las posiciones en las que están conectados en la protoboard; es decir, renombrar los nudos A10, A15, A18, etc. por letras genéricas a partir de la letra 'H'. La letra 'G' es el primer nudo genérico del patrón y es

utilizado para la designación del nudo de tierra. Por tanto, se renombrarán aquellos nudos cuyo primer dígito es A, B o F y los acompaña un número.

Si atendemos al funcionamiento interno de un circuito, los arrays que realmente determinan si dos circuitos son equivalentes son el array de componentes (`$circuit_components`) y el array de equipos (`$circuit_sources`). El array de instrumentos de medida (`$circuit_meas_instruments`) puede sufrir determinadas alteraciones y seguir resultando un circuito equivalente a otro con distinto array de instrumentos de medida. Por ejemplo, todos los circuitos de la Tabla 31 son equivalentes: su funcionamiento es análogo y las medidas tomadas son las mismas. Sin embargo, en los datos obtenidos en el procesamiento del circuito análogo 6 de la Tabla 31, el array de los instrumentos de medida (`$circuit_meas_instruments`) tiene invertidas las sondas del osciloscopio; este hecho resulta en un circuito equivalente con conexiones equivalentes, pero en la pantalla del osciloscopio los canales estarán invertidos al resto de muestras. Esta variación es análoga a las puntas del multímetro. Evidentemente, esta ligera variación no afecta al resultado obtenido por el estudiante en su interacción con el laboratorio ya que, la conexión de las puntas del multímetro o las sondas del polímetro entre dos puntos concretos, invertidas o no, requiere de un marco teórico que es independiente de la actividad y destreza en el laboratorio para entender lo que se está visualizando en la pantalla.

La designación genérica de los nudos se inicia siempre en el array de equipos (`$circuit_sources`) y se inicia, como se ha comentado anteriormente, en la letra 'H'. Se recorre dicho array hasta que se encuentra un nudo conectado, en ese caso se renombra dicho nudo con la letra que corresponda (a la primera aparición de un nudo le corresponderá la letra 'H', a la segunda la letra 'I' y así sucesivamente) y se buscan coincidencias del nudo en el resto de arrays (`$circuit_meas_instruments` y `$circuit_components`). El resultado se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32. Procesamiento realizado en el paso 4. Designación de nudos genéricos para los equipos.

1	Array <code>\$circuit_components</code> 0=>(R_X, H, A14, 10K) 1=>(D_X, A14, G, 1N4007a) Array <code>\$circuit_meas_instruments</code> (NC, NC, NC, NC, H, A14) Array <code>\$circuit_sources</code> (H, NC, NC, NC, NC)	2	Array <code>\$circuit_components</code> 0=>(R_X, H, A14, 10K) 1=>(D_X, A14, G, 1N4007a) Array <code>\$circuit_meas_instruments</code> (NC, NC, NC, NC, H, A14) Array <code>\$circuit_sources</code> (H, NC, NC, NC, NC)
3	Array <code>\$circuit_components</code> 0=>(R_X, H, A14, 10K) 1=>(D_X, A14, G, 1N4007a) Array <code>\$circuit_meas_instruments</code> (NC, NC, NC, NC, H, A14) Array <code>\$circuit_sources</code> (H, NC, NC, NC, NC)	4	Array <code>\$circuit_components</code> 0=>(R_X, H, A27, 10K) 1=>(D_X, A27, G, 1N4007a) Array <code>\$circuit_meas_instruments</code> (NC, NC, NC, NC, H, A27) Array <code>\$circuit_sources</code> (H, NC, NC, NC, NC)

5	<pre> Array \$circuit_components 0=>(R_X, H, A14, 10K) 1=>(D_X, A14, G, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, A14, H) Array \$circuit_sources (H, NC, NC, NC, NC) </pre>	6	<pre> Array \$circuit_components 0=>(R_X, H, A14, 10K) 1=>(D_X, A14, G, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, A14, H) Array \$circuit_sources (H, NC, NC, NC, NC) </pre>
---	---	---	---

Para renombrar los nudos de los componentes se puede seguir distintas estrategias a fin de obtener unos nudos renombrados en un determinado orden de forma que, ante las distintas variaciones equivalentes de un circuito, el resultado obtenido sea siempre el mismo o una estrategia que permita una determinada metodología para su posterior cotejamiento.

- La estrategia que requiere un menor procesamiento para generar el patrón pero que, sin embargo, requiere un mayor procesamiento a la hora de comparar el patrón del estudiante con el patrón modelo en el entorno autoevaluativo/evaluativo sería la de nombrar los nudos en cualquier orden y dejar todo el peso del procesamiento a la hora de comparar el patrón de la experimentación del usuario/estudiante con el patrón modelo del profesor. Esta estrategia exigiría seguir todas las apariciones de cada nudo en uno de los dos patrones a comparar (patrón de experimentación del usuario/estudiante y patrón modelo) y cotejar si se corresponde con los nudos del otro patrón. En definitiva, sería comprobar si cada nudo de un patrón es equivalente a un nudo del otro patrón analizando si está conectado a los mismos equipos, instrumentos y componentes. Los componentes sin polaridad requieren un procesado independiente.
- Una posible estrategia sería la de ordenar todos los componentes utilizados en un determinado orden (por ejemplo, orden alfabético del nombre del componente) y comenzar a asignar los nudos genéricos a aquellos nudos de los componentes que no están conectados a tierra, dado que ya tienen asignado el nudo 'G', o no han sido renombrados en la designación de los nudos del array de equipos. Al seguir esta estrategia se debe tener en cuenta ciertos factores a la hora de cotejar patrones: la posibilidad de la existencia de 2 componentes iguales, con lo que no se puede asignar un orden único en estos casos, y la disponibilidad de patrones equivalentes con componentes sin polaridad al igual que en el caso anterior.
- Una estrategia derivada de la anterior, y la seguida en el sistema generado, es aprovechar el orden en el que el servidor de experimentos genera el XML de la 'request' muestra la información. Una vez generado un experimento en WebLabDeusto, con un determinado número de componentes, estos están dispuestos siempre en el mismo orden para ese experimento. Los inconvenientes comentados en el punto anterior, la posibilidad de la existencia de 2 componentes

iguales y la existencia de componentes sin polaridad, siguen presentes en esta estrategia. Por otro lado, respecto a las estrategias anterior, posee una ventaja ya que se aprovecha del orden proporcionado por el servidor de experimentos en el XML de la *'request'* y no requiere procesar la información resultando en un sistema más ágil. El resultado de esta estrategia se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33. Procesamiento realizado en el paso 3. Designación de nudos genéricos para los componentes.

1	Array \$circuit_components 0=>(R_X, H, I, 10K) 1=>(D_X, I, G, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, H, I) Array \$circuit_sources (H, NC, NC, NC, NC)	2	Array \$circuit_components 0=>(R_X, H, I, 10K) 1=>(D_X, I, G, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, H, I) Array \$circuit_sources (H, NC, NC, NC, NC)
3	Array \$circuit_components 0=>(R_X, H, I, 10K) 1=>(D_X, I, G, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, H, I) Array \$circuit_sources (H, NC, NC, NC, NC)	4	Array \$circuit_components 0=>(R_X, H, I, 10K) 1=>(D_X, I, G, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, H, I) Array \$circuit_sources (H, NC, NC, NC, NC)
5	Array \$circuit_components 0=>(R_X, H, I, 10K) 1=>(D_X, I, G, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, I, H) Array \$circuit_sources (H, NC, NC, NC, NC)	6	Array \$circuit_components 0=>(R_X, H, I, 10K) 1=>(D_X, I, G, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, I, H) Array \$circuit_sources (H, NC, NC, NC, NC)

Solución adoptada

Para la generación del patrón y patrón modelo se ha analizado y sopesado como mejor opción la primera, debido a su versatilidad ante cambios y por la elegancia de la implementación. Sin embargo, esta solución requiere de un algoritmo recursivo en el entorno autoevaluativo/evaluativo, de forma que analice para el patrón del usuario/estudiante las conexiones de cada componente con el resto de componentes, equipos y componentes. Posteriormente, estas conexiones deben ser comprobadas en el patrón modelo de forma que coincidan con las del patrón del usuario/estudiante. De esta forma habría que recorrer todos los componentes. El proceso se puede llevar a cabo de forma inversa, analizando componente a componente del patrón modelo y comparando con el patrón de la experiencia práctica del usuario/estudiante. Para usuarios/estudiantes cuyo número de experiencias prácticas haya sido muy limitado, este método sería aceptable. Sin embargo, para un número elevado de experiencias prácticas sobre la misma práctica el tiempo de ejecución se puede convertir en inaceptable.

Las opciones segunda y tercera son muy similares, simplemente se diferencian en la forma de definir el orden en el que se dispondrán los componentes dentro del array de

componentes. Sin embargo, la segunda opción requiere, igualmente, más tiempo procesamiento para la generación del patrón.

La solución implementada ha sido la tercera opción debido a la agilidad que el proceso dota al sistema. Una vez generado el patrón de la experiencia práctica, el entorno autoevaluativo/evaluativo compara una serie de arrays que serán iguales en caso de ser correcto el experimento, o distintos en caso contrario, por lo tanto, el proceso de comparación es obviamente muy ágil. Para evitar los inconvenientes antes expuestos, se han implementado las siguientes soluciones:

Para el caso de componentes replicados dentro de la misma práctica existe una metodología para la generación de experimentos y el diseño de experiencias prácticas que elimina las posibilidades de error. En cualquier caso, se puede optar por dos soluciones con distinta estrategia: la se basaría en comprobar si existen dos o más componentes iguales, en cuyo caso se realizarían las posibles permutaciones en el patrón del usuario/estudiante hasta encontrar una que fuese igual a la especificada por el patrón modelo o completar todas las posibles. La segunda opción radica en no tener dos componentes denominados de igual forma.

Para evitar las conexiones posibles equivalente en componentes sin polaridad como las mostradas en la Figura 109 hay que tener en cuenta los componentes sin polaridad. Estos componentes sin polaridad requerirán un preprocesado antes de ser almacenados o cotejados ya que, como se muestra en la Figura 109, en los componentes sin polaridad de dos patillas (resistencias, bobinas y condensadores) existen dos formas para conectarlos permaneciendo el circuito equivalente.

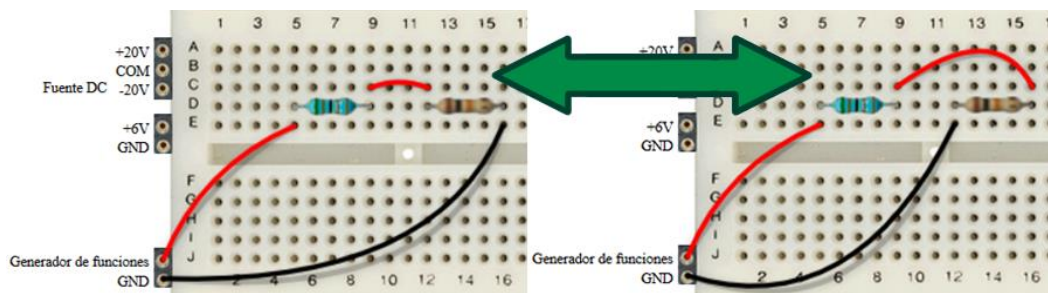


Figura 109. Circuitos equivalentes con componentes sin polaridad.

Para salvar la posibilidad de conexión como la mostrada en la Figura 109, se nombran los nudos en los componentes sin polaridad de menor a mayor; es decir, si el primer nudo ocupa una posición alfabética menor que el segundo (por ejemplo, para el componente: R_X, H, I, 10K; el primer nudo es H y el segundo I) el componente se deja tal y como está, en caso contrario se intercambian los nudos. El resultado del ejemplo seguido en este capítulo se muestra en la Tabla 34. Aunque en dicho ejemplo no existe ninguna conexión

como la mostrada en la Figura 109, el intercambio de nudos en los componentes sin polaridad se lleva a cabo también para los componentes conectados al nudo de tierra 'G'.

Tabla 34. Designación de nudos genéricos para los componentes.

1	Array \$circuit_components 0=>(R_X, H, I, 10K) 1=>(D_X, G, I, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, H, I) Array \$circuit_sources (H, NC, NC, NC, NC)	2	Array \$circuit_components 0=>(R_X, H, I, 10K) 1=>(D_X, G, I, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, H, I) Array \$circuit_sources (H, NC, NC, NC, NC)
3	Array \$circuit_components 0=>(R_X, H, I, 10K) 1=>(D_X, G, I, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, H, I) Array \$circuit_sources (H, NC, NC, NC, NC)	4	Array \$circuit_components 0=>(R_X, H, I, 10K) 1=>(D_X, G, I, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, H, I) Array \$circuit_sources (H, NC, NC, NC, NC)
5	Array \$circuit_components 0=>(R_X, H, I, 10K) 1=>(D_X, G, I, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, I, H) Array \$circuit_sources (H, NC, NC, NC, NC)	6	Array \$circuit_components 0=>(R_X, H, I, 10K) 1=>(D_X, G, I, 1N4007a) Array \$circuit_meas_instruments (NC, NC, NC, NC, I, H) Array \$circuit_sources (H, NC, NC, NC, NC)

4.4.1.3. Patrón del multímetro digital

El único parámetro configurable desde el cliente es la posición del dial que seleccionada el usuario desde el banco de trabajo de VISIR. Dicho parámetro es 'dmm_function'; en definitiva, el tipo de medida seleccionada en el multímetro. El resto de parámetros (dmm_resolution, dmm_range, dmm_autozero) no son ajustables desde el cliente. Hay que tener en cuenta que al hacer click en determinadas funciones que no están contempladas como posibles medidas del DMM o en posición off no registra la configuración del DMM, es decir, el XML de la 'request' del multímetro digital no figura en la solicitud del cliente por lo que debe configurarse su valor en la DDBB en modo auto a un determinado valor nulo (p.e. "NC"). Los posibles valores que puede tomar la variable con la etiqueta 'dmm_function' son:

A. dmm_function: <dmm_function value="@@@@@"> ... </dmm_function>

- resistance → medida de resistencia
- dc current → medida de corriente en continua
- ac current → medida de corriente en alterna
- dc volts → medida de tensión en continua
- ac volts → medida de tensión en alterna

El valor de 'dmm_function' es la única variable que se almacena en el patrón, y es la única variable necesaria para analizar/evaluar/tutorizar la interacción del usuario/estudiante en el laboratorio remoto. Para el almacenamiento en el patrón servirá únicamente un elemento string:

$$\begin{aligned} \{\$dmm = \text{function}\} \\ \{\$dmm = \text{string}\} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Por ejemplo: $\$dmm = \text{resistance}$

4.4.1.4. Patrón del generador de funciones

El generador de funciones comprende 4 variables configurables desde el cliente. Toda la información contenida entre las etiquetas del generador de funciones ($\langle \text{functiongenerator} \rangle \dots \langle \text{functiongenerator} \rangle$) en el XML de la *'request'* del cliente es significativa para comprobar la interacción en el laboratorio. El generador de funciones consta de las siguientes variables:

- A. fg_waveform : $\langle \text{fg_waveform value} = \text{"@@@@@"} \rangle \dots \langle \text{fg_waveform} \rangle$
- sine → señal senoidal.
 - square → señal cuadrada.
 - triangle → señal triangular.
 - rampup → señal rampa.
- B. fg_frequency : $\langle \text{fg_frequency value} = \text{"@@@@@"} \rangle \dots \langle \text{fg_frequency} \rangle$
- Número, unidad Hz. Separador unidad “.”. Sin separador de miles.
- C. fg_amplitude : $\langle \text{fg_amplitude value} = \text{"@@@@@"} \rangle \dots \langle \text{fg_amplitude} \rangle$
- Número, unidad V. Separador unidad “.”
- D. fg_offset : $\langle \text{fg_offset value} = \text{"@@@@@"} \rangle \dots \langle \text{fg_offset} \rangle$
- Número, unidad V. Separador unidad “.”

Para almacenar la configuración del generador de funciones, se genera un array de 4 elementos de la forma que contiene la información estructurada de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \{\$fgen = (\text{waveform}, \text{frequency}, \text{amplitude}, \text{offset})\} \\ \{\$fgen = (\text{string}, \text{float}, \text{float}, \text{float})\} \end{aligned} \quad (4.3)$$

Un ejemplo del array del patrón podría ser: $\$fgen = (\text{sine}, 1000, 6, 0.5)$

Que expresa lo siguiente en cuanto a la configuración del generador de funciones: El generador de funciones está configurado con una onda senoidal de frecuencia 1.000 Hz, 6 V de amplitud y un offset de 0,5 V.

Hay que tener en cuenta que, para la amplitud de la señal, debido a la adaptación de impedancias, el generador de funciones asume que tiene una carga de 50Ω (igual a su resistencia interna) y duplica la tensión que le ponemos en la interfaz para así conseguir la tensión deseada en la salida (divisor resistivo de $\frac{1}{2}$). Por ello, los valores que se dan en los circuitos se refieren a la tensión que hay que meter en la interfaz que en realidad

supondrá tener el doble de tensión en la realidad en el generador y es ésta la que se ha de tener en cuenta a la hora de realizar los cálculos, así como la impedancia interna. La conversión es sencilla ya que en la interfaz se ponen valores pico a pico (Vpp) y en la fuente real serán valores de pico (Vp). Si se introduce un offset habrá que poner en la interfaz la mitad de lo realmente deseado.

4.4.1.5. Patrón de la fuente de alimentación

La fuente de alimentación de VISIR está formada por tres fuentes independientes:

- `<dc_output channel="6V+"> ... </dc_output>`
- `<dc_output channel="25V+"> ... </dc_output>`
- `<dc_output channel="25V-"> ... </dc_output>`

Cada una de ellas tiene únicamente un parámetro configurable ('dc_voltage') desde el cliente. El otro parámetro disponible en el XML de la 'request' ('dc_current') no es ajustable desde el cliente, por lo que el usuario/estudiante no puede alterar su valor. La configuración es análoga para cada una de ellas:

A. `dc_voltage: <dc_voltage value="@@@@@"> ... </dc_voltage>`

- Número, unidad V. Separador unidad "."

Para la fuente de alimentación servirá únicamente un array con tres elementos tipo float:

$$\begin{aligned} \{\$psupply = (6V+ \text{valor}, 25V+ \text{valor}, 25V- \text{valor})\} \\ \{\$psupply = (\text{float}, \text{float}, \text{float})\} \end{aligned} \quad (4.4)$$

Por ejemplo: `$psupply = (0, 12.5, -12.5)`

4.4.1.6. Patrón del osciloscopio

El osciloscopio posee distintas funciones configurables en el cliente. Estas distintas variables se pueden agrupar en 4 grupos:

- Escala horizontal: `<horizontal></horizontal>`
- Canales del osciloscopio: `<channels></channels>`
- Trigger: `<trigger></trigger>`
- Menú de medidas: `<measurements></measurements>`

A. **Escala horizontal:** Proporciona la escala de tiempo empleada en el eje horizontal del osciloscopio. El cliente configura la escala empleada en ms/división, μ s/ división o ns/ división, la información del XML de la 'request' envía esta información en Hz/div. Por ejemplo, el usuario configura el eje horizontal a 200 μ s/Div, por lo que el cliente envía al measurement server el valor de $1/0.0002 = 5000$. Desde el cliente únicamente es configurable la variable 'osc_horz_samplerate', sus valores varían entre 500ns/Div

→ 2000000 Hz y 5 ms/Div → 200 Hz. El resto de parámetros ('horz_refpos', 'horz_recordlength') no son ajustables desde el cliente.

A1. horz_samplerate: <horz_samplerate value="@@@@@@"> ... </horz_samplerate value>

- Número, unidad Hz. Separador unidad “.”

Para almacenar la escala horizontal es suficiente un parámetro de la forma:

$$\begin{aligned} \{\$osc_horz_samplerate = value\} \\ \{\$osc_horz_samplerate = Integer\} \end{aligned} \quad (4.5)$$

Por ejemplo: \$osc_horz_samplerate = 5000; (200 μ s/Div)

B. Canales: Existen dos canales que poseen, lógicamente, los mismos parámetros configurables. Cada canal tiene 3 variables ajustables desde el cliente: acoplamiento, escala y cero del canal. Aparte de los parámetros configurables desde el cliente existen dos parámetros en el XML de la 'request'. El valor para el parámetro 'chan_enabled' está siempre 1, de esta forma se manda la información independientemente de si se muestra o no. El valor para el parámetro 'chan_attenuation' es siempre 1. Para almacenar toda esta información se utiliza un array con los parámetros duplicados para ambos canales, resultando un array de 6 elementos: los 3 primeros detallan la información para el primer canal, los 3 siguientes describen el segundo canal.

B1. chan_coupling: <chan_coupling value="@@@@@@"> ... </chan_coupling>

- ac → acoplamiento en corriente alterna
- dc → acoplamiento en corriente continua

B2. chan_range: <chan_range value="@@@@@@"> ... </chan_range>

- Número, unidad V/Div. Separador unidad “.”

B3. chan_offset: <chan_offset value="@@@@@@"> ... </chan_offset>

- Número, unidad V/Div. Separador unidad “.”

El resultado es un array de 6 elementos con la forma:

$$\begin{aligned} \{\$osc_chan = (coupling_ch1, \quad range_ch1, \quad offset_ch1, \\ coupling_ch2, range_ch2, offset_ch2)\} \\ \{\$osc_chan = (string, float, float, string, float, float)\} \end{aligned} \quad (4.6)$$

Un ejemplo posible del patrón sería: \$osc_chan = (dc, 1, -2, dc, 1, 2)

C. Trigger: El trigger posee 4 variables configurables desde el cliente. El resto de variables ('trig_timeout' y 'trig_mode') no son parametrizables por el cliente.

C1. trig_source: <trig_source value="@@@@@@"> ... </trig_source>

- channel1
- channel2

C2. trig_slope: <trig_slope value="@@@@@"> ... </trig_slope >

- positive
- negative

C3. trig_level: <trig_level value="@@@@@"> ... </ trig_level>

- Número, unidad V, mínimo 100 mV. Separador unidad “.”

C4. trig_delay: < trig_delay value="@@@@@"> ... </ trig_delay>

- Número, unidad V, mínimo 200 μV. Separador unidad “.”

Para almacenar toda esta info se utiliza un array de 4 elementos:

$$\begin{aligned} \{\$osc_trigger = (source, slope, level, delay)\} \\ \{\$osc_trigger = (string, string, float, float)\} \end{aligned} \quad (4.7)$$

Un ejemplo para el patrón del trigger sería: \$osc_trigger = (channel1, positive, 0.5, 0.0006)

D. Measurements

Mediante el menú de medidas del osciloscopio en VISIR se pueden obtener hasta 3 medidas simultáneamente, los parámetros configurables son los mismos para las 3 posibles medidas: el canal y la medida.

D1.meas_channel: <meas_channel value="@@@@@"> ... </ meas_channel>

- channel1
- channel2

D2.meas_selection: < meas_selection value="@@@@@"> ... </meas_selection>

- none
- voltageamplitude
- voltageaverage
- voltagebase
- negativedutycycle
- falltime
- frequency
- voltagemax
- voltagemin
- overshoot
- voltagepeaktpeak
- period
- phasedelay
- preshoot
- risetime
- voltagerms

- voltagetop
- positivewidth
- negativewidth

Para almacenar la información de las 3 medidas se utiliza un array de 6 elementos. Cada pareja de elementos del array se corresponde a una medida.

```
{$osc_meas = (channel, selection1, channel, selection2,
channel, selection3)} ( 4.8)
{$osc_meas = (string, string, string, string, string, string)}
```

Por ejemplo: `$osc_meas = (channel1, voltageamplitude, channel2, voltagemax, channel2, voltagemin)`

Toda la información del osciloscopio se almacena en un array de arrays que contiene la información de los 4 grupos en los que se puede dividir el osciloscopio. Para el ejemplo seguido, el resultado final sería el mostrado en el Ejemplo 11

Ejemplo 11: Resultado para el array del patrón del osciloscopio.

```
$oscilloscope // array (size=4)
0 => array (size=1)
  0 => $osc_horz_samplerate
1 => array (size=6)
  0 => $coupling_ch1
  1 => range_ch1
  2 => offset_ch1
  3 => $coupling_ch2
  4 => range_ch2
  5 => offset_ch2
2 => array (size=4)
  0 => channel1
  1 => positive
  2 => 0
  3 => 0
3 => array (size=6)
  0 => channel1
  1 => voltageamplitude
  2 => channel2
  3 => voltageamplitude
  4 => channel1
  5 => none
```

Una particularidad a tener en cuenta a la hora de analizar la interacción del usuario/estudiante en el osciloscopio es la conexión de las sondas del osciloscopio. Las sondas del osciloscopio pueden intercambiarse en la protoboard y todas las variables de configuración del osciloscopio pueden ser equivalentes al modelo patrón generado por el profesor, pero intercambiadas.

De la misma forma, el menú de medidas puede establecerse en distinto orden al almacenado. Sin embargo, en el entorno autoevaluativo/evaluativo se analiza cada una de las medidas independientemente del orden en el que se haya establecido y de teniendo en cuenta el intercambio en las sondas del osciloscopio.

5. ENTORNO AUTOEVALUATIVO/EVALUATIVO

“¡Por favor, Fry! ¡Yo no sé enseñar! ¡Yo soy profesor!”

Prof. Hubert Farnsworth, Futurama.

El entorno autoevaluativo es el objetivo final del resto de entornos o subsistemas. Desde el entorno se pretende dar un soporte a las prácticas de laboratorio remotas a los usuarios/estudiantes de la misma forma que podrían recibir en un laboratorio presencial. En ningún caso se proporciona la solución válida ya que se pretende que esta se alcance vía el autoaprendizaje. En su lugar, se muestra en que puntos se está cometiendo el error o los errores junto con aclaraciones del equipo docente, en caso de que lo consideren oportuno, y aclaraciones del sistema relacionadas con el funcionamiento y configuración de las distintas herramientas disponibles en el laboratorio remoto.

5.1. Introducción

Una de las desventajas que presentan claramente los laboratorios remotos frente a los laboratorios presenciales es la comunicación asíncrona con el equipo docente, tutor o monitor de prácticas. Este hecho se vio claramente reflejado en el MOOC desplegado por el DIEEC en el que se concedía el acceso al laboratorio remoto VISIR y todos los módulos, actividades y preguntas se centraban en el laboratorio remoto y en los resultados obtenidos en él, salvo en el primer módulo destinado al uso de herramientas de simulación para circuitos de electrónica analógica (García-Loro, 2014). En dicho MOOC

el soporte proporcionado por el equipo docente se limitaba a los materiales y vídeos acerca del uso del laboratorio remoto y a la respuesta ante mensajes de avisos de posibles averías, mal diseño de las prácticas o funcionamiento erróneo por parte de los equipos y/o instrumentos del laboratorio remoto VISIR. En ninguno de los avisos recibidos la causa fue provocada por las cuestiones reflejadas anteriormente, los errores experimentados por los usuarios/estudiantes no fue debido a fallos o averías del laboratorio ni a un mal diseño de las prácticas empleadas, sino a errores propios de los usuarios/estudiantes en el montaje o configuración de los equipos e instrumentos.

El entorno autoevaluativo/evaluativo es accesible desde el LMS/CMS a través de los enlaces de prácticas al sistema de reservas (Figura 110). Desde el entorno autoevaluativo/evaluativo, el usuario/estudiante puede consultar todas las prácticas llevadas a cabo desde distintos cursos y distintas plataformas, independientemente del curso o plataforma desde donde accede. Esto es debido a que el identificador de usuario/estudiante empleado es el correo electrónico empleado para la autenticación en la plataforma LMS/CMS en la que se alojan los enlaces a la herramienta LTI del sistema de reservas. De esta forma se garantiza la univocidad del usuario/estudiante, ya que un usuario/estudiante accediendo de distintas plataformas seguramente tenga distintos identificadores de usuario/estudiante y viceversa, distintos usuarios/estudiantes de distintas plataformas pueden tener el mismo usuario o identificador de usuario. Por ello, el empleo del correo electrónico como identificador de usuario/estudiante garantiza la univocidad del usuario/estudiante y le permite analizar su desempeño en el laboratorio remoto independientemente de su origen, siempre y cuando emplee el mismo correo electrónico.

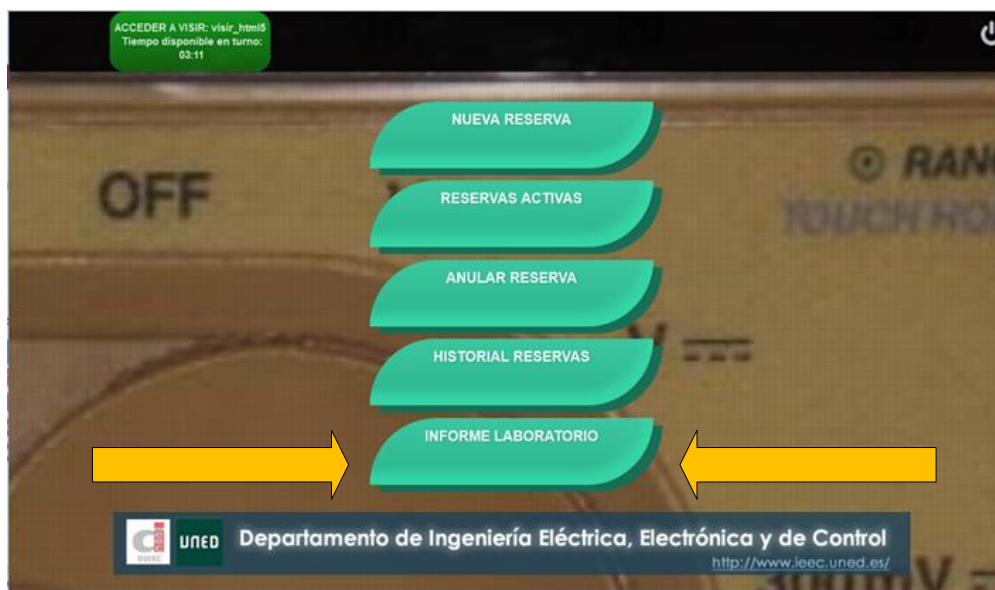


Figura 110. Acceso al entorno evaluativo/autoevaluativo en la pantalla principal del sistema de reservas.

5.2. Sistema de reservas

El sistema de reservas responde a una necesidad provocada por singularidades en las prácticas del laboratorio remoto VISIR en el DIIEC-UNED. Sin embargo, es extensible a cualquier tipo de laboratorio remoto que requiera del uso de un sistema de reservas. El entorno autoevaluativo/evaluativo se ha incorporado como una funcionalidad más del sistema de reservas aprovechando la información almacenada en sus BBDD.

Un sistema (informatizado) de reservas o CRS (Computer Reservations System) es un sistema informático usado para efectuar y almacenar las gestiones llevadas a cabo sobre un determinado servicio temporal, recuperar información de dichas gestiones e informar de la disponibilidad del servicio. Los CRSs fueron diseñados originalmente por las compañías aéreas para cubrir sus propias necesidades organizativas como Sistemas Globales de Distribución (GDS, Global Distribution System) (Aguilera Gutiérrez, 2012). Más adelante, los CRSs, se extendieron a las agencias de viajes, agencias de alquiler de coches y hoteles como una fórmula paralela de ventas.

En un ámbito general, los sistemas de reservas se pueden clasificar en tres clases atendiendo a su desarrollo:

- **Sistemas OpenSource:** Son sistemas de código abierto que cualquier persona puede modificar y adaptar a sus necesidades. En general son sistemas muy básicos.
- **Sistemas propietarios:** Son sistemas a medida para un determinado servicio o servicios. De esta forma, el sistema de reservas se adapta a las necesidades particulares del servicio. Estos sistemas son diseñados por programadores adaptándose a la situación y necesidad de cada especificación, pero carecen de mantenimiento y actualizaciones una vez el sistema está entregado y testado.
- **Sistemas privativos:** Estos sistemas son controlados por terceros, son sistemas muy completos que ofrecen mejoras y actualizaciones constantes. Exigen el mantenimiento de cuotas. No se adaptan a las necesidades específicas del cliente, es el cliente el que se tiene que adaptar a las características ofrecidas por el sistema.

5.2.1. Justificación del sistema de reservas

El sistema de reservas creado para la integración con el laboratorio remoto VISIR está encuadrado dentro de los sistemas propietarios o sistemas a medida. A pesar de que WebLab-Deusto, como RLMS, posee la capacidad de limitar el número de usuarios simultáneos en el laboratorio remoto, la creación del sistema de reservas es necesaria para

poder ofrecer de forma simultánea distintos tipos de experimentos con distintos escenarios y necesidades que se ofrecen en los distintos cursos apoyados en el laboratorio remoto VISIR.

De esta forma existen dos tipos de escenarios que se describen a continuación.

5.2.1.1. Escenario A o escenario concurrente

Está formado por experimentos en los que el acceso concurrente al laboratorio no afecta al correcto funcionamiento del circuito ni otros experimentos se ven afectados por su operación. Por ejemplo, una de las prácticas diseñadas e instaladas en el VISIR del DIEEC-UNED se muestra en la Figura 111.

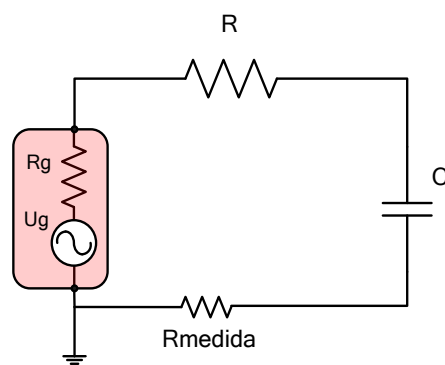


Figura 111. Montaje para la práctica del escenario A o escenario concurrente.

Los objetivos de dicha práctica son:

- El cálculo de circuitos en régimen estacionario senoidal mediante impedancias complejas.
- El cálculo de valores eficaces.
- El uso de resistencias de medida o shunt.
- El estudio de desfases entre tensión y corriente en circuitos capacitivos.
- El calcula del valor de impedancias en serie.
- Introducción al ruido en señales.
- Introducción a la respuesta en frecuencia de los circuitos.
- Introducción al manejo de hojas de datos de los componentes usados.

El análisis teórico del circuito, tomando como origen de fases la corriente y los valores de los componentes proporcionados se muestra a continuación:

- $R = 511 \text{ k}\Omega$, $\frac{1}{4} \text{ W}$, 1%.
- $C = 100 \text{ nF}$ polyester 16 V.
- $R_{\text{medida}} \equiv R_{\text{shunt}} = 10 \text{ }\Omega$, $\frac{1}{4} \text{ W}$, 1%.

Configuración del generador de funciones:

- $U_g = 8 \text{ V}_{\text{pp}}$; 500 Hz; senoidal; $U_{\text{offset}} = 0$.
- $R_g = 50 \text{ }\Omega$ (Impedancia interna del generador de funciones).

Se obtienen los siguientes resultados:

$$I = 1,75 \angle 0^\circ \text{ mA}$$

$$U_g = 5,66 \angle -79,83^\circ \text{ V}$$

$$U_C = 5,57 \angle -90^\circ \text{ V}$$

$$U_R = 0,894 \angle 0^\circ \text{ V}$$

$$U_{R_{\text{shunt}}} = 0,0175 \angle 0^\circ \text{ V}$$

$$U_{R_g} = 0,0875 \angle 0^\circ \text{ V}$$

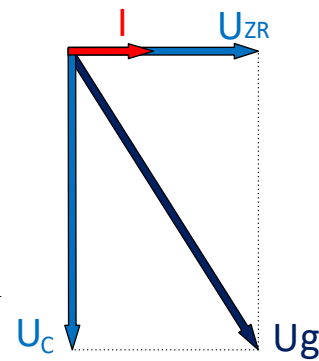


Figura 112. Diagrama de fases para las componentes y configuración dadas del montaje representado en la Figura 111.

Una de las actividades a realizar en el laboratorio VISIR se trata de visualizar la tensión de entrada y la corriente de inyectada en el circuito (a través de la resistencia de medida o shunt). En la Figura 113 muestra el montaje en la protoboard virtual de VISIR. Dos de las actividades llevadas a cabo con el osciloscopio se muestran en la Tabla 35

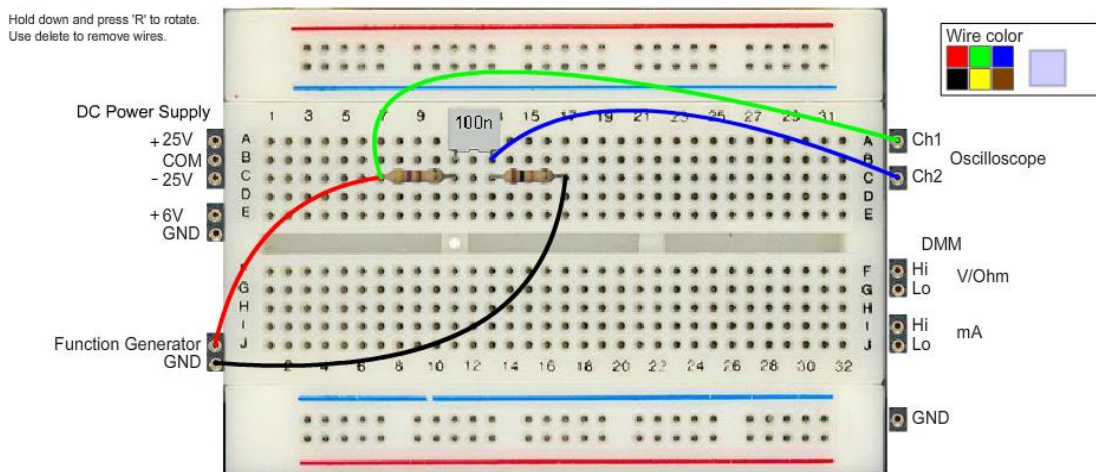
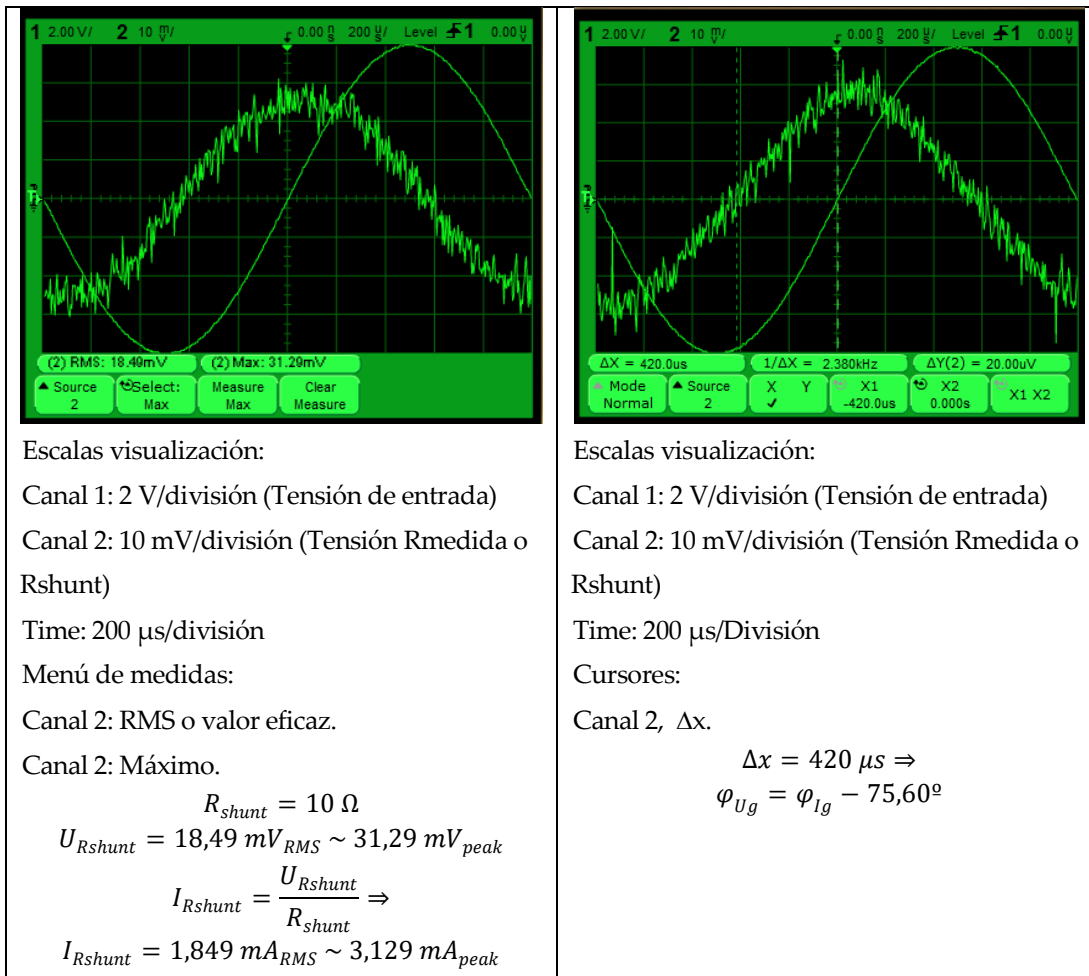


Figura 113. Montaje en la protoboard simulada de VISIR del circuito mostrado en la Figura 111.

Los resultados obtenidos para dos usuarios empleando el mismo circuito y a distintos valores de U_g (tensión de entrada) son análogos a los obtenidos cuando un único usuario está conectado. Esto es debido a que la descarga del condensador sucede de forma muy rápida (para la resistencia de $1 \text{ k}\Omega$ la constante de tiempo $\tau = R \cdot C = 0,1 \text{ ms}$; el condensador se considera descargado a $5 \cdot \tau$, es decir 5 ms) y que la carga del condensador es muy pequeña (para la resistencia de $1 \text{ k}\Omega$ la máxima carga sucedería si se desconecta en el valor máximo de U_g , por lo que $Q_{\text{max}} = C \cdot U_g = 1 \text{ }\mu\text{C}$).

Tabla 35. Actividades para la práctica del escenario A o concurrente.



5.2.1.2. Escenario B o escenario exclusivo

Está formado por experimentos en los que el acceso concurrente al laboratorio afecta al correcto funcionamiento del circuito. Un claro ejemplo de este tipo de experimento en las prácticas diseñadas e instaladas en el VISIR del DIEEC-UNED se muestra en el esquema de la Figura 114, Su implementación física se muestra en la Figura 115.

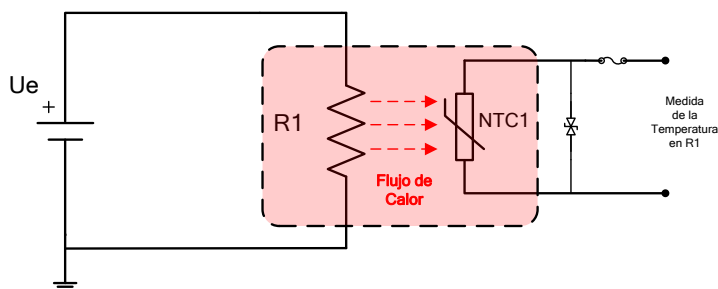


Figura 114. Esquemático de la práctica del escenario B o escenario exclusivo.

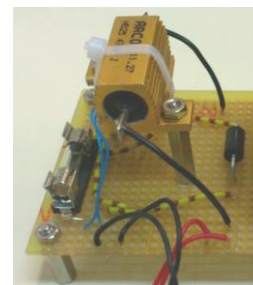


Figura 115. Implementación física del montaje representada la Figura 114.

Lista de componentes empleados en esta práctica:

- R1: 470 Ω , 3 W, 5 %.
- NTC1: 10 k Ω @ 25°, 1% (tamaño pequeño).
- Ue (fuente de DC de 25 V sin impedancia interna): 20 Vdc (ajustarla primero a 0 V para medir la temperatura ambiente).

Esta práctica tiene como objetivos:

- Introducir los cálculos térmicos en régimen transitorio y estacionario.
- Mostrar la influencia del dimensionamiento en potencia de las resistencias y su influencia en el funcionamiento del circuito.
- Mostrar la influencia del entorno teniendo en cuenta si la temperatura alcanzada por un determinado componente es compatible con el entorno en el cual está montado.
- Manejo de hojas de características de componentes.
- Introducción al equivalente eléctrico simplificado que modela los fenómenos térmicos.

En esta práctica se caracterizan dos resistencias del mismo valor, 470 Ω , pero de distinta potencia y tecnología. Para la obtención de la temperatura del componente se recurre al empleo de una NTC de 10 k Ω , por lo que los estudiantes deberán hacer uso de las datasheets proporcionadas por el fabricante a fin de obtener la temperatura instantánea.

El primer paso necesario en esta práctica es obtener la temperatura ambiente del componente o temperatura inicial de trabajo. Para ello se realizan una serie de medida de la resistencia de la NTC.

$$R_{t^{amb}} = \frac{R_{M1} + R_{M2} + R_{M3}}{3} = 11560 \Omega$$

Para conocer la temperatura a la que se encuentra la NTC, y por lo tanto el componente, el fabricante proporciona en su datasheet una tabla de valores tabulados, ver Tabla 36. (la curva correspondiente a la NTC de 10 k Ω es la 8016) y la siguiente fórmula para los intervalos intermedios.

$$R_T = R_x \cdot e^{\left[\frac{\alpha_x}{100} \cdot (T_x + 273,15)^2 \cdot \left(\frac{1}{T + 273,15} - \frac{1}{T_x + 273,15} \right) \right]} \quad (5.1)$$

Donde:

- R_T Valor de la resistencia de la NTC a la temperatura T
- R_x Valor de la resistencia de la NTC al inicio del intervalo de temperatura relevante.

- T_x Temperatura en °C al inicio del intervalo de temperatura relevante.
 T Temperatura de la NTC en °C ($T_x < T < T_{x+1}$)
 α_x Coeficiente de temperatura a la temperatura de T_x

Tabla 36. Valores tabulados para la NTC 8016 10 kΩ.

8016			8016			8016		
R/T	RT/R25	temperatura coef. %/K	R/T	RT/R25	temperatura coef. %/K	R/T	RT/R25	temperatura coef. %/K
-5	4,232	5,3	45	0,4369	3,9	95	0,0789	3
0	3,265	5,1	50	0,3603	3,8	100	0,068	2,9
5	2,539	5	55	0,2986	3,7	105	0,0589	2,9
10	1,99	4,8	60	0,2488	3,6	110	0,0511	2,8
15	1,571	4,7	65	0,2083	3,5	115	0,0445	2,7
20	1,249	4,5	70	0,1752	3,4	120	0,0389	2,6
25	1	4,4	75	0,1481	3,3	125	0,0342	2,6
30	0,8057	4,3	80	0,1258	3,2	130	0,0301	2,5
35	0,6531	4,1	85	0,1072	3,2	135	0,0265	2,5
40	0,5327	4	90	0,0918	3,1	140	0,0235	2,4

La temperatura de la NTC se obtiene despejando la temperatura 'T' de la expresión (5.1):

$$T = \frac{\alpha_x (T_x + 273,15)^2}{100 \cdot \ln\left(\frac{R_T}{R_x}\right) + \alpha_x (T_x + 273,15)} - 273,15 \quad (5.2)$$

A través de la relación (5.2) y la Tabla 36 para la interpolación se obtiene los resultados mostrados en la Tabla 37.

Tabla 37. Resultados obtenidos en un ensayo realizado, medidas cada 20 segundos.

Tiempo (s)	RT Ohms	RT/R25	RT/Rx	(Coef. Temperatura) x%/K	Tx °C	(B) °C	(A) Ohms
0	11560	1,156	1,249	4,5	20	21,73	11560
20	8504	0,8504	1	4,4	25	28,73	8504
40	6296	0,6296	0,6531	4,1	35	35,9	6296
60	4846	0,4846	0,5327	4	40	42,38	4846
80	3926	0,3926	0,4369	3,9	45	47,77	3926
100	3349	0,3349	0,3603	3,8	50	51,94	3349
120	2950	0,295	0,2986	3,7	55	55,33	2950
140	2655	0,2655	0,2986	3,7	55	58,21	2655
160	2460	0,246	0,2488	3,6	60	60,31	2460
180	2305	0,2305	0,2488	3,6	60	62,14	2305
200	2175	0,2175	0,2488	3,6	60	63,78	2175
220	2111	0,2111	0,2488	3,6	60	64,63	2111
240	2018	0,2018	0,2083	3,5	65	65,91	2018
260	1976	0,1976	0,2083	3,5	65	66,51	1976
280	1933	0,1933	0,2083	3,5	65	67,15	1933
300	1865	0,1865	0,2083	3,5	65	68,19	1865

Una vez completado el análisis práctico se debe llevar a cabo el desarrollo teórico del modelo. Para ello, se realiza una analogía entre las magnitudes térmicas y eléctricas según la Tabla 38:

Las curvas resultantes se muestran en la Figura 116.

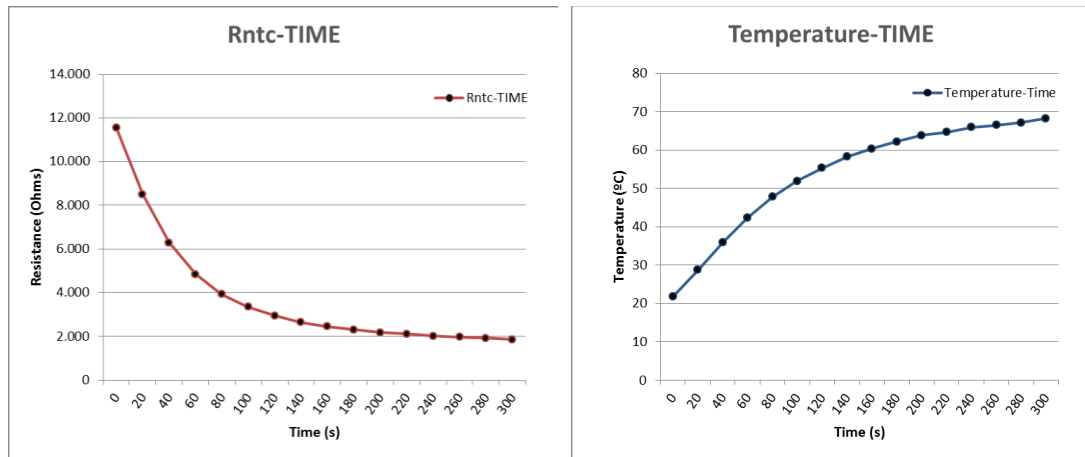


Figura 116. Curvas obtenidas. Resistencia de la NTC en función del tiempo (izqda) y temperatura del componente en función del tiempo (dcha).

Tabla 38. Analogía sistema térmico - sistema eléctrico.

SISTEMA TÉRMICO		SISTEMA ELÉCTRICO	
Magnitud Térmica	Símbolo	Magnitud Eléctrica	Símbolo
Flujo de calor (W)	P	Intensidad (A)	I
Temperatura (°C)	T ^a	Tensión (V)	V
Resistencia Térmica	R _{th}	Resistencia Eléctrica (Ω)	R
Capacidad Térmica (J/°C)	C _{th}	Capacidad Eléctrica (F)	C

Con esta analogía y un sencillo circuito RC se puede realizar una primera aproximación al cálculo térmico considerando que el componente bajo estudio es de pequeño tamaño y que su temperatura es homogénea y por lo tanto los obstáculos que encuentra el flujo de calor desde el interior del componente hasta el ambiente se modelarán como una única resistencia térmica. El circuito eléctrico equivalente se muestra en la Figura 117.

La potencia teórica en la Resistencia es:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{20^2}{470} = 0,85 \text{ W}$$

La resistencia de térmica de la Resistencia de 470 Ω se obtiene a partir de la datasheet de la resistencia (Figura 118):

$$\text{CPF3: } R_{Th} = \frac{200}{4} = 50 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

La temperatura inicial es de: 21,73 °C.

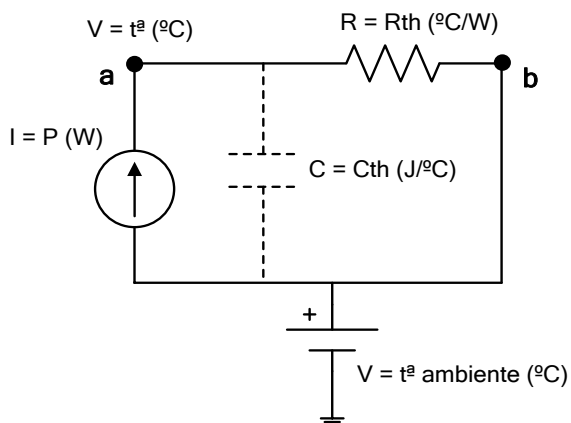


Figura 117. Circuito eléctrico resultante de la analogía presentada en la Tabla 38.

Con estos datos se puede construir el circuito eléctrico equivalente al comportamiento térmico del sistema. Este desarrollo se muestra en la Figura 119. El resultado muestra el circuito para el estado estacionario, una vez que la resistencia ha alcanzado la temperatura de trabajo.

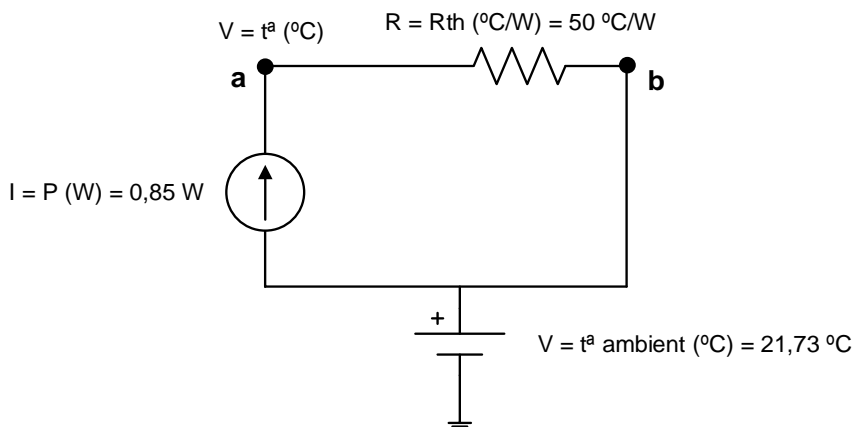


Figura 119. Circuito eléctrico equivalente para el estado estacionario térmico.

$$U_a = V + R \cdot I = 21,73 + 50 \cdot 0,85 = 64,23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El resultado calculado bajo el modelo teórico (64,23 °C) y el resultado práctico obtenido pasados 300 segundos (68,19 °C) permite realizar distintos tipos de análisis y obtener conclusiones a los usuarios/estudiantes.

Para analizar los resultados prácticos obtenidos con los resultados teóricos en el estado transitorio, hay que considerar la capacidad térmica de la resistencia de 470 Ω, tal y como se muestra en la Figura 120, y se obtiene la temperatura en los intervalos considerados (Figura 121) definida por:

$$t^a(t) = t^a_{FINAL} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{R_{th} \cdot C_{th}}}) \tag{5.3}$$

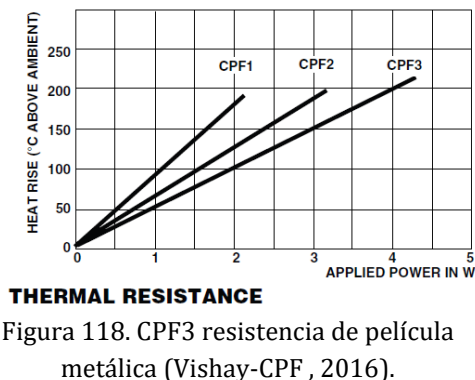


Figura 118. CPF3 resistencia de película metálica (Vishay-CPF, 2016).

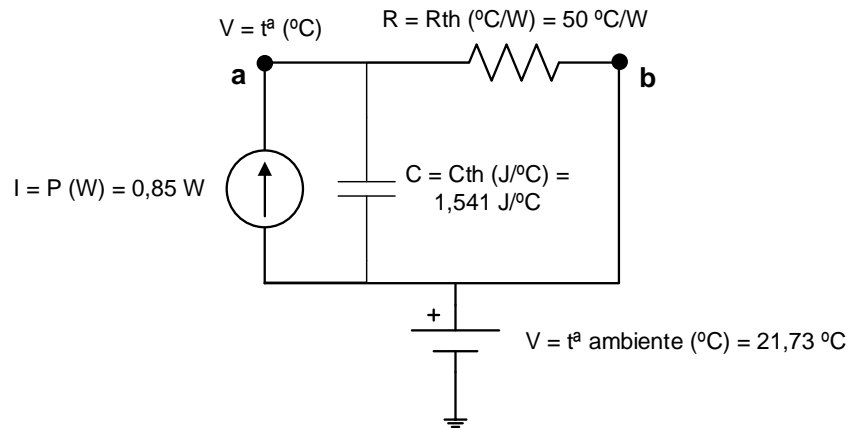


Figura 120. Circuito eléctrico equivalente para el transitorio térmico.

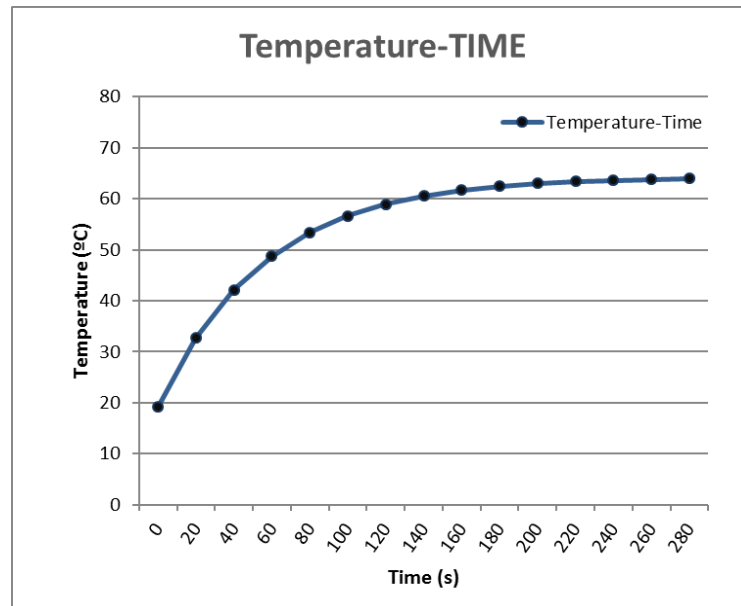


Figura 121. Curva de temperatura teórica para el transitorio térmico.

En este escenario es indispensable el acceso exclusivo al laboratorio para obtener unos correctos resultados del análisis térmico transitorio y estacionario. En caso contrario, aún con usuarios concurrentes que únicamente realicen a cabo medidas discretas, la conexión y desconexión de la alimentación al componente, conllevaría a unos resultados falsos, pudiendo provocar dientes de sierra o en forma de escalera en el valor resistivo de la NTC y, por tanto, en la temperatura del componente. La comparativa entre el análisis teórico y los resultados obtenidos mediante el ensayo práctico conducirían a conclusiones erróneas en los estudiantes.

5.2.2. Funciones del sistema de reservas

En general, los sistemas de reservas tienen como función la información y gestión de un determinado servicio. Las funciones encargadas al sistema de reservas creado en el DIEEC-UNED se pueden clasificar en 2 clases diferenciadas:

- Funciones propias del sistema de reservas: Son aquellas funciones que se encargan del funcionamiento del sistema de reservas, controlando de manera centralizada el acceso a los recursos educativos del laboratorio VISIR desde los distintos entornos educativos.
- Funciones destinadas al entorno autoevaluativo: Aquellas funcionalidades otorgadas al sistema de reservas para proveer al entorno del sistema de reservas de las herramientas y elementos capaces de llevar a cabo un registro de la actividad llevada a cabo en el laboratorio remoto por los usuarios/estudiantes.

A su vez, ambas clases de funciones o tareas delegadas al sistema de reservas se pueden dividir en:

- Tareas destinadas a la gestión: Aquellas tareas que se encargan de la comunicación para el registro de nuevas entradas o anulaciones en la BBDD. Asimismo, para la definición de los límites establecidos.
- Tareas destinadas a la información: Aquellas tareas encargadas de mostrar la información al usuario.

5.2.2.1. Sistema de reservas

El sistema de reservas en VISIR, como se ha comentado anteriormente, se torna en necesario debido a los distintos tipos de escenarios que conviven en el laboratorio: Prácticas que admiten el acceso concurrente al laboratorio remoto y prácticas que requieren que el acceso al laboratorio esté otorgado a un único usuario.

Hasta la existencia del sistema de reservas centralizado los distintos escenarios se gestionaban limitando el acceso del número de usuarios/estudiantes al laboratorio. Es decir, en aquellos cursos que contenían únicamente prácticas diseñadas que permitían el acceso concurrente (escenario A) se fijaba un número determinado de puestos disponibles, tradicionalmente 16. Sin embargo, en cursos que contenían prácticas diseñadas las cuales requerían ceder el acceso completo a un único usuario/estudiante (escenario B), la estrategia seguida era la de limitar el número máximo de usuarios/estudiantes en el laboratorio VISIR a uno y, en general, se cerraba el acceso al resto de cursos.

La estrategia de gestión de recursos seguida obligaba a que, en los cursos en los que se deseaba emplear prácticas del escenario B, el número de matriculados fuera relativamente bajo. Además, obligaba a escalar el acceso a los recursos experimentales online para los distintos cursos, especialmente evitando que concurrieran cursos con únicamente prácticas del escenario A con cursos con alguna práctica del escenario B.

Las funciones encargadas al sistema de reservas de forma más detalladas son:

- Gestión:
 - Establecer el número de puestos disponibles en el laboratorio remoto VISIR para aquellas prácticas que acepten acceso concurrente. Prácticas equivalentes al escenario A.
 - Identificar aquellas prácticas que requieren el acceso único del laboratorio VISIR. Practicas correspondientes al escenario B.
 - Establecer el plazo de tiempo de anulación de una reserva. Es decir, definir el periodo de tiempo antes de la activación de la reserva en el que no está permitido la anulación de la reserva.
 - Establecer el número de sesiones máximas permitidas para los estudiantes de un determinado curso.
 - Establecer el número máximo de reservas activas para un usuario. Este valor está establecido por plataforma, pero puede establecerse por distintos factores.
 - Gestionar el acceso autenticado desde distintos LMS/CMS (proveedor). Es decir, gestionar la autenticación de los usuarios a partir de la autenticación del LMS/CMS o cliente del servicio, de esta forma los usuarios sólo tienen que autenticarse desde el cliente o consumidor del servicio del LMS/CMS.
 - Registrar en la base de datos las reservas de turnos realizadas con toda la información requerida.
 - En caso de acceder a la reserva, registrar la fecha y hora (del lado del servidor) de acceso al laboratorio remoto modificando los campos correspondientes en la entrada de la reserva.
 - En caso de anulación de una reserva dentro de los límites fijados, registrar la fecha y hora (del lado del servidor) de la anulación modificando los campos correspondientes en la entrada de la reserva.
 - Gestionar la disponibilidad de turnos.
 - Gestionar el acceso al laboratorio remoto. El sistema de reservas es el encargado de conceder el acceso al laboratorio remoto.

- Información:
 - Informar de las reservas activas del usuario/estudiante en la plataforma. Este valor abarca todos los cursos.
 - Informar del máximo de reservas activas permitidas para el usuario/estudiante en la plataforma. Este valor abarca todos los cursos.
 - Informar de las reservas utilizada por el usuario/estudiante en el curso.

- Máximo de reservas permitidas en el curso para el usuario/estudiante.
- Informar al usuario/estudiante de las distintas reservas activas. Incluye todas las plataformas y cursos.
- Informar al usuario/estudiante del tiempo restante hasta la activación de las reservas activas. Incluye todas las plataformas y cursos.
- Al completar una reserva, enviar al usuario/estudiante un correo de confirmación de la reserva.
- Al cancelar una reserva, enviar al usuario/estudiante un correo de confirmación de la anulación.
- Informar al usuario de su historial de reservas (activas, utilizadas, anuladas o perdidas) de todos los cursos desde los que ha empleado el laboratorio remoto.
- Proporcionar al usuario/estudiante los mecanismos para completar una reserva. En este sentido, al usuario se le proporciona la posibilidad de realizar reservas por fecha, mostrando la disponibilidad de todos los turnos de la fecha seleccionada, o por turno mostrando un número de fechas disponibles para el turno seleccionado.
- En caso de existir al menos una reserva activa, proporcionar al usuario los mecanismos de anulación de reservas.
- En caso de reserva activa, conceder acceso al laboratorio remoto.
- Informar al usuario de la fecha y hora del servidor, fecha y hora en la que se hará efectiva la reserva, y de la fecha y hora del cliente. El sistema de reservas trabaja con el datetime del servidor, de esta forma el usuario/estudiante puede comprobar la diferencia horaria.

5.2.2.2. Entorno monitorizado o autoevaluativo:

El sistema de reservas es la plataforma desde la que los usuarios/estudiantes acceden al entorno de autoevaluación de las prácticas en VISIR. La finalidad es la de proporcionar a los estudiantes un entorno desde el que puedan analizar su comportamiento en cuanto a las metas obtenidas en la realización de las prácticas de laboratorio, permitiendo analizar sus errores y ofreciéndoles una realimentación para que puedan obtener el rendimiento esperado del laboratorio.

Toda la parte de gestión para la implementación de los patrones modelo para las distintas metas de cada práctica, tarea llevada a cabo por el equipo docente, se efectúa fuera del sistema de reservas sobre las BBDD. El sistema de reservas sólo contiene el bloque interactivo con el usuario/estudiante.

- Gestión:

- Almacenar la información de los identificadores de sesión al WebLab-Deusto del DIEEC-UNED.
- Lectura de los patrones modelo de las actividades de laboratorio en las BBDD e interpretación.
- Análisis de los experimentos llevados a cabo por el usuario/estudiante en las *'request'* y comparativa con los patrones modelos una vez interpretados.
- Comunicación con WebLab-Deusto del DIEEC-UNED para la obtención de los *'request'* almacenados.
- Información:
 - Proporcionar un entorno autoevaluativo/autotutorizado a los usuarios de la actividad llevada a cabo en una determinada sesión de prácticas. Cada sesión de prácticas está asociada a una práctica en concreto.
 - Proporcionar un entorno autoevaluativo/autotutorizado a los usuarios de la actividad llevada a cabo para una práctica en concreto teniendo en cuenta todas las sesiones destinadas para dicha práctica.
 - Ofrecer una realimentación a los usuarios/estudiantes de las metas establecidas por el equipo docente en la práctica. Esta realimentación tiene un bloque por defecto bien sea porque está correctamente realizado el experimento o porque el usuario/estudiante ha cometido algún tipo de error (dependiendo del error cometido obtendrá una realimentación distinta) y un bloque opcional que el equipo docente establece e incluye en la creación del modelo.
 - Generación de un documento resumen de la actividad llevada a cabo en el laboratorio para cada práctica o sesión en formato pdf.

5.2.3. Interfaz del sistema de reservas

VISIR es un laboratorio remoto que proporciona la posibilidad de acceso ubicuo y en cualquier momento. Sin embargo, hasta febrero de 2016 la versión del software del laboratorio remoto VISIR instalado en el DIEEC-UNED estaba basado en una interfaz de usuario en flash, lo que le convertía en incompatible en plataformas móviles. especialmente hoy en día, con las costumbres y usos, la necesidad de contar con un pc limitaba las posibilidades de ubicuidad y acceder en cualquier momento.

Esta motivación en obtener un diseño web adaptativo se multiplicó especialmente por los datos obtenidos en las dos primeras ediciones del MOOC "Bases de Circuitos y Electrónica Práctica" alojado en la plataforma UNED-COMA, (García-Loro, 2014). En dicho curso masivo se empleaba el laboratorio remoto VISIR en la versión flash como

herramienta central del curso, por tanto, el laboratorio remoto VISIR no era accesible desde plataformas móviles. En dicho trabajo se observó una tendencia en la que aquellas actividades susceptibles de realizar desde dispositivos móviles los estudiantes eran más empleadas a medida que se avanzaba en el curso. Hay que tener en cuenta que el módulo final requería en algunos casos de cálculos numéricos, por lo que su acceso requería de un entorno más similar al proporcionado con PCs. Esta tendencia se muestra en la Figura 122.

Dado que, según los motivos explicados en (García-Loro, 2014), con los datos obtenidos no se puede analizar las plataformas empleadas por los estudiantes que avanzaron en el MOOC, esta inclinación se puede justificar de dos formas:

- (i) Los estudiantes que emplean plataformas móviles tienen mayor facilidad para abordar el curso en cualquier lugar y momento y su tasa de abandono es menor;
- (ii) Los estudiantes, a medida que avanzan en el curso, se van apoyando cada vez más en plataformas móviles.

En cualquiera de los supuestos, el acceso desde plataformas móviles es un factor que favorece la interacción con los contenidos del curso y disminuye la tasa de abandono.

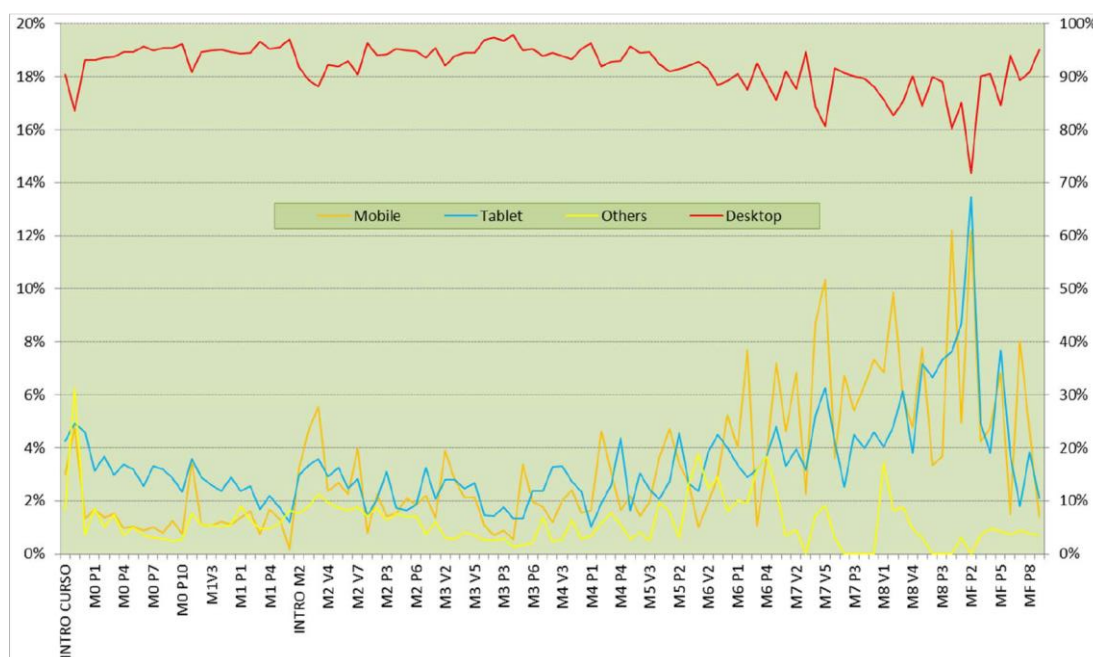


Figura 122. Plataforma empleada para el seguimiento de las actividades de vídeo y vídeo-preguntas del MOOC “Bases de Circuitos y Electrónica Práctica”. Móviles, tabletas y otros dispositivos representados en eje principal; PC representado en eje secundario.

(García-Loro, 2014).

La actualización del software de VISIR que permite el paso de la versión flash a HTML5 del interfaz de usuario requiere del uso de un sistema operativo Windows 7 o

superior debido a que el equipment server desarrollado para el cliente HTML5 requiere labVIEW 2014 o superior. Sin embargo, el pc embebido en la controladora PXI-8105 de National Instruments, según el fabricante (www.ni.com, 2007) (www.ni.com, 2016), sólo soporta Windows XP y Windows Vista. Sin embargo, la instalación con labVIEW 2015 sobre Windows 8.1 pro 32 bits ha sido posible y el sistema se comporta de manera estable desde febrero de 2016. Además, para mejorar la respuesta y el rendimiento del equipo, motivado por el empeoramiento en el cambio de Windows XP a Windows 8.1 pro y de LabVIEW 2007 a LabVIEW 2015 (ambos con mayores requisitos), se amplió la memoria RAM de 1 GB a 4 GB (máxima permitida por la controladora) y el disco duro de 100 GB y tecnología HDD se sustituyó por uno de mayor capacidad (240 GB) y tecnología SDD.

Por otro lado, más recientemente, en un informe realizado por StatCounter (Simpson, 2016), con datos recogidos de más de 15 billones de visitas al mes sobre más de 2,5 millones de páginas web, en octubre de 2016 el acceso a internet desde plataformas móviles superó por primera vez al acceso a internet desde PCs, Figura 123.

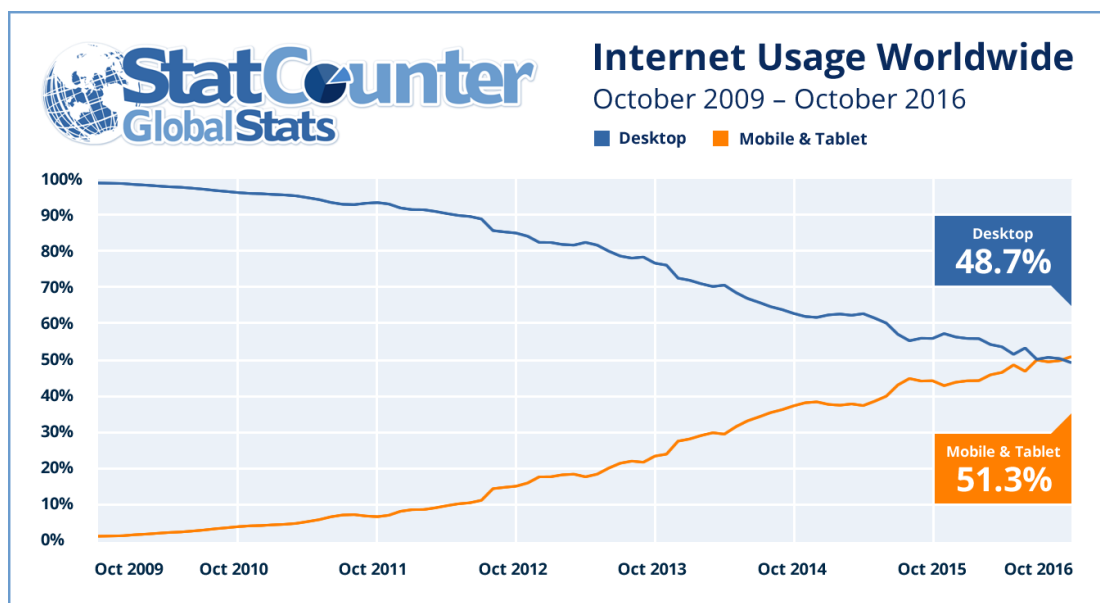


Figura 123. Uso de internet: Comparativa entre pc y plataformas móviles.
(<http://gs.statcounter.com>)

Es muy llamativo el auge de las plataformas móviles a la hora de acceder a internet, cuando tan sólo 5 años atrás el acceso desde equipos de escritorio superaba ampliamente el 90% de la cuota de acceso a internet. Este auge ha sido especialmente provocado desde terminales móviles; en este sentido, las tablets han experimentado un estancamiento e incluso cierto retroceso según los datos recogidos en StatCounter. Por lo tanto, la compatibilidad desde plataformas móviles es cada vez más importante no sólo debido al creciente tráfico, sino porque Google favorece los sitios web amigables para móviles en sus resultados de búsqueda desde plataformas móviles. Asimismo, en marzo de 2017,

Android, con 37,93% de cuota, superó a Windows, 37,91%, como sistema operativo empleado en las visitas en internet (Simpson, 2017). A pesar del rápido crecimiento de los dispositivos móviles, los equipos de escritorio siguen siendo el principal canal de acceso a internet en mercados maduros como los de Europa y EE. UU. Sin embargo, parece evidente que la tendencia en el aumento del empleo de dispositivos móviles debe implicar cambios en el diseño de las interfaces de usuario a fin de facilitar el acceso e interacción.

El sistema de reservas está realizado en HTML5, php, javascript, MySQL. Una de las principales motivaciones en la fase de diseño del sistema de reservas ha sido la de generar un entorno web adaptativo (diseño web adaptable o responsivo; responsive web design del inglés) a fin de posibilitar el acceso al sistema desde plataformas móviles. A continuación, en la Figura 124, se muestran distintas capturas de imágenes de distintas pantallas del sistema de reservas, para distintas plataformas y modelos.



PC:1920x1080 píxeles.



iPhone 6: 375x667 puntos.



iPhone 5: 320x568 puntos.



iPhone 6: 375x667 puntos.

Figura 124. Capturas para distintas plataformas y modelos de distintas pantallas del sistema de reservas.



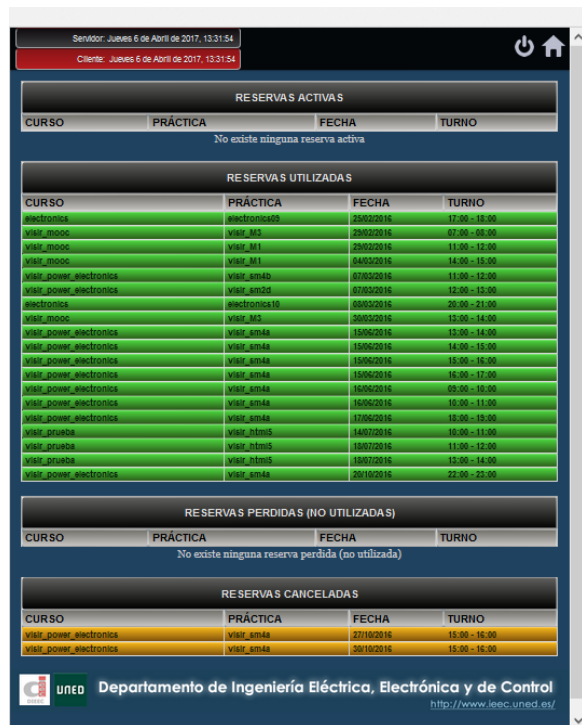
iPhone 5: 320x568 puntos.



iPhone 6+: 414x736 puntos.



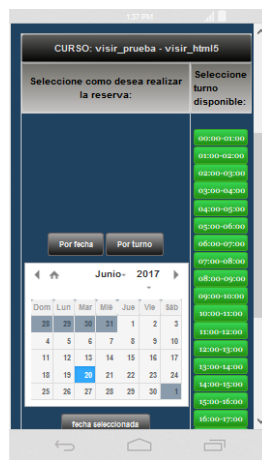
iPhone 6+: 414x736 puntos.



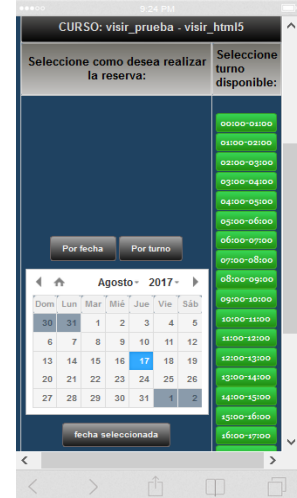
Tablet; similar visualización en distintas marcas y modelos.



Nexus 4: 384x600 puntos



Nexus 4: 384x600 puntos

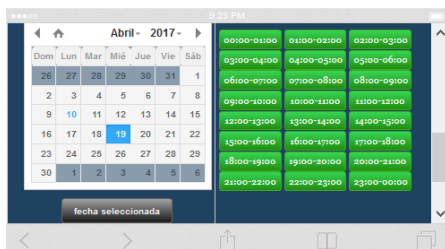


iPhone 6: 375x667 puntos.

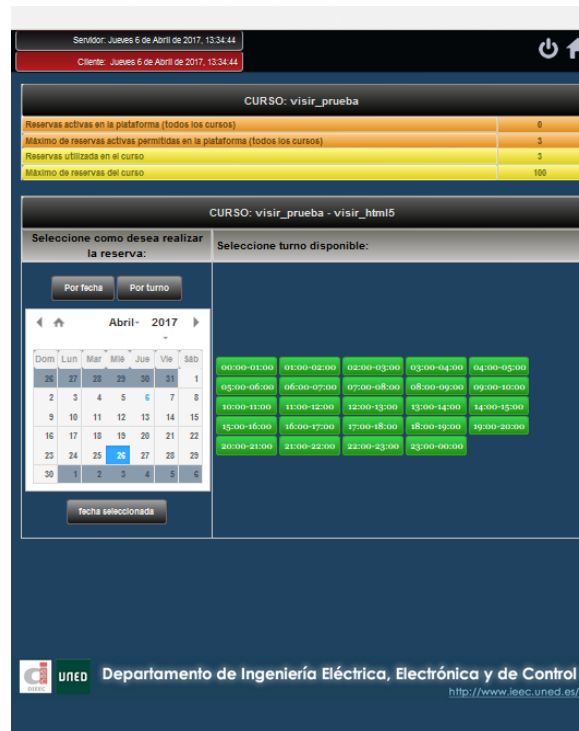
(Continúa) Figura 124. Capturas para distintas plataformas y modelos de distintas pantallas del sistema de reservas.



Nexus 4: 384x600 puntos



iPhone 5: 320x568 puntos.



Tablet; similar visualización en distintas marcas y modelos.

(Continúa) Figura 124. Capturas para distintas plataformas y modelos de distintas pantallas del sistema de reservas.

5.2.4. Integración del sistema de reservas

La necesidad de un sistema de reservas se convierte en indispensable para la integración de los distintos de escenarios de experimentación. Bajo esta premisa, y fin de evitar la autenticación en distintos entornos y/o plataformas, el sistema de reservas puede ser interno a los LMSs/CMSs que hacen uso del laboratorio remoto, lo que requeriría un sistema de reservas en cada LMS/CMS empleado compartiendo la misma BBDD y su actualización ante migraciones (por lo que se descartó esta posibilidad); o externo y emplear alguna metodología de acceso seguro al sistema de reservas que, en el peor de los casos, requiere un protocolo de autenticación distinto en el sistema de reservas para cada LMS/CMS. Además, existen protocolos estándar que permiten la integración directa sin necesidad alguna de adaptación.

5.2.4.1. Integración con LMS/CMS (LTI)

La integración del sistema de reservas se realiza a los distintos LMS/CMS mediante la especificación LTI® desarrollada por el IMS global (Instructional Management System project). El principal concepto de LTI es establecer una forma estándar de integración de aplicaciones de aprendizaje, a menudo alojadas remotamente y accesibles a través de servicios de terceros, con plataformas como LMS, portales, repositorios de objetos de aprendizaje u otros entornos educativos. En LTI estas aplicaciones de aprendizaje son

llamadas 'Herramientas', suministradas por 'Proveedores de Herramientas' (TP, Tool Providers) y los entornos de aprendizaje son llamados 'Consumidores de Herramientas' (TC, Tool Consumers). Un esquema básico de la arquitectura LTI básica se muestra en la Figura 125. En definitiva, el sistema de reservas es TP LTI.

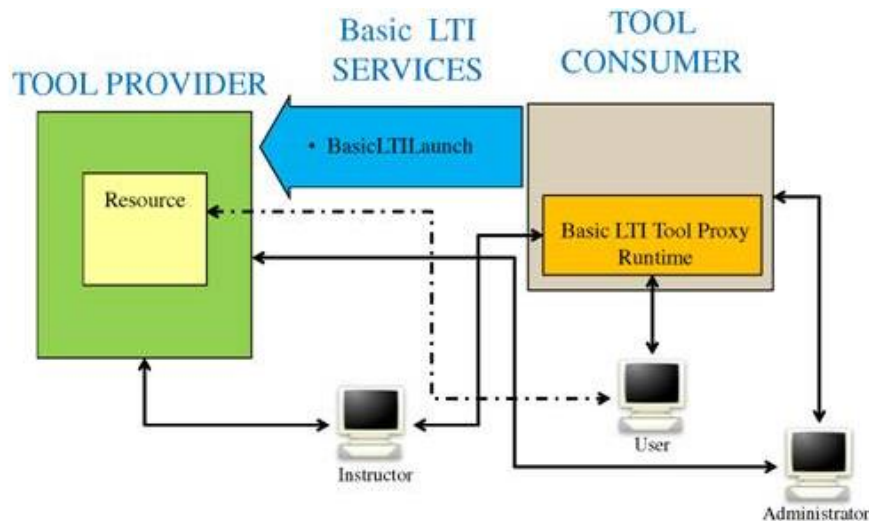


Figura 125. Esquema básico de LTI.
(www.imsglobal.org, 2010).

El objetivo básico de la especificación LTI es permitir una conexión fluida entre aplicaciones web o 'Herramientas' (desde simples aplicaciones como chats hasta entornos de aprendizaje complejos específicos determinadas materias) y plataformas que las ofrecen a sus usuarios/estudiantes. En otras palabras, los usuarios/estudiantes pueden acceder de forma segura a recursos externos al entorno educativo empleado por el TC; estos recursos o herramientas externas resultan integrados en toda la capa administrativa del TC mediante un estándar que evita una integración para cada herramienta externa; Además, en caso de ser necesario o relevante, la comunicación entre TC y TP puede ser bidireccional.

La seguridad se gestiona mediante protocolo OAuth para la comunicación y solicitudes entre ambas entidades. Este conjunto de clases PHP tienen encapsulado el código requerido para la compatibilidad de TP LTI para comunicarse con TC LTI.

El sistema de reservas se convierte en una herramienta externa para los distintos LMS/CMS que deseen el acceso a los recursos del laboratorio remoto. Una herramienta externa difiere de un recurso web de distintas formas:

- Las herramientas externas están integradas en el contexto del LMS/CMS; es decir, tienen acceso a la información del usuario que solicita acceso a la herramienta.

- Las herramientas externas pueden mantener una comunicación bidireccional entre el consumidor (LMS/CMS) y el proveedor de la herramienta externa (sistema de reservas).
- Las herramientas externas requieren de una capa administrativa para autenticación, seguridad, autorización, etc.
- Asociado con la instancia de la actividad, las herramientas externas tienen asociada, o al menos pueden tener, un sistema de calificaciones.

En la arquitectura global, el sistema de reservas es el proveedor de un servicio mientras que el LMS/CMS es el consumidor de dicho recurso. De esta forma los usuarios/estudiantes del LMS/CMS pueden interactuar con recursos educativos y actividades alojadas en otros sitios de internet. Es decir, una herramienta externa que proporciona acceso a un tipo de actividad que se desarrolla en otro entorno distinto al del LMS/CMS sin pasar por la capa administrativa del proveedor del recurso, en este caso, del sistema de reservas. En la Figura 126 se muestran los beneficios para los distintos actores que explotan la especificación LTI.

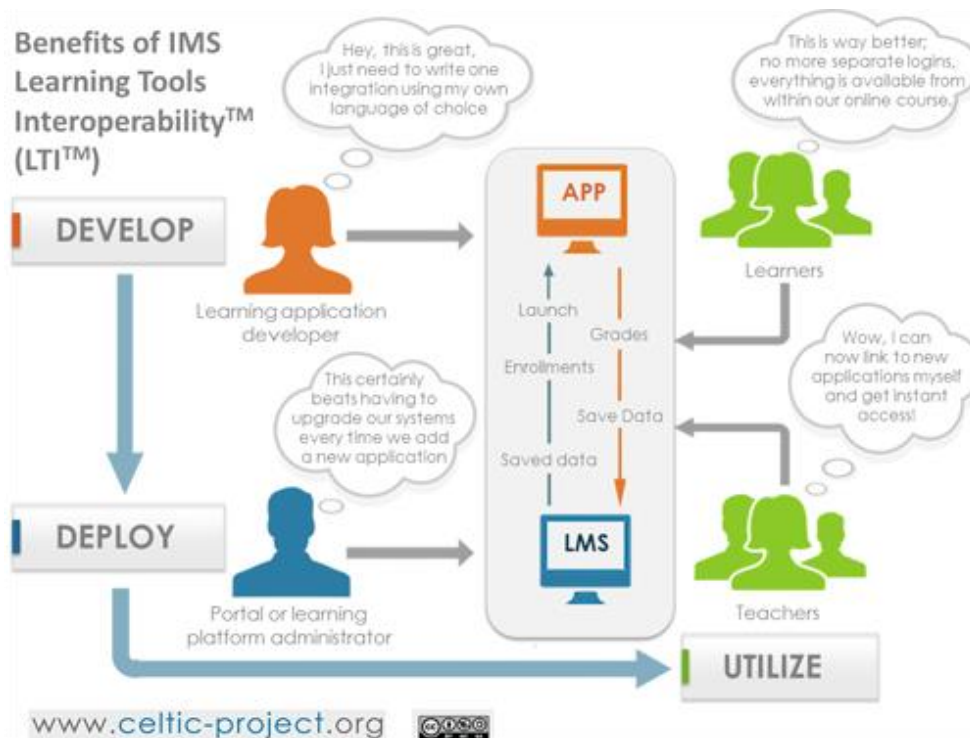


Figura 126. Actores en LTI.
(www.imsglobal.org, 2016).

La especificación básica LTI emplea el protocolo OAuth (<http://www.oauth.net>) para mantener una interacción segura entre TC y TP. OAuth requiere de una contraseña y un secreto compartido ('key' y 'shared secret') para certificar la comunicación entre ambas entidades. La clave o contraseña se transmite en cada mensaje o comunicación, junto con una firma de la comunicación basada en la clave generada por OAuth. Para verificar las

credenciales del usuario/estudiante, el TP comprueba el secreto compartido basado en la contraseña recibida, recalcula la firma de la comunicación y la compara con la firma enviada por el usuario/estudiante del TC.

Bajo el protocolo OAuth, y por extensión la especificación LTI, el TC puede elegir como gestionar las credenciales ('contraseña' y 'secretos compartidos') dentro del sistema. Existen tres patrones dentro del LTI básico para las credenciales:

- (i) El administrador del TC puede establecer una credencial para un dominio en particular. Esta credencial es empleada por todas las llamadas a dicho dominio.
- (ii) El administrador del TC puede establecer una credencial para una URL de un TP en particular. Esta credencial es empleada por todas las llamadas a dicha URL del TP.
- (iii) Cada enlace LTI posee su propia credencial.

5.2.4.2. Integración con VISIR (WebLab-Deusto)

WebLab Deusto es un RLMS que permite a los estudiantes acceder a laboratorios reales que se encuentran físicamente localizados en universidades, centros de investigación, etc., de forma remota mediante una conexión a internet. Además, WebLab-Deusto facilita al desarrollador de laboratorios remotos la integración de todos los servicios necesarios, encargándose el propio RLMS de todas las tareas administrativas; De esta forma, el desarrollador de laboratorios remotos se encarga únicamente del diseño y arquitectura del laboratorio y de las comunicaciones entre usuario y laboratorio para la experimentación. Weblab-Deusto permite la federación de usuarios y la compartición de recursos entre distintas instituciones.

WebLab-Deusto es un Open Source bajo licencia BSD 2 (Berkeley Software Distribution) desarrollado en la Universidad de Deusto, Bilbao-España. WebLab-Deusto está desarrollado en Python bajo tecnologías Open Source (MySQL o SQLite, Redis, etc.). Además, WebLab-Deusto proporciona distintos tipos de APIs para el desarrollo de laboratorios remotos en otros lenguajes. El interfaz de usuario está desarrollado en HTML.

Localmente, WebLab-Deusto está basado en una arquitectura distribuida (Figura 127). En esta arquitectura, por lo general, los clientes se conectan a los core servers mediante HTTP + JSON. Los core servers son los encargados de gestionar la autenticación, planificación de recursos, gestión de las conexiones, seguridad, autorización, tracking, federación y planificación de los laboratorios remotos. Desde ellos, el sistema solicita el acceso a los servidores de laboratorio, los cuales conceden el acceso a los experimentos finales.

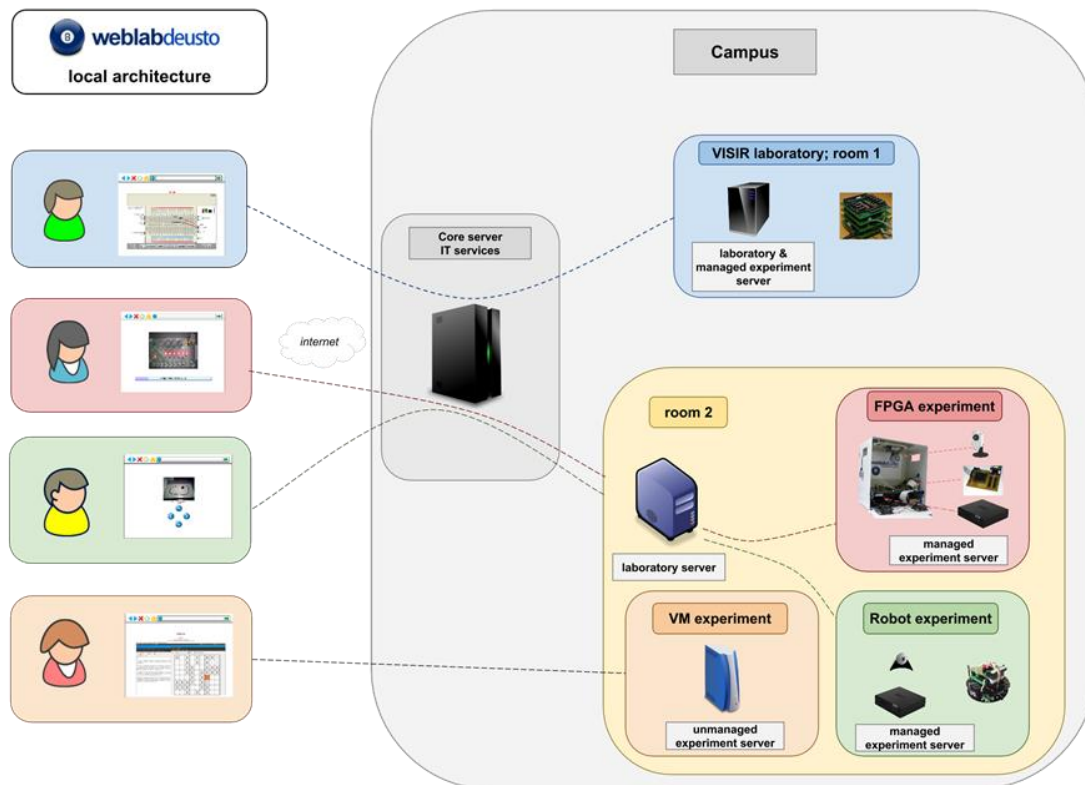


Figura 127. Arquitectura WebLab-Deusto.
(WebLab-Deusto documentation, 2005).

Un aspecto primordial en el empleo de WebLab-Deusto es la federación de usuarios. Los usuarios/estudiantes acceden al laboratorio remoto a través del sistema de reservas como usuarios federados (Figura 128). Cuando un usuario/estudiante accede a una reserva activa desde el sistema de reservas, el usuario/estudiante accede al laboratorio remoto como un usuario federado. Por medio de la API de federación de WebLab-Deusto el usuario accede al laboratorio remoto VISIR sin tener que pasar por la capa administrativa.

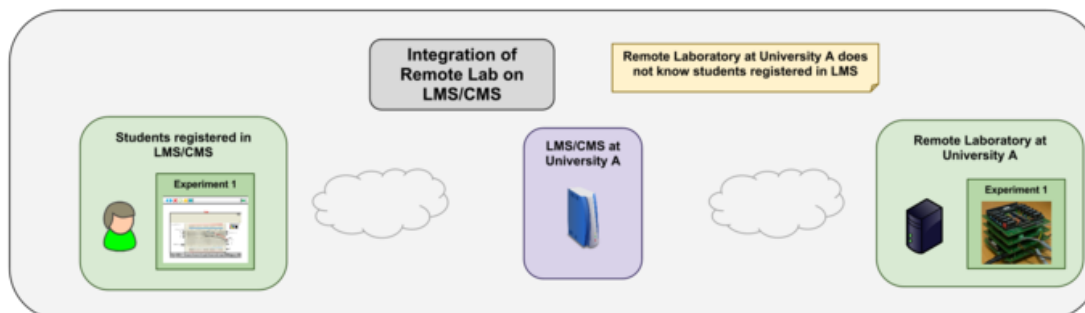
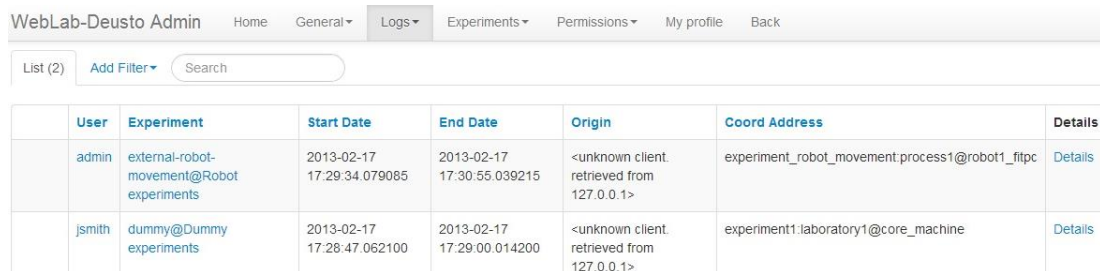


Figura 128. Esquema de federación de usuarios desde LMS/CMS por medio de la API de federación de WebLab-Deusto.
(WebLab-Deusto documentation, 2005).

Según se detalla en (WebLab-Deusto documentation, 2005), el proceso completo es el siguiente: el usuario/estudiante *'user_A'* accede al LMS/CMS autenticándose en la plataforma. Cuando *'user_A'* quiere acceder a un experimento llamado "visir_exp1" tiene

que pasar por el sistema de reservas. Como se ha comentado anteriormente, el acceso al sistema de reservas es a través del protocolo LTI. El LMS/CMS es un consumidor, mientras que el sistema de reservas es el proveedor del servicio. El LMS/CMS pasa las credenciales al sistema de reservas de 'user_A'. Una vez dentro del sistema de reservas, 'user_A' tiene una reserva activa y desea acceder al laboratorio. User_A accede a VISIR como usuario federado por medio de una API. Para WebLab-Deusto existe un usuario llamado "sistema_de_reservas" que posee una cuenta de autenticación (usuario, contraseña, prioridad, permisos, etc.) con permisos a un determinado número de experimentos. Pero antes de que 'user_A' acceda a un experimento de WebLab-Deusto, 'user_A' tiene que pasar la capa de autenticación de WebLab-Deusto. El sistema de reservas envía a 'user_A' a WebLab-Deusto y se comunica con WebLab-Deusto: 'hola, soy "sistema_de_reservas" y quiero que un usuario/estudiante mío llamado "'user_A"' utilice el experimento "visir_exp1" para el que yo tengo permisos'. En la comunicación entre WebLab-Deusto y el sistema de reservas, WebLab-Deusto es proveedor de los recursos del laboratorio remoto VISIR y el sistema de reservas consumidor de dichos recursos. Una vez que 'user_A' está en WebLab-Deusto experimentando en visir_exp1, toda la comunicación entre 'user_A' y VISIR (logs) pasa a través de WebLab-Deusto y queda almacenada. De esta forma, WebLab-Deusto puede rastrear toda la comunicación entre 'user_A' y VISIR a través de los logs Figura 129.



	User	Experiment	Start Date	End Date	Origin	Coord Address	Details
	admin	external-robot-movement@Robot experiments	2013-02-17 17:29:34.079085	2013-02-17 17:30:55.039215	<unknown client. retrieved from 127.0.0.1>	experiment_robot_movement:process1@robot1_fitpc	Details
	jsmith	dummy@Dummy experiments	2013-02-17 17:28:47.062100	2013-02-17 17:29:00.014200	<unknown client. retrieved from 127.0.0.1>	experiment1.laboratory1@core_machine	Details

Figura 129. Almacenamiento de los logs por sesiones de acceso al laboratorio remoto. (WebLab-Deusto documentation, 2005).

5.2.5. Estructura del sistema de reservas

El esquema en el que se encuadra el sistema de reservas se muestra en la Figura 130. Los usuarios acceden a distintos cursos de la misma o distinta plataforma LMS. A través del acceso a una herramienta LTI y mediante protocolo OAuth acceden desde los distintos cursos al sistema de reservas. El sistema de reservas debe recibir una serie de variables. Algunas de estas variables las recibe a través del protocolo OAuth (por ejemplo 'user_name' o 'user_email'), mientras que otras variables las tiene que enviar el LMS (por ejemplo 'experiment_id' o 'platform_name'). Todas las variables recibidas por el sistema de reservas se almacenan en una sesión php

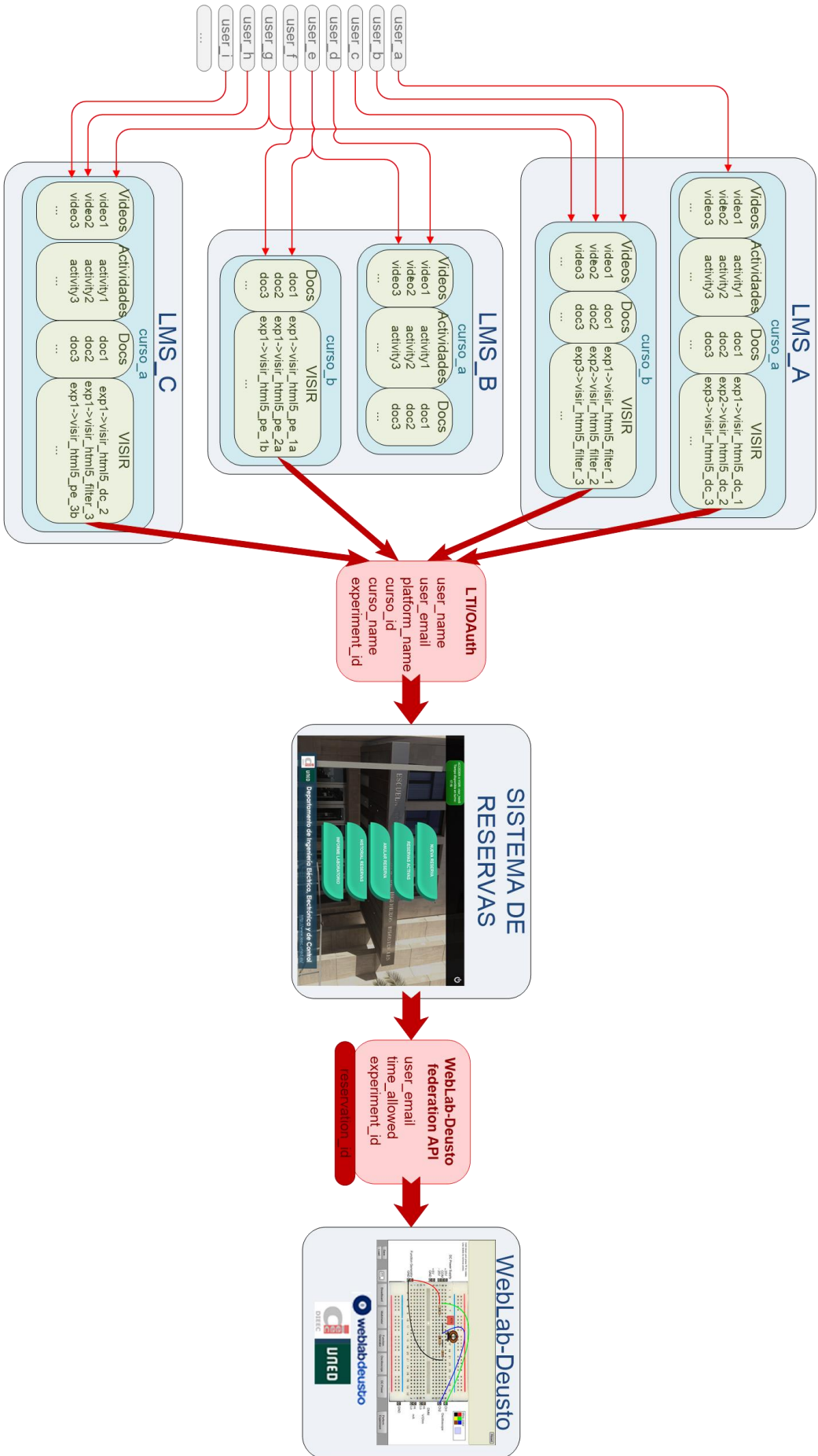


Figura 130. Flujo de información entre los distintos entornos.

En WebLab-Deusto, cada práctica del laboratorio remoto VISIR se considera un laboratorio remoto en sí mismo. Los distintos cursos de las distintas plataformas que acceden al laboratorio remoto pueden servirse de la misma práctica diseñada: identificador de experimento o *'experiment_id'*; en la Figura 130.

estos *'experiment_id'* son *'visir_html5_dc_1'*, *'visir_html5_dc_2'*, *'visir_html5_dc_3'*, etc. Sin embargo, el nombre que recibe cada práctica en cada curso es independiente del identificador de experimento, aunque el acceso LTI al sistema de reservas si debe incluir el identificador de práctica para acceder al laboratorio (práctica de VISIR) que se desea.

Una vez que el usuario/estudiante ha completado una reserva y esta reserva está activa, puede acceder al laboratorio VISIR. El acceso a VISIR a través de WebLab-Deusto desde el sistema de reservas se realiza como un usuario federado del sistema de reservas mediante la API de federación de WebLab-Deusto. Cuando un usuario/estudiante utiliza el enlace activo al laboratorio remoto VISIR desde el sistema de reservas, WebLab-Deusto recibe una solicitud con unos determinados parámetros específicos para la autenticación y permisos. El sistema de reservas concede al usuario sus credenciales de autenticación: usuario y contraseña para la autenticación en WebLab-Deusto; estas credenciales permiten el acceso a todas las prácticas de VISIR (o todos los laboratorios remotos VISIR a ojos de WebLab-Deusto) con un tiempo de máximo de sesión de 1 hora. Asimismo, el sistema de reservas envía a WebLab-Deusto unos determinados permisos:

- (1) *'time_allowed'*: es el tiempo de reserva restante en la reserva activa. Dado que los turnos en el sistema de reservas son de 1 hora, este tiempo de reserva restante es igual o inferior a 1 hora en cualquier caso.
- (2) *'experiment_id'*: Es el identificador de la práctica para el que el usuario/estudiante tiene activa la reserva. Las credenciales del sistema de reservas, como se ha comentado anteriormente, conceden el acceso a todas las prácticas del laboratorio remoto VISIR diseñadas en WebLab-Deusto. Este parámetro limita el acceso a únicamente la práctica para la que el usuario tiene activa la reserva.
- (3) *'user_email'*: para la identificación del usuario.

Con toda esta información, WebLab-Deusto entrega un *'reservation_id'* al sistema de reservas que es a través del que el usuario accede a la práctica de VISIR. Por ejemplo, siguiendo el esquema de la Figura 130:

“Hola, soy *'user_A'* (*'user_email'*), y tengo estas credenciales (usuario y contraseña proporcionado por el sistema de reservas para acceder a WebLab-Deusto) para acceder a la práctica *'visir_html5_pe_3a'* durante un tiempo de *'time_allowed'*”.

La estructura web del sistema de reservas se muestra en la Figura 131. El acceso al sistema de reservas únicamente se puede llevar a cabo a través de LMSs (mostrado como una línea gris). En el esquema de la figura sólo se muestra el acceso al sistema de reservas desde un LMS, pero el comportamiento sería igual para un número mayor de LMSs accediendo al sistema de reservas. La incorporación de una capa administrativa en el sistema de reservas que permita el acceso a través de sistema de autenticación y que incluya herramientas para los administradores del laboratorio remoto (avisos de cierre, bloqueos de fechas, reseteo de sesiones, etc.) está planteada como una mejora futura. Hasta la fecha, todas estas herramientas administrativas se llevan a cabo manualmente sobre la base de datos.

En el esquema de dicha figura, todas las flechas en azul indican como se puede navegar a las distintas páginas del sistema de reservas. En todas las páginas del sistema de reserva existe la opción de cerrar la sesión abierta. Además, en las distintas páginas que componen el sistema de reserva, salvo obviamente en la página de inicio/principal, existen un icono que devuelve la navegación a la página de inicio (esta opción de navegación no se ha indicado en el esquema). La conexión al laboratorio remoto VISIR a través del RLMS WebLab-Deusto está indicado mediante líneas de conexión rojas. Las líneas discontinuas en azul muestran las dos posibles opciones para llevar a cabo una reserva:

- Por fecha: muestra los 24 turnos de 1 hora de la fecha seleccionada como botones, en color verde si está libre y en color rojo si el turno está ocupado; cada botón, rojo o verde, indica la hora del turno. Si todos los turnos de la fecha seleccionada están ocupados, los turnos se muestran como botones anulados en color rojo. A la hora de llevar a cabo una reserva por fecha existe la posibilidad de que no exista ningún turno libre.
- Por turno: muestra los siguientes 14 turnos libres para el turno seleccionado. Cada botón, en color verde, está activo e indica la fecha. A la hora de llevar a cabo una reserva por turno, no existe la posibilidad de mostrar fechas disponibles para el turno seleccionado en rojo ya que, en ese caso, se salta la fecha.
- La comunicación con las BBDD se muestra con líneas discontinuas, en negro para la base de datos del sistema de reservas; en verde para la comunicación con WebLab-Deusto. El sentido de las flechas entrantes a las bases de datos indica entradas en la base de datos realizadas desde las páginas web (completar una nueva reserva, cancelar una reserva existente, etc.), mientras que las flechas entrantes en las páginas web indican lecturas sobre la base de datos (turnos consumidos, reservas activas, historial, etc.).

En función de estos datos extraídos de las bases de datos, la información mostrada será de una forma u otra.

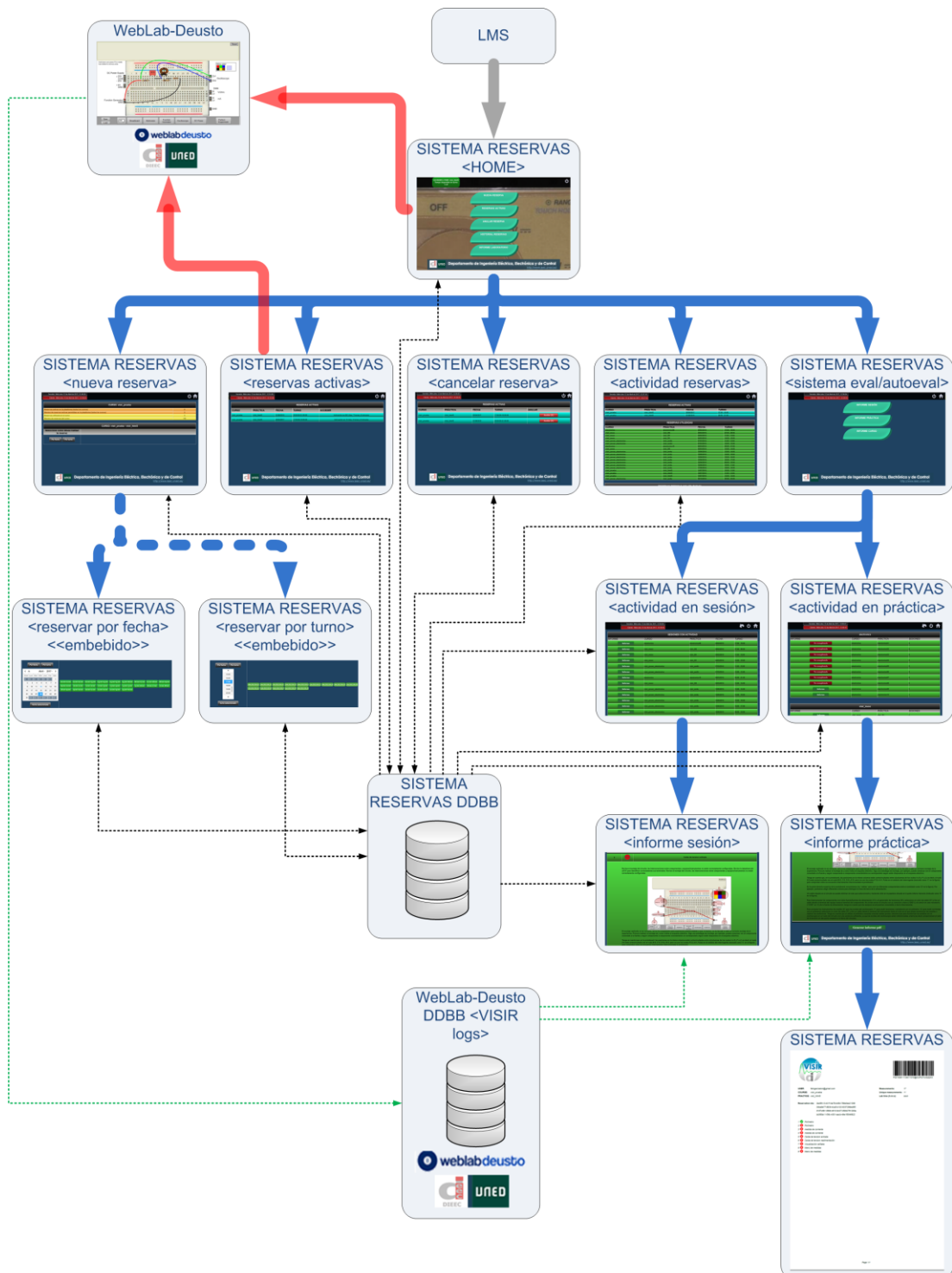


Figura 131. Arquitectura y navegación en el sistema de reservas.

En todas las páginas del sistema de reserva está presente la hora local (hora del servidor) y la hora del cliente (hora del usuario/estudiante). El sistema de reservas trabaja con la hora local o del servidor, es decir, cuando un usuario/estudiante completa una reserva, la reserva la está realizando en la hora del servidor. El usuario/estudiante es

advertido de este hecho a la hora de completar la reserva y, además, es reiterado en el correo de confirmación de la reserva.

El sistema de reservas, además de servir como sistema de reservas y como herramienta de autoevaluación, es la vía de acceso al laboratorio remoto VISIR para los usuarios/estudiantes. Los administradores pueden acceder al laboratorio remoto previa autenticación en la plataforma WebLab-Deusto. Los usuarios/estudiantes pueden obtener el acceso a VISIR de dos formas:

- **Acceso rápido:** Desde la página principal del sistema de reservas, en la parte superior izquierda, aparece un icono que, en caso de no tener una reserva activa y de que exista hueco en el laboratorio para la práctica desde la que se ha accedido, completa una reserva y accede al laboratorio remoto. El acceso rápido en el laboratorio se basa en una consulta a la base de datos acerca de las reservas realizadas en ese turno. Este link no se autoactualiza, pero si el usuario/estudiante trata de completar una reserva rápida, la consulta a la base de datos se vuelve a ejecutar antes de proceder con la reserva. Este procedimiento se sigue en todas las operaciones del sistema de reservas.
- **Acceso programado:** En la ventana de “reservas activas”, si se está en posesión de una reserva activada, aparecerá un enlace al laboratorio remoto. Hasta que no se alcance la hora de activación de la reserva aparecerá el tiempo necesario hasta la activación de la reserva. Ambos casos se muestran en la Figura 132. Además, en la página principal, si la reserva está activada, en vez de proporcionar la opción de completar una “reserva rápida”, el enlace de acceso rápido al laboratorio proporciona un enlace con los datos de la reserva activada.

RESERVAS ACTIVAS				
CURSO	PRÁCTICA	FECHA	TURNO	ACCEDER
visir_prueba	visir_html5	25/04/2017	17:00:00-18:00:00	Activación en 12 días, 23 horas y 59 minutos
visir_prueba	visir_html5	12/04/2017	17:00:00-18:00:00	Acceder a VISIR

Figura 132. Reservas activas.

El sistema de reservas, para las distintas funciones encargadas, se apoya en 4 tablas construidas en la base de datos. Cada una de estas tablas cumplen una función determinada. Las reservas de cada usuario son almacenadas en <<reservas>>, Tabla 39.

Cuando un usuario completa una reserva se le auto-adjudica un ‘booking_id’ único. El ‘user_id’ se recibe desde el LMS/CMS, pero hay que tener en cuenta que el sistema de reserva está implementado para dar servicio a varios LMSs, por lo que el identificador de usuario ‘user_id’ puede estar duplicado en distintos LMSs. Para solventar este

inconveniente se hubiera podido emplear dos campos: ‘user_id’ y ‘url_server’ a fin de obtener usuarios únicos. Sin embargo, se ha optado por emplear como identificador de usuario único el ‘user_email’, el cual también se recibe desde el LMS/CMS. Los identificadores ‘booking status’ y ‘booking used’ se utilizan para definir los estados de las reservas (activa, cancelada, utilizada, no utilizada) junto con los identificadores “datetime” que registran cuando ocurren los distintos estados de las reservas.

Tabla 39. Tabla <<reservas>> de la BBDD.

reservas						
#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Nulo	Predeterminado	Extra
1	booking_id	int(11)		No	Ninguna	AUTO_INCREMENT
2	user_id	int(255)		No	Ninguna	
3	url_server	text	utf8_general_ci	No	Ninguna	
4	user_email	varchar(255)	utf8_general_ci	No	Ninguna	
5	course_name	text	utf8_general_ci	No	Ninguna	
6	course_id	int(255)		No	Ninguna	
7	experiment_id	varchar(255)	utf8_general_ci	No	Ninguna	
8	time_event	datetime		No	CURRENT_TIMESTAMP	
9	time_cancelled	datetime		No	CURRENT_TIMESTAMP	
10	time_access	datetime		No	CURRENT_TIMESTAMP	
11	user_timezone	text	utf8_general_ci	No	Ninguna	
12	booking_datetime	datetime		No	Ninguna	
13	booking_status	text	utf8_general_ci	No	Ninguna	
14	booking_used	boolean		No	Ninguna	

Para la generación de los informes de laboratorio (informe web de sesión, informe web de práctica o informe pdf de práctica) se requiere comunicación con WebLab-Deusto para obtener los logs del usuario en la sesión o práctica solicitada. Por otro lado, cuando un usuario/estudiante accede al laboratorio remoto, desde el sistema de reservas se realiza una petición a WebLab-Deusto y se genera un identificador de reserva. Estos identificadores de sesión, ‘reservation_id’, se almacenan en la tabla ‘weblabcom’ de la BBDD (Tabla 40). Para una reserva del sistema de reservas pueden existir varios ‘reservation_id’; Esto ocurre cuando la sesión en WebLab-Deusto en VISIR se cierra y, sin embargo, el usuario/estudiante sigue disponiendo de tiempo en la reserva activa. Para generar los informes de actividad en el laboratorio y la autotutorización del usuario/estudiante se requieren los ‘reservation_id’ para recuperar los logs de la sesión de prácticas en el laboratorio remoto.

Tabla 40. Tabla <<weblabcom>> de la BBDD.

weblabcom						
#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Nulo	Predeterminado	Extra
1	comm_id	int(255)		No	Ninguna	AUTO_INCREMENT
2	reservation_id	varchar(255)	utf8_general_ci	No	Ninguna	
3	user_email	varchar(255)	utf8_general_ci	No	Ninguna	
4	booking_id	int(255)		No	Ninguna	
5	experiment_id	varchar(255)	utf8_general_ci	No	Ninguna	
6	course_id	int(255)		No	Ninguna	
7	course_name	varchar(255)	utf8_general_ci	No	Ninguna	
8	DTweblabcom	datetime		No	CURRENT_TIMESTAMP	

Existen datos innecesarios en la tabla 'weblamcom', ya que son redundantes en la tabla 'reservas', como son el 'user_email', 'experiment_id', 'course_id' o 'course_name'; estos datos se podrían obtener a través del 'booking_id' en la tabla 'reservas'. Sin embargo, el número de entradas a la base de datos es limitado (fijado por el número de puestos concurrentes y la posibilidad del cierre de sesiones en WebLab-Deusto que, por lo general no supera 3); de esta forma se limita el número de consultas ya que toda la información se puede obtener en una única consulta.

Para la generación de los informes de sesiones y de prácticas se emplean 2 tablas cuyas entradas deben ser generadas por el Equipo Docente de la asignatura:

- Tabla <<course_exp>>: Esta tabla incluye todos los experimentos vinculados a un determinado curso (Tabla 41). De esta forma la organización de los informes de las sesiones o de las prácticas se organiza por curso. Asimismo, incluye el orden de las distintas prácticas que componen el curso.
- Tabla <<pattern>>: En esta tabla se almacenan los distintos experimentos con el orden establecido por el equipo docente para cada práctica (Tabla 42). Asimismo, en esta tabla se almacenan aquellos comentarios o realimentación que el equipo docente considere oportunos para cada experimento de la práctica. Incluye un peso establecido para cada experimento dentro de la práctica, de forma que sirva como método calificativo para el ED. Esta calificación se incluye en el documento pdf de forma oculta.

Tabla 41. Tabla <<course_exp>> de la BBDD.

course_exp						
#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Nulo	Predeterminado	Extra
1	id	int(255)		No	Ninguna	AUTO_INCREMENT
2	experiment_id	varchar(255)	utf8_general_ci	No	Ninguna	
3	course_id	int(255)		No	Ninguna	
4	stair	int(255)		No	Ninguna	
5	course_name	varchar(255)	utf8_general_ci	No	Ninguna	

Tabla 42. Tabla <<pattern>> de la BBDD.

pattern						
#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Nulo	Predeterminado	Extra
1	pattern_id	int(255)		No	Ninguna	AUTO_INCREMENT
2	course_name	varchar(255)	utf8_general_ci	No	Ninguna	
3	experiment_id	varchar(255)	utf8_general_ci	No	Ninguna	
4	experiment_checkpoint	int(255)		No	Ninguna	
5	experiment_title	tinytext	utf8_general_ci	No	Ninguna	
6	experiment_weight	int(255)		No	Ninguna	
7	circuit_additional_feedback	longtext	utf8_general_ci	No	Ninguna	
8	circuit_pattern	longtext	utf8_general_ci	No	Ninguna	
9	fg_settings	longtext	utf8_general_ci	No	Ninguna	
10	ps_settings	longtext	utf8_general_ci	No	Ninguna	
11	dmm_settings	longtext	utf8_general_ci	No	Ninguna	
12	osc_settings	longtext	utf8_general_ci	No	Ninguna	

5.3. Funcionamiento del entorno autoevaluativo/evaluativo

El entorno autoevaluativo/evaluativo implementado tiene como prioridad dar soporte a los usuarios/estudiantes acerca de los montajes llevados a cabo en el laboratorio remoto. Pretende proporcionar una realimentación que, o bien asegure al alumno la correcta ejecución de las prácticas diseñadas por el equipo docente, o le indique que es lo que ha realizado mal y los errores cometidos en el montaje, conexión y configuración de los equipos e instrumentos. El sistema autoevaluativo/evaluativo no tiene como propósito principal instruir, aunque indirectamente se consigue mediante la realimentación y promoviendo un aprendizaje controlado por el usuario/estudiante.

Al acceder al entorno autoevaluativo/evaluativo se accede a la pantalla mostrada en la Figura 133. En dicha pantalla se contemplan dos tipos de informes:

- Informe de sesión: informe del desempeño de una sesión empleada en una determinada práctica. La finalidad de este informe es la de que el usuario/estudiante compruebe su desempeño en esa determinada sesión.
- Informe de práctica: informe del desempeño del usuario/estudiante en una determinada práctica. El usuario/estudiante puede haber empleado varias sesiones en la misma práctica, por lo que todas las sesiones han de contemplarse.

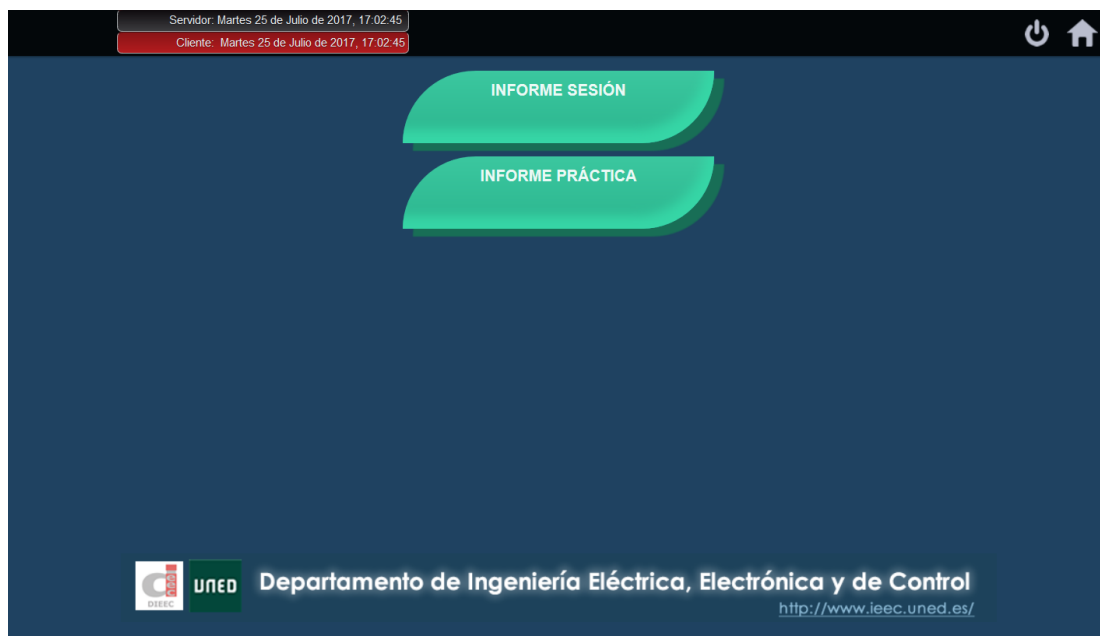


Figura 133. Tipos de informes disponibles.

En un principio se analizó la posibilidad de añadir un tercer tipo de informe (informe de curso) para generar una notificación que abarcara todas las prácticas de un curso y que, desde la pantalla del informe, el usuario/estudiante pudiera generar un pdf para entregar al equipo docente. Sin embargo, este tercer tipo de informe se descartó debido a

la elevada cantidad de *'requests'* que un curso completo puede requerir. Esta elevada cantidad de *'requests'* a analizar conllevaría un elevado tiempo de cálculo, ya que sería equivalente a realizar un "informe de práctica" para cada práctica del curso a pesar de que la información en pantalla se representaría de distinta forma: de un modo más cuantitativo y menos cualitativo, lo que se aleja del objetivo principal del sistema. Por ambos motivos, el tiempo de cálculo y un informe menos cualitativo, se ha descartado el informe de un curso completo.

Al acceder a uno de los dos tipos de informe disponibles la información se muestra de forma distinta:

- a) En el "informe de sesión", tal y como se muestra en la Figura 134 la información se dispone por sesiones de prácticas reservadas y a las que se ha accedido ordenadas cronológicamente por filas independientemente del curso. Para generar la tabla mostrada en la Figura 134, se accede a la BBDD del sistema de reservas y se extraen aquellas prácticas a las que se ha accedido. La información mostrada en cada fila de la tabla es:
 - Informe: En la primera columna se muestra el botón para acceder al enlace de dicha sesión.
 - Curso: El curso al que pertenece la práctica en la que ha llevado a cabo la sesión de práctica.
 - Práctica: La práctica a la que se accedió en la sesión.
 - Fecha: la fecha, fecha del servidor, en la que se llevó a cabo la sesión.
 - Turno, el turno, hora del servidor, en el que se llevó a cabo la sesión.
- b) En el "informe de práctica", se muestra una captura de la pantalla en la Figura 135, la información se estructura por cursos y dentro de cada curso se muestran todas las prácticas que integran el curso. Si el usuario/estudiante ha accedido al laboratorio remoto para una determinada práctica de un determinado curso, se generará un botón a la pantalla del informe, en caso contrario aparecerá una etiqueta indicando que no se hay ningún acceso a dicha práctica por lo que no ha podido ser completada. Estas dos posibilidades se muestran en la Figura 135. Para generar cada tabla de cada curso y las prácticas que lo forman, se extraen de la BBDD del sistema de reservas los cursos y prácticas a los que ha accedido el usuario/estudiante y, con los datos almacenados en la BBDD del entorno administrativo, se estructuran los cursos y se organizan las

prácticas en el orden fijado por el equipo docente en el entorno administrativo.

- Informe: En la primera columna se muestra el botón para acceder al enlace de dicha práctica.
- Curso: El curso al que pertenece la práctica.
- Práctica: El nombre de la práctica.
- Sesiones: el número de sesiones que se han empleado en la práctica en cuestión.

SESIONES CON ACTIVIDAD				
INFORME	CURSO	PRÁCTICA	FECHA	TURNO
Informe	electronics	electronics09	25/02/2016	17:00 - 18:00
Informe	visir_mooc	visir_M3	29/02/2016	07:00 - 08:00
Informe	visir_mooc	visir_M1	29/02/2016	11:00 - 12:00
Informe	visir_mooc	visir_M1	04/03/2016	14:00 - 15:00
Informe	visir_power_electronics	visir_sm4b	07/03/2016	11:00 - 12:00
Informe	visir_power_electronics	visir_sm2d	07/03/2016	12:00 - 13:00
Informe	electronics	electronics10	08/03/2016	20:00 - 21:00
Informe	visir_mooc	visir_M3	30/03/2016	13:00 - 14:00
Informe	visir_power_electronics	visir_sm4a	15/06/2016	13:00 - 14:00
Informe	visir_power_electronics	visir_sm4a	15/06/2016	14:00 - 15:00
Informe	visir_power_electronics	visir_sm4a	15/06/2016	15:00 - 16:00
Informe	visir_power_electronics	visir_sm4a	15/06/2016	16:00 - 17:00
Informe	visir_power_electronics	visir_sm4a	16/06/2016	09:00 - 10:00
Informe	visir_power_electronics	visir_sm4a	16/06/2016	10:00 - 11:00

Figura 134. Informe de sesión de prácticas.

En cualquiera de los dos casos para generar el informe, tanto de una sesión de prácticas determinada como de una práctica determinada, se accede a través del enlace autogenerado en la columna de la izquierda (Figura 134 y Figura 135). Al acceder al informe se pueden dar dos casos:

- El equipo docente no ha creado los patrones modelos para dicha práctica (Figura 136 izquierda). En el caso de que el equipo docente no haya creado y almacenado con anterioridad los patrones modelo en la BBDD, aparece un mensaje en la pantalla invitando al usuario/estudiante solicitar al equipo docente incluir el curso en el entorno autoevaluativo. Desde el momento en el que el equipo docente genere y almacene los patrones

modelo en la BBDD del entorno administrativo, el usuario/estudiante podrá acceder al sistema autoevaluativo/evaluativo, aunque en el momento que un usuario/estudiante lleva a cabo la práctica esta no posea los patrones modelo vinculados.

No completado	electronics	electronics06	0
No completado	electronics	electronics07	0
No completado	electronics	electronics08	0
Informe	electronics	electronics09	1
Informe	electronics	electronics10	1

visir_mooc			
INFORME	CURSO	PRÁCTICA	SESIONES
Informe	visir_mooc	visir_M1	2
No completado	visir_mooc	visir_M2	0
Informe	visir_mooc	visir_M3	2
No completado	visir_mooc	visir_M4	0
No completado	visir_mooc	visir_M5	0
No completado	visir_mooc	visir_M6	0

visir_power_electronics			
INFORME	CURSO	PRÁCTICA	SESIONES
No completado	visir_power_electronics	visir_sm1a	0
No completado	visir_power_electronics	visir_sm1b	0
No completado	visir_power_electronics	visir_sm2a	0

Figura 135. Informe de práctica.

- El equipo docente ha creado los patrones modelo para dicha práctica. (Figura 136 derecha). Para cada experimento (checkpoint) dentro de la práctica se genera un pequeño informe con cuatro posibles niveles (verde-amarillo-naranja-rojo) indicando los errores cometidos en el experimento y mostrando como corregirlos a través de una realimentación propio del sistema ante el error. Opcionalmente, el equipo docente, tiene la posibilidad de añadir una realimentación remarcando alguno de los puntos que considere claves para el experimento y en la categoría (montaje, conexión instrumentos de medida, configuración de los equipos e instrumentos) y, en su caso, fuente (generador de funciones y/o fuentes de alimentación) y/o instrumento (polímetro u osciloscopio) en el que no se cumpla el patrón modelo establecido por el equipo docente.
- Cada paso ('checkpoint') en el entorno autoevaluativo establecido por el equipo docente en una determinada práctica es un experimento. Como se ha comentado anteriormente, cada experimento realizado por el

usuario/estudiante debe clasificarse dentro de una de las 4 categorías establecidas en la Tabla 43. En realidad, se trata de una manera visual para el usuario/estudiante de comprobar la completitud o estado del experimento.

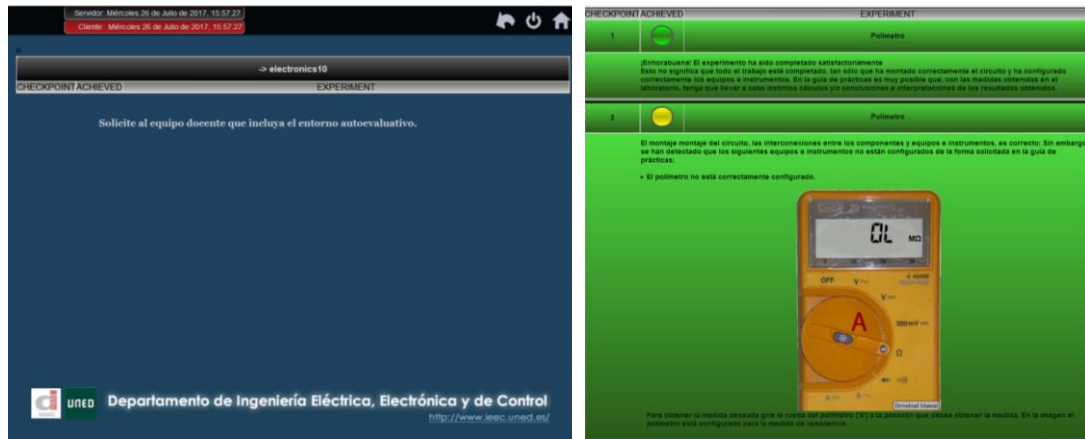






Figura 136. Pantalla de informe de sesión/práctica.

Se ha empleado la palabra anglosajona '*checkpoint*', punto de control en castellano, debido al diseño habitual de prácticas de laboratorio en las que los experimentos están relacionados con experimentos anteriores de forma que construyen una ruta hasta llegar a un determinado objetivo.

Una vez que la experimentación llevada a cabo por el usuario/estudiante ha sido contrastada con el patrón modelo correspondiente a un experimento o '*checkpoint*', se le asigna una categoría dentro los indicados en la Tabla 43. Clasificado el experimento realizado por el usuario/estudiante, en caso necesario, se analizan los errores detectados respecto al patrón modelo y se procede a proporcionar en pantalla la realimentación opcional generado por el equipo docente y, a continuación, la realimentación propia del sistema ante el error.

La realimentación del equipo docente es opcional y el contenido libre: el equipo docente puede hacer hincapié en los motivos por los que es importante ajustarse a los parámetros establecidos en el guion de prácticas; por ejemplo, puede ser importante que la frecuencia del generador de funciones esté ajustada en un rango relativamente pequeño para poder observar un efecto resonante en un circuito diseñado intencionadamente; o dar indicaciones de un montaje que pueda resultar más complicado. Además, si el equipo docente percibe que un experimento requiere de aclaraciones adicionales debido a un elevado número de fracasos en su realización, estas aclaraciones pueden ser añadidas posteriormente. Por otro lado, la realimentación proporcionada por el sistema se centra exclusivamente en el manejo y configuración de las distintas herramientas proporcionadas en el laboratorio.

Tabla 43. Posibles estados recibidos por los estudiantes para cada experimento.

Indicador	Significado
	Indica que el experimento se ha completado satisfactoriamente, es decir, se ha realizado correctamente el montaje del circuito (fuentes y componentes correctamente interconectados), los instrumentos de medida están conectados en los nudos especificados por el equipo docente en el patrón modelo, las fuentes (generador de funciones y/o fuentes de alimentación) están configuradas correctamente y los instrumentos de medida (polímetro y/o osciloscopio) están configurados según las especificaciones establecidas por el equipo docente.
	Indica que el experimento tiene algún tipo de error en la configuración ya sea de las fuentes (generador y/o fuentes de alimentación) o de los instrumentos de medida (polímetro y/o osciloscopio). Es decir, se ha realizado correctamente el montaje del circuito (fuentes y componentes correctamente interconectados), los instrumentos de medida están conectados en los nudos especificados por el equipo docente en el patrón modelo.
	Indica que el experimento tiene algún tipo de error en la conexión de los instrumentos de medida. Es decir, se ha realizado correctamente el montaje del circuito (fuentes y componentes correctamente interconectados), pero los instrumentos de medida no están conectados según está especificado en el patrón modelo y guion de prácticas.
	Indica que no se ha llegado a realizar correctamente el montaje del circuito (fuentes y componentes incorrectamente interconectados).

En el caso del informe de práctica, el usuario/estudiante tiene la posibilidad de imprimir un pdf (Figura 137) con la información de los experimentos llevados a cabo en el laboratorio remoto para dicha práctica. En dicho archivo generado se muestra:

- La información del usuario, práctica y curso.
- Los identificadores de reserva de WebLab empleados. Con estos identificadores de reserva el equipo docente puede acceder a la revisión de los experimentos llevados a cabo. Idealmente, esta tarea debería ser gestionada desde el entorno administrativo, pero no se ha implementado

dicha herramienta y su desarrollo se ha pospuesto para una versión posterior del sistema.

- Los experimentos que componen la práctica con un símbolo para mostrar la corrección o no del experimento realizado.
- La calificación obtenida por el usuario/estudiante en la práctica según los pesos relativos asignados por el equipo docente a cada patrón modelo. Para el cálculo de la calificación, se suman todos los pesos relativos de todos los experimentos o 'checkpoints' que conforman la práctica y se calcula su peso en tanto por 100. Un experimento no se considera correctamente realizado a no ser que su estado asignado sea "verde", es decir, se haya realizado correctamente el montaje del circuito (fuentes componentes correctamente interconectados), los instrumentos de medida están conectados en los nudos especificados por el equipo docente en el patrón modelo, las fuentes (generador de funciones y/o fuentes de alimentación) están configuradas correctamente y los instrumentos de medida (polímetro y/o osciloscopio) están configurados según las especificaciones establecidas por el equipo docente.
- El número de experimentos realizados, es decir, el número de veces que el usuario/estudiante ha ejecutado una llamada al laboratorio remoto para ejecutar un experimento; El número de medidas realizadas de forma única, es decir, el número de experimentos ejecutados distintos entre sí debido a variaciones en el montaje y/o configuración de los equipos e instrumentos. El tiempo que el usuario/estudiante ha estado en el laboratorio remoto. Este parámetro no se ha determinado y se emplaza para una posterior edición del sistema debido a las discrepancias que pueden existir entre los criterios (tiempo conectado al laboratorio, tiempo entre conexión y última medida, tiempos entre medidas, etc.).

5.4. Proceso de análisis

La generación del informe del laboratorio remoto se genera de la misma forma independientemente del tipo de informe, informe de sesión o informe de práctica, solicitado. Dependiendo del tipo de informe que se solicite, se pasa un parámetro encargado de definir la información en pantalla de una forma u otra. Básicamente la diferencia radica en la generación del informe de práctica en pdf y el tratamiento y almacenamiento de los parámetros necesarios para su generación.

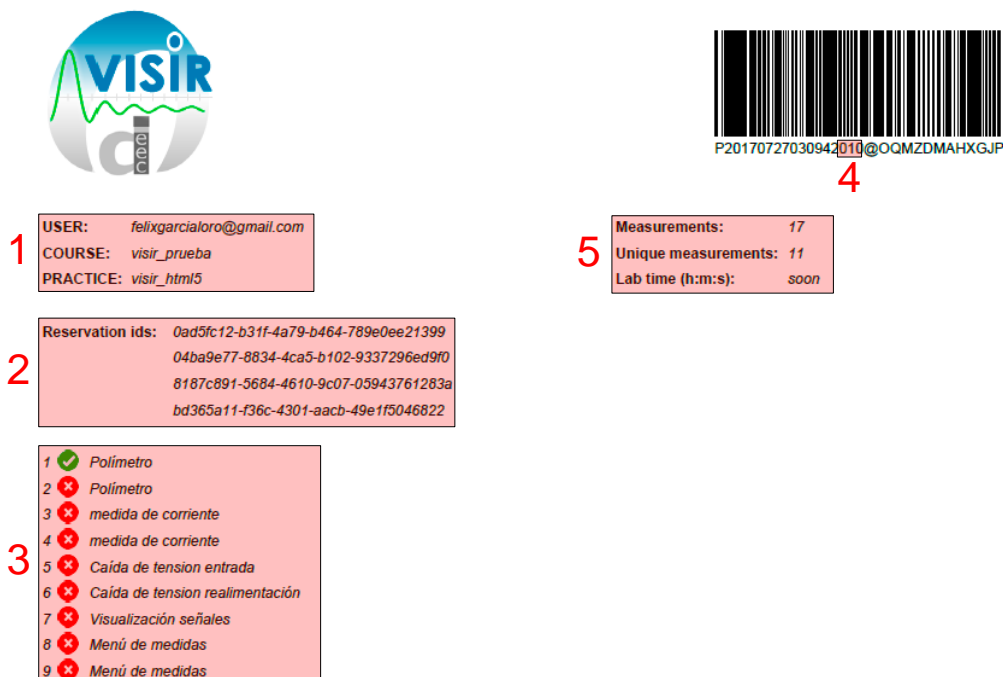


Figura 137. Extracto principal del pdf generado para el informe de práctica.

5.4.1. Extracción de los identificadores de reserva

El primer paso para poder completar ambos tipos de informe se basa en la obtención de los identificadores de reserva.

En la Figura 138 se muestra el inicio del proceso de generación del informe, bien sea de sesión o de práctica. El objetivo final es la obtención de los identificadores de reserva (*'reservation_id'*) que genera WebLabDeusto al conceder el acceso al laboratorio y que se almacenan en la tabla *'weblabcomm'* de la BBDD. El proceso seguido es ligeramente distinto si se solicita un informe de sesión o un informe de prácticas.

5.4.1.1. Informe de sesión

Para mostrar la información de la Figura 136, primero se realiza una consulta sql para obtener los identificadores de reserva del sistema de reservas (*'booking_id'*) almacenados y activados (el usuario/estudiante ha accedido a la reserva) en la BBDD del sistema de reservas para el usuario/estudiante autenticado. Estos identificadores de reserva se muestran cronológicamente por filas en la tabla generada en pantalla (Figura 137). Con el identificador de reserva del sistema de reservas (*'booking_id'*) se genera el enlace para la generación del informe de sesión. Los identificadores de reserva (*'reservation_id'*) proporcionados por WebLab-Deusto, almacenados en la tabla *'weblabcomm'* de la BBDD, para el acceso autenticado al laboratorio remoto están vinculados a los identificadores de reserva (*'booking_id'*) del sistema de reservas. Por lo tanto, con una consulta sql a la tabla *'weblabcomm'* se obtienen los identificadores de reserva en WebLab-Deusto para la sesión

de prácticas. Este proceso se muestra en el ramal izquierdo de la Figura 138. Una vez extraídos los identificadores de reserva de WebLab-Deusto se puede proceder a la extracción de las *'requests'* almacenadas en WebLab-Deusto.

5.4.1.2. Informe de prácticas

Para mostrar la información de la Figura 137 inicialmente se requiere conocer a que cursos ha accedido el usuario/estudiante. Para ello, se realiza una consulta a la BBDD del sistema de reservas. Una vez conocidos los cursos, se lleva a cabo una consulta sobre la BBDD del entorno administrativo para estructurar las prácticas de cada curso en pantalla en el orden establecido por el equipo docente. Una vez obtenida la información según se muestra en la Figura 138 siguiendo el ramal derecho. Con los identificadores de experimento (*'experiment_id'*) se genera el enlace para la generación del informe de práctica. A partir de los identificadores de experimento se consulta la tabla *'weblabcomm'* del sistema de reservas y se extraen los identificadores de reserva generados por WebLab-Deusto. Una vez extraídos los identificadores de reserva de WebLab-Deusto se puede proceder a la extracción de las *'requests'* almacenadas en WebLab-Deusto.

5.4.2. Extracción de las *'requests'*

A partir del arreglo formado con los identificadores de reserva de WebLab-Deusto (*'reservation_id'*) se puede acceder a las *'request'* enviadas para cada identificador de reserva (*'reservation_id'*). En la Figura 139 se muestra el proceso simplificado de almacenamiento de los experimentos enviados por el usuario/estudiante.

Para cada identificador de reserva en WebLab-Deusto, se accede a los logs almacenados de la comunicación del servidor de experimento con el servidor de medida. Dentro de los logs pueden existir los siguientes casos de mensajes (algunos de ellos se han reducido sustituyendo el texto enviado/recibido por puntos suspensivos ya que no aportan información relevante para el almacenamiento de las *'request'*):

1. @@@initial::request@@@
2. {}
- 3.
4. {"url": "../web/visir/loader.swf", "circuits": [], "experiments": false, "cookie": "", "savedata", "teacher": false}
5. login
6. {"sessionkey": "1bd51ea755ee0cc3468ee0dc82eb80ea", "teacher": false}

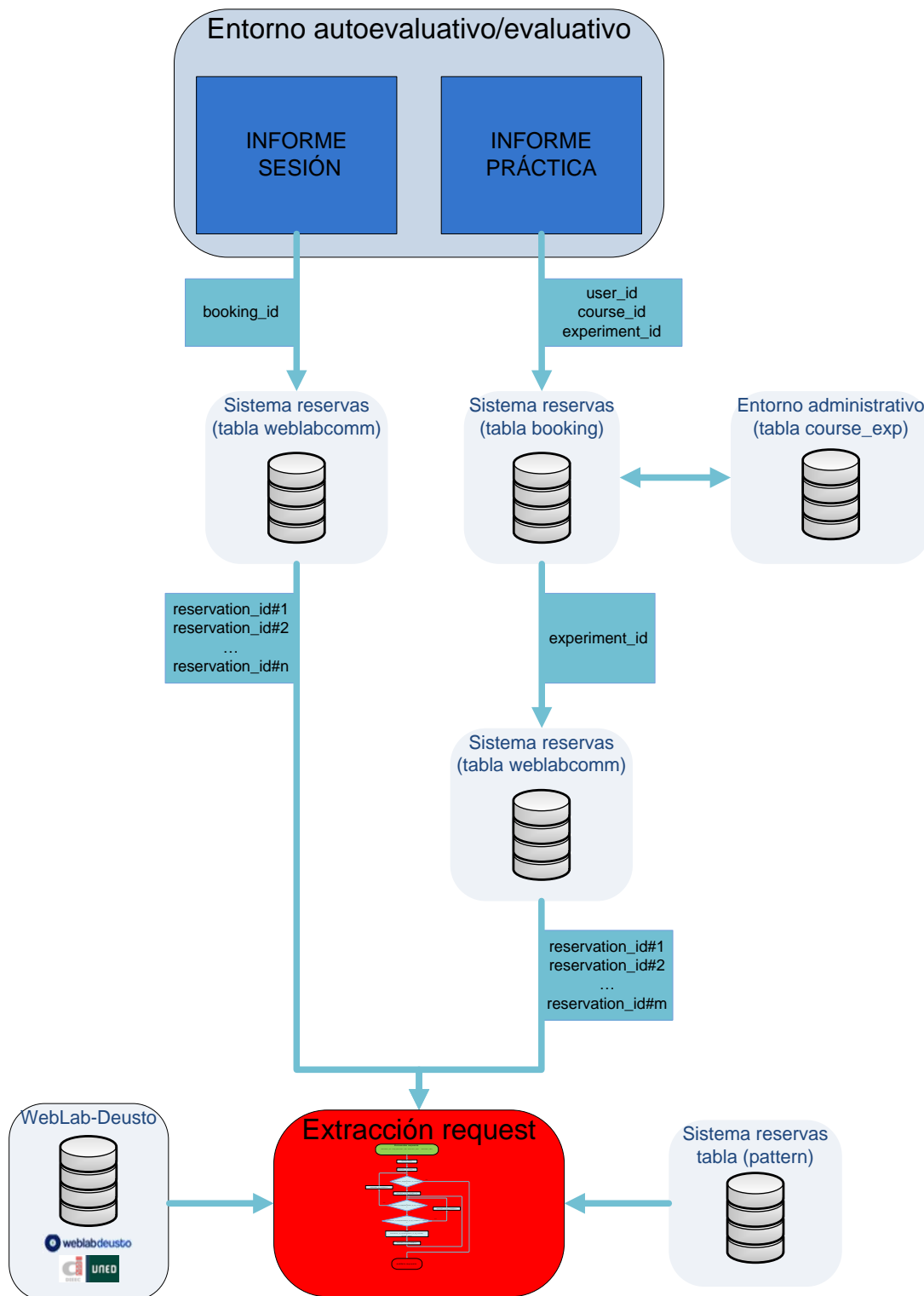


Figura 138. Obtención de los identificadores de reserva (reservation_id).

7. GIVE_ME_LIBRARY

8. `<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <components> <component type="R" value="1R" pins="2"> ... </component> </components>`

9. `<protocol version="1.3"><request sessionkey="1bd51ea755ee0cc3468ee0dc82eb80ea ... </request></protocol>`

10. <protocol version="1.3"> <response> ... </response> </protocol>
11. @@@finish@@@
12. None

De las 12 posibilidades solo es relevante la información contenida en el tipo 9 (*'request'*). Las instrucciones 1 a 8 solo aparecen una vez para cada sesión y únicamente se muestran al acceder al laboratorio remoto, cargando los equipos, instrumentos y componentes autorizados para la práctica. Las 11 y 12 únicamente generan una única entrada al cerrar la sesión. Por lo tanto, las instrucciones más repetidas, en general, son la 9 (*'request'*) y 10 (*'response'*).

El proceso seguido se muestra en la Figura 139 para cada identificador de reserva en WebLab-Deusto, se recorre cada entrada en el log. Si dicha entrada corresponde a una *'request'*, se comprueba si existe un duplicado en el arreglo de *'request'* (*array_request*), en caso de existir un duplicado, se desecha la *'request'* actual y se analiza la siguiente entrada en el log; en caso contrario se almacena.

Una vez que se han recorrido todos los logs para el identificador de reserva de WebLabDeusto, se comprueba si existen más identificadores de reserva. En caso de no existir más se da por concluido el almacenamiento de las *'request'*.

Con este proceso se evita el análisis de *'request'* duplicadas ya que es una práctica común la realización de varias solicitudes sobre el mismo montaje y configuración de los equipos. Este comportamiento reiterativo genera entradas en el log duplicadas, las cuales carece de interés analizarlas ya que quedan cubiertas con el análisis sobre la primera *'request'* idéntica solicitada.

Una vez que el proceso de generación del arreglo de *'request'* únicas se ha creado, se procede a su preprocesamiento.

5.4.3. Preprocesamiento de las *'requests'*

Una vez que todas las *'request'* singulares se han extraído de los logs, se lleva a cabo el proceso mostrado en la Figura 140.

Inicialmente, con el identificador de curso (*'course_id'*) y el identificador de experimento (*'experiment_id'*), se lleva a cabo una consulta a la BBDD del entorno administrativo para obtener los patrones modelo del experimento a contrastar y el orden de cada experimento dentro de la práctica (*'checkpoint'*).

Para cada patrón modelo de la práctica se recoge la información almacenada en la BBDD de los patrones modelo y se formatea la información almacenada. Una vez que no existen más patrones modelo para la práctica se completa el informe.

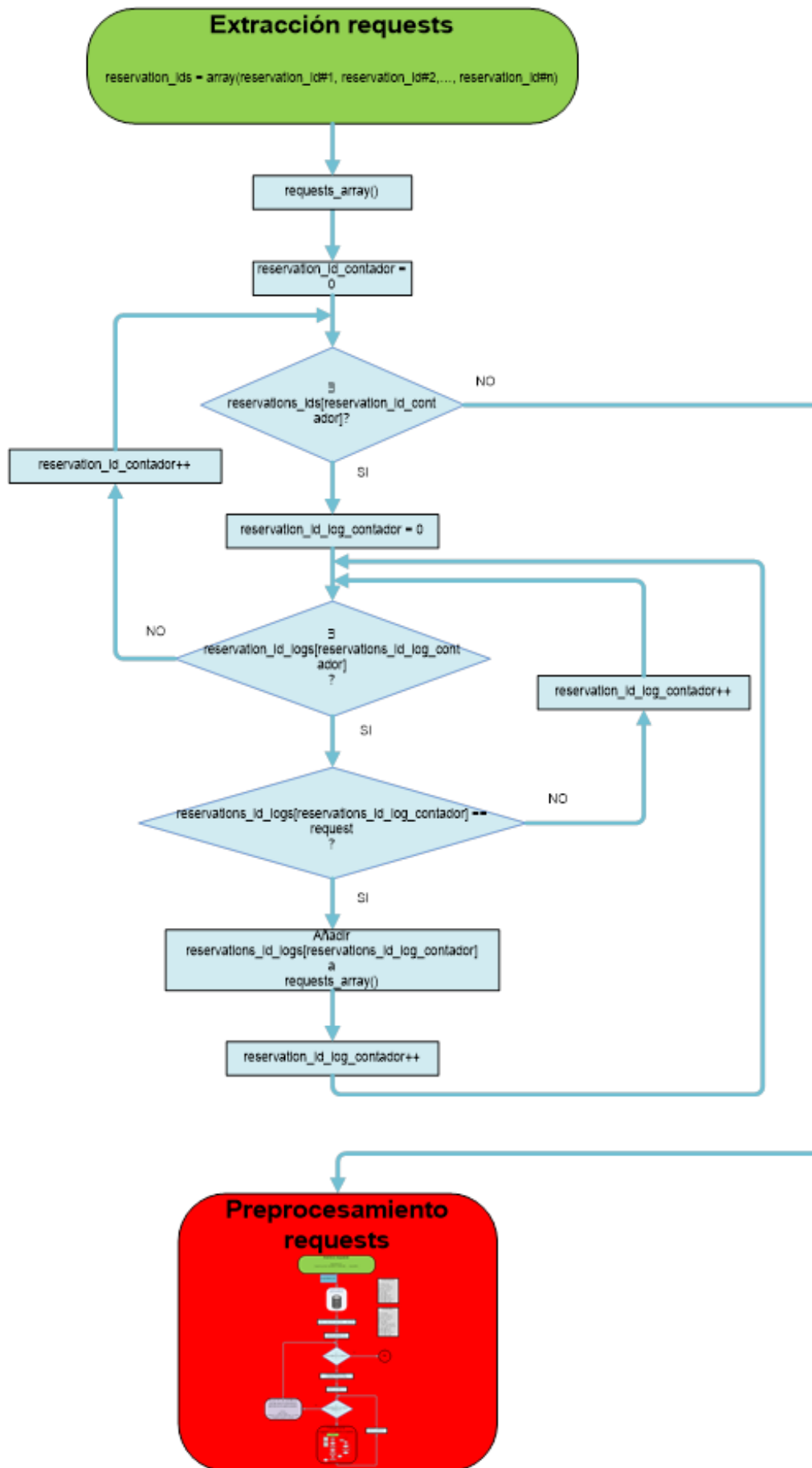


Figura 139. Extracción de las 'requests'.

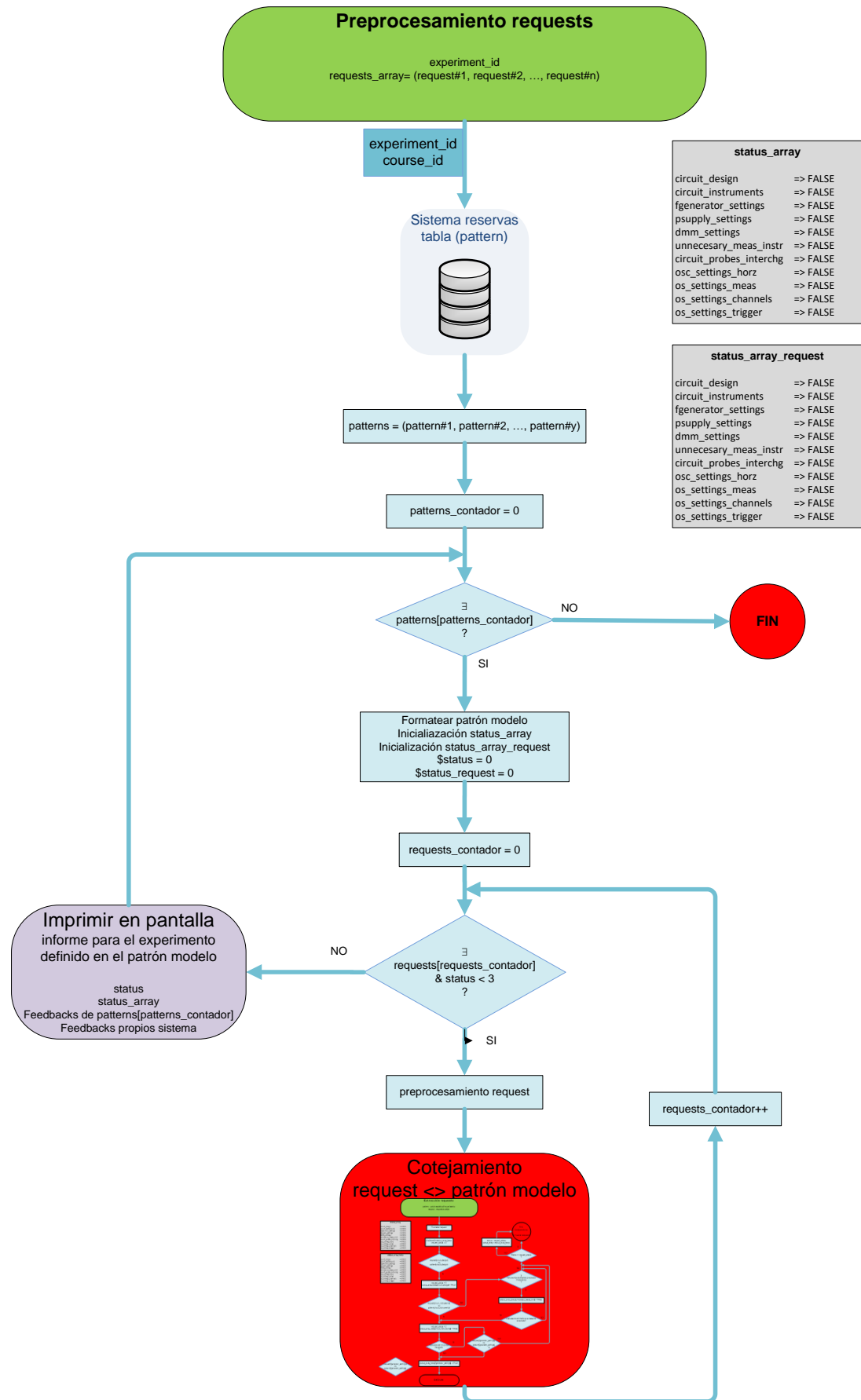


Figura 140. Preprocesamiento de las 'requests'.

Con el patrón modelo formateado en la forma descrita en el capítulo 0, se obtienen 5 subpatrones:

- Subpatrón modelo para el montaje del circuito. Formado por un único campo más la realimentación del equipo docente.
- Subpatrón modelo para la configuración del generador de funciones. Está formado por 3 campos: valores nominales, valores máximos y valores mínimos más la realimentación del equipo docente. Por otro lado, incluye un parámetro para indicar si la configuración del generador de funciones debe ser evaluable en el cotejamiento.
- Subpatrón modelo para la configuración de la fuente de alimentación. Está formado por 3 campos: valores nominales, valores máximos y valores mínimos más la realimentación del equipo docente, común para las tres fuentes (+25 V, -25 V y 6 V). Por otro lado, incluye un parámetro para cada fuente indicando si la configuración de cada una de ellas debe ser evaluable.
- Subpatrón modelo para la configuración del polímetro. Formado por un único campo más la realimentación del equipo docente.
- Subpatrón modelo para la configuración del osciloscopio A su vez, está formado por:
 - Subpatrón modelo para la configuración de la escala horizontal. Está formado por 3 campos: valores nominales, valores máximos y valores mínimos además de la realimentación del equipo docente. Por otro lado, incluye un parámetro para indicar si la configuración debe ser evaluable en el cotejamiento.
 - Subpatrón modelo para la configuración de los canales. Está formado por 3 campos: valores nominales, valores máximos y valores mínimos además de la realimentación del equipo docente, común para ambos canales. Por otro lado, incluye un parámetro para indicar si la configuración debe ser evaluable en el cotejamiento.
 - Subpatrón modelo para la configuración del trigger. Está formado por 3 campos: valores nominales, valores máximos y valores mínimos además de la realimentación del equipo docente. Por otro lado, incluye un parámetro para indicar si la configuración debe ser evaluable en el cotejamiento.
 - Subpatrón modelo para la configuración del menú de medidas. Formado por un único campo más la realimentación del equipo

docente. Por otro lado, incluye un parámetro para indicar si la configuración debe ser evaluable en el cotejamiento.

Una vez se reconstruido el patrón modelo para el experimento, se procede al preprocesamiento de las *'request'* (Figura 140). Se recorre el arreglo de *'requests'* (*'array_request'*) hasta que se alcanza el valor 3 en la variable discreta *'status'* (Tabla 43), lo que significa que el usuario/estudiante ha completado el experimento correctamente, o hasta que no quedan más *'requests'* que analizar. Para el cotejamiento de cada patrón modelo o experimento se requieren 4 variables muy similares dos a dos. Una pareja de estas variables se encarga de establecer el mejor experimento llevado a cabo por el usuario/estudiante para el patrón modelo que se está cotejando; Otra pareja de variables se encarga de almacenar los mismos parámetros, pero para la *'request'* que se está analizando:

- Una variable denominada *'status'*, cuya función es almacenar el nivel del mejor experimento realizado para el patrón modelo.
- Un arreglo de variables booleanas denominado *'status_request'*, cuya función es almacenar el nivel alcanzado por la *'request'* que se está cotejando.
- Un arreglo de variables denominado *'array_status'*, cuya función es almacenar los parámetros cumplidos por el mejor experimento llevado a cabo por el usuario/estudiante.
- Un arreglo de variables booleanas denominado *'array_status_request'*, encargado de almacenar los parámetros cumplidos la *'request'* que se está cotejando.

Se analizará más adelante el comportamiento de estos parámetros en el cotejamiento, pero se puede resumir que en el caso de que *'status_request'* sea mayor que *'status'*, los parámetros de *'array_status'* se sobrescriben con los contenidos en *'array_status_request'*. En el caso de que *'status_request'* sea igual que *'status'* también se sobrescribe *'array_status'* ya que se considera el último intento como el mayor acercamiento al patrón modelo (sólo es posible llegar a esta comparación en el caso que no se haya encontrado una *'request'* que cumpla el patrón modelo, por lo tanto, ambas variables, *'status_array'* y *'status_array_request'* contienen errores). En el caso de que *'status_request'* sea menor que *'status'* no se lleva a cabo ninguna operación. En cualquier caso, como se ha señalado anteriormente, en el momento en el que la variable *'status'* alcance el valor 3 (Tabla 43) se da por finalizado el cotejamiento ya que el usuario/estudiante ha completado el experimento satisfactoriamente.

Una vez que se dan las condiciones para considerar completado el cotejamiento de un patrón modelo (Figura 140), se imprime el resultado en pantalla de la forma que se especifica en el apartado 5.4.5 y se pasa al siguiente patrón modelo.

El preprocesamiento de cada *'request'* se lleva a cabo de la misma forma que se realiza para el patrón modelo, pero, evidentemente, sin los parámetros para la evaluación en el cotejamiento ni los campos de tolerancia en la configuración para valores máximos y mínimos.

5.4.4. Cotejamiento de la *'request'*

Una vez preprocesada la *'request'* se puede pasar a cotejarla con el patrón modelo establecido por el equipo docente. Este proceso se muestra de forma simplificada en la Figura 141 y su continuación en la Figura 142.

La función de la variable *'status'* y *'status_request'* es la de categorizar el experimento según las directrices establecidas en el patrón modelo, para el mejor resultado alcanzado mientras existen *'request'* no analizadas y para la *'request'* que se está analizando en ese preciso momento. La función de *'status_array'* y *'status_array_request'* es para obtener los variables que cumple la *'request'* que ha alcanzado el mejor *'status'* para el experimento especificado en el patrón modelo que se está evaluando y los parámetros que cumple la *'request'* que se está analizando respectivamente.

Ante de iniciar el análisis de un patrón modelo se inicializan las variables *'status'* y *'status_array'*. Al inicio del cotejamiento de una *'request'*, se inicializan *'status_request'* y *'status_array_request'*.

5.4.4.1. Premisas para el cotejamiento

Existen más rutinas a la hora de cotejamiento de una *'request'* frente al patrón modelo, algunas de ellas suponen simplificaciones o atajos en el proceso mostrado, otras, sin embargo, requieren de más pasos entre bloques. Sin embargo, para mostrar el funcionamiento del cotejamiento, el proceso mostrado en la Figura 141 y en la Figura 142 es suficientemente descriptivo y cubre el proceso básico en el que las simplificaciones no son viables y no existen condicionamientos particulares.

Para el cotejamiento de una *'request'* frente a un patrón modelo se parte de las siguientes premisas mostradas en la Tabla 43, establecidas en el siguiente orden:

- Si el montaje del circuito (componentes y fuentes empleadas en el montaje) no están correctamente establecido (componentes y fuentes no están correctamente interconectados), se considera que el experimento no se ha

llevado a cabo correctamente y se establece un *'status_request'* '0', con todas las variables del *'array_status_request'* fijadas a *'FALSE'*. En este caso, el *'array_status_request'* carece de interés.

- Si el montaje del circuito (componentes y fuentes empleadas en el montaje) se ha establecido correctamente y el/los instrumento/s de medida (polímetro o/y osciloscopio) no se ha/n conectado en los nudos establecidos no se considera el experimento correctamente y el *'status_request'* establecido es '1'. Para las sondas del osciloscopio es indiferente si se han intercambiado respecto a la configuración establecida en el patrón modelo, sin embargo, si las puntas del polímetro se han conectado en los nudos correctos, pero intercambiadas respecto al patrón modelo, se considera que se han conectado de manera incorrecta. Esta apreciación se debe a la interpretación correcta de los sentidos de la corriente y caídas de tensión (especialmente en cc). En cualquier caso, esta consideración se puede variar en un futuro a petición de los equipos docentes incluso particularizar como un parámetro más a la hora de la generación del patrón modelo.
- Si el montaje del circuito (componentes y fuentes empleadas en el montaje) se ha establecido correctamente y el/los instrumento/s de medida requeridos en el patrón modelo (polímetro o/y osciloscopio) se ha/n conectado en los nudos establecidos, con las salvedades fijadas anteriormente se establece un *'status_request'* de valor '2'. En este caso se evalúan todas las configuraciones de los equipos e instrumentos empleados en el patrón modelo, y se analizan los valores de las variables booleanas del arreglo *'array_status_request'* según está establecido en el patrón modelo. Si alguna de ellas es errónea: no tiene el valor nominal establecido en el patrón modelo o, en el caso de existir, se sale de los límites establecidos por las tolerancias del patrón modelo; se establece un *'status_request'* de valor '2' y se establecen los valores de las variables booleanas del arreglo *'array_status_request'* según corresponda. Si todos los parámetros están dentro de las configuraciones admisibles en los equipos e instrumentos, el *'status_request'* pasa a valor '3' y todos los parámetros del arreglo *'array_status_request'* a valor *'TRUE'*.

5.4.4.2. Proceso del cotejamiento

El cotejamiento de la *'request'*, una vez procesada y gestionada según se indica en el capítulo 4, se muestra de forma simplificada en las figuras en la Figura 141 y en la Figura 142.

5.4.4.2.1. Cotejamiento directo

Inicialmente, se comprueba si los arreglos de los valores nominales del patrón modelo y *'request'* son iguales sin entrar a valorar otro tipo variables. En este caso, si el montaje y la configuración de todos los equipos e instrumentos llevado a cabo por el usuario/estudiante es análogo a la empleada por el equipo docente al crear el patrón modelo nominal, el experimento es correcto y, por lo tanto, se establece *'status'* al valor máximo '3' y se sale del cotejamiento de la *'request'*. El proceso a partir de ese punto se muestra en Figura 140, donde, al haber alcanzado el *'status'* '3' para el experimento especificado en el patrón modelo, se pasa a imprimir en pantalla y, en caso de existir, al siguiente patrón modelo que refleje un nuevo experimento.

5.4.4.2.2. Cotejamiento modular

En el caso de que no se cumpla satisfactoriamente el cotejamiento directo, representado en el primer bloque condicional de la Figura 141, puede significar que exista alguna discrepancia entre el experimento llevado a cabo por el usuario/estudiante pero no obligatoriamente. Puede ser que el experimento sea distinto pero análogo al patrón modelo (sondas del osciloscopio intercambiadas, valores dentro de los límites fijados por el docente, pero no los nominales, etc.). En este caso, se pasa a evaluar las distintas variables del patrón modelo ya que pueden existir distintas variables que resulten en un experimento análogo al establecido por el equipo docente en el patrón modelo alcanzando el nivel 3 para la variable discreta *'status'*.

5.4.4.2.2.1. Cotejamiento del montaje

El siguiente paso evalúa si el montaje del circuito (componentes y fuentes) está correctamente configurado. El preprocesamiento en la *'request'* para obtener el montaje equivalente al establecido por el equipo docente se construye de la misma forma que el patrón modelo.

En caso negativo el análisis se detiene y no se produce ninguna variación en la variable *'status_request'* ni en el arreglo *'status_array_request'*, sus valores son los establecidos en la inicialización de las variables y se finaliza el cotejamiento. En caso positivo, se actualizan las variables del experimento realizado, *'status_request'* obtiene el valor '1' y la variable *'circuit_design'* de *'status_array_request'* pasa a valor *'TRUE'*.

5.4.4.2.2.2. Cotejamiento de la conexión de los instrumentos de medida

Una vez cotejado el montaje del circuito, y en caso de que el resultado haya sido positivo, se pasa a evaluar la conexión de los instrumentos de medida. Por norma, cada patrón modelo debería tener únicamente un instrumento de medida ya que cada experimento requiere un instrumento de medida. Sin embargo, está contemplada la

posibilidad de conectar ambos. Para su cotejamiento se pueden dar 4 escenarios a la hora de cotejar el arreglo de instrumentos:

- Los instrumentos están conectados tal y como el patrón modelo especifica. En este caso la variable *'status_request'* pasa a valor *'2'* y la variable *'circuit_instruments'* del arreglo *'status_request_array'* pasa a valor *'TRUE'*, finalizando de esta forma el cotejamiento de los instrumentos de medida.
- Los instrumentos no están conectados o no están conectados a los nudos especificados por el equipo docente en el guion de prácticas y, por lo tanto, no son los que el patrón modelo tiene establecidos. En este caso, el *'status_request'* queda con el valor almacenado en el paso anterior, *'1'*, y se compara con el valor de la variable discreta global del experimento *'status'* para almacenar el experimento que más se aproxime al patrón modelo.
- Otra posibilidad sería aquella en las que las sondas del osciloscopio estén intercambiadas. Este escenario no se ve reflejado en la Figura 141. Sin embargo, una de las variables de los arreglos *'status_array'* y *'status_array_request'* está reflejada este escenario con la variable *'circuit_probes_interchg'*. De esta forma se puede tener en cuenta a la hora de analizar la configuración del osciloscopio ya que todas las variables estarán intercambiadas entre el canal 1 y canal 2. En el caso de que las sondas del osciloscopio estén correctamente conectadas pero intercambiadas respecto al patrón modelo, las variables *'status_request'* y *'circuit_instruments'* y *'circuit_probes_interchg'* del arreglo *'status_request_array'* se actualizan a *'2'*, *'TRUE'* y *'TRUE'*, respectivamente.
- Los instrumentos están conectados, pero hay más instrumentos conectados al montaje de los especificados en la guía de prácticas y, por tanto, en el patrón modelo. Este escenario puede suceder cuando el usuario/estudiante ha conectado uno de los instrumentos para un experimento anterior, por ejemplo, el polímetro, y para el siguiente experimento requiere el uso del otro instrumento de medida, el osciloscopio, dejando el primero conectado a pesar de que no lo requiera el experimento. El experimento puede estar realizado de forma correcta ya que el hecho de tener conectado más instrumentos no afecta al funcionamiento ni a las lecturas requeridas en el patrón modelo. En este escenario el cotejamiento directo del arreglo de instrumentos del experimento del usuario/estudiante, generado tras el procesamiento de la *'request'*, con el patrón modelo provocaría un resultado incorrecto del experimento. Por ello, en caso de que el cotejamiento directo de los instrumentos conectados dé como resultado incorrecto, se debe analizar si

existen más instrumentos conectados al montaje de los especificados por el equipo docente. Si el usuario/estudiante ha conectado más instrumentos de medida de los requeridos, la variable *'unnecessary_meas_instr'* se pone *'TRUE'* y se evalúan aquellos nudos en los que están conectados los instrumentos de medida requeridos. Si el usuario/estudiante ha conectado los equipos requeridos correctamente, el valor de la variable *'status_request'* pasa a valor '2 y la variable *'circuit_instruments'* del arreglo *'status_request_array'* pasa a valer *'TRUE'*. En este escenario también es posible lo reflejado en el escenario anterior, que las sondas del osciloscopio estén intercambiadas, en cuyo caso se engloba la estructura implementada en el escenario anterior.

5.4.4.2.2.3. Cotejamiento de la configuración de equipos e instrumentos

Una vez cotejada la conexión de los instrumentos de medida al montaje del circuito, en caso satisfactorio, se pasa a comprobar la configuración de los equipos e instrumentos. El orden seguido (generador de funciones, fuentes de alimentación, polímetro y osciloscopio) es indiferente ya que todos aquellos que han sido marcados como "evaluables" por el equipo docente han de ser cotejados. En cualquiera de ellos primeramente se comprueba si es requerido su empleo según establece el patrón modelo. En caso de que no sea necesario, la variable booleana correspondiente del *'status_array_request'* se establece a *'TRUE'*.

5.4.4.2.2.4. Cotejamiento del generador de funciones

El cotejamiento del generador de funciones comienza con la extracción del parámetro booleano de necesidad de evaluación de la configuración del generador de funciones almacenado en el patrón modelo. En caso positivo se evalúa la configuración de los parámetros del generador de funciones. Si el resultado se ajusta a los parámetros establecidos en el patrón modelo (valor nominal o tolerancias de los valores máximos y mínimos), se considera correcta la configuración del generador de funciones y la variable *'fgenerator_settings'* del *'status_array_request'* se actualiza a valor *'TRUE'*. En caso de que el generador de funciones sea requerido para el experimento, pero la configuración establecida por el usuario/estudiante no se ajuste a la configuración fijada por el equipo docente en el patrón, la variable *'fgenerator_settings'* se queda con el valor de la inicialización del arreglo (*'FALSE'*).

5.4.4.2.2.5. Cotejamiento de la fuente de alimentación

El cotejamiento de la fuente de alimentación comienza con la extracción de los 3 parámetros booleanos de necesidad de evaluación de la configuración de cada una de las fuentes disponibles (+25 V, -25 V y 6 V) almacenados en el patrón modelo. En caso

positivo se evalúa la configuración de los parámetros de las fuentes requeridas. Si el resultado se ajusta a los parámetros establecidos en el patrón modelo (valor nominal o tolerancias de los valores máximos y mínimos), se considera correcta la configuración de la fuente de alimentación y la variable *'psupply_settings'* del *'status_array_request'* se actualiza a valor *'TRUE'*. En caso de que alguna de las fuentes sea requerida para el experimento, pero la configuración establecida por el usuario/estudiante no se ajuste a la configuración fijada por el equipo docente en el patrón, la variable *'psupply_settings'* se queda con el valor de la inicialización del arreglo (*'FALSE'*).

5.4.4.2.2.6. Cotejamiento del polímetro

Para el cotejamiento de la configuración del polímetro, se evalúa inicialmente si es necesario su empleo mediante el parámetro booleano almacenado en el patrón modelo. El polímetro no posee ningún parámetro que permita tolerancias máximas y mínimas, ya que se trata de una variable cualitativa policotómica. Si el experimento requiere su empleo, se coteja la *'request'* procesada con el patrón modelo. Si la configuración es correcta, la variable *'dmm_settings'* del *'status_array_request'* se actualiza a valor *'TRUE'*, en caso contrario su valor no se altera.

5.4.4.2.2.7. Cotejamiento del osciloscopio

El cotejamiento del osciloscopio se divide en 4 bloques que siguen un tratamiento similar con determinadas particularidades impuestas por la información disponible en cada bloque. En la Figura 142 se representa en un cuadro el cotejamiento para la característica de la escala horizontal. El proceso básico para el resto de bloques del osciloscopio es análogo en esencia.

Por otro lado, hay que tener en cuenta si la variable booleana *'circuit_probes_interchg'* del arreglo *'status_array_request'* tiene almacenado el valor *'TRUE'* ya que esto significa que, para los bloques en los que entre en juego la configuración de los dos canales disponibles, se debe tener en cuenta. esta variable no afecta a la escala horizontal, por ello en la Figura 142 está la variable booleana, *'circuit_probes_interchg'*, se evalúa aguas abajo del análisis del resto de bloques del osciloscopio, lo cuales si están afectados por dicha variable.

5.4.4.2.2.7.1. Escala horizontal

Inicialmente se comprueba si se trata de un requisito, incluido en el patrón modelo, el cotejamiento de la escala horizontal para obtener una visualización en la pantalla del osciloscopio acorde a las especificaciones expresadas por el equipo docente. En caso positivo se compara el patrón modelo con la *'request'* procesada. Si el equipo docente no ha considerado necesario esta característica del osciloscopio como necesaria o si, considerándola necesaria, el cotejamiento da como resultado correcto: igual al valor

nominal o dentro del rango de los valores máximo y mínimo proporcionado por el equipo docente; la variable booleana *'osc_settings_horz'* del *'status_array_request'* se actualiza a valor *'TRUE'*. En caso contrario continua con el valor *'FALSE'* proporcionado en la inicialización del arreglo *'status_array_request'*.

5.4.4.2.2.7.2. Canales

Una vez comprobada la variable booleana *'circuit_probes_interchg'* del arreglo *'status_array_request'* y realizadas las modificaciones necesarias para el correcto cotejamiento, se pasa a cotejar los canales del osciloscopio. Si el cotejamiento ofrece un resultado correcto o el equipo docente no lo ha considerado como requisito para el experimento, la variable booleana *'osc_settings_channels'* del *'status_array_request'* se actualiza a valor *'TRUE'*, en caso contrario se mantiene el valor de inicialización *'FALSE'* de la variable booleana *'osc_settings_channels'*.

5.4.4.2.2.7.3. Trigger

El proceso es completamente análogo al seguido para la escala horizontal con los parámetros particulares del trigger. Si el cotejamiento ofrece un resultado correcto o el equipo docente no lo ha considerado como requisito para el experimento, la variable booleana *'osc_settings_trigger'* del *'status_array_request'* se actualiza a valor *'TRUE'*, en caso contrario se mantiene el valor de inicialización *'FALSE'* de la variable booleana *'osc_settings_trigger'*.

5.4.4.2.2.7.4. Menú de medidas

El menú de medidas es ligeramente distinto al resto de variables del osciloscopio ya que las variables son cualitativas: amplitud, valor eficaz, valor medio, etc. Además, se pueden solicitar 3 medidas distintas en cualquiera de los dos canales para cada *'request'*. Se consideran los siguientes supuestos:

- Si las sondas del osciloscopio están intercambiadas no debe afectar a la corrección de la configuración del menú de medidas del osciloscopio.
- Si el orden establecido por el usuario/estudiante en la *'request'* (por ejemplo, medida1: valor eficaz; medida2: valor máximo; medida3: valor medio) es distinto al establecido por el equipo docente en el patrón modelo (siguiendo el ejemplo anterior, medida1: canal1 valor medio; medida2: canal1 valor máximo; medida3: canal1 valor eficaz), tampoco debe afectar a la corrección de la configuración del menú de medidas del osciloscopio.
- Si el patrón modelo contempla menos de 3 parámetros a medir en el menú de medidas (por ejemplo, medida1: canal1 valor eficaz; medida2: canal2 valor máximo) y el usuario/estudiante solicita 3, siendo 2 de ellas las solicitadas por el equipo docente (siguiendo el ejemplo anterior, medida1:

canal1 valor eficaz; medida2: canal2 valor máximo; medida3: canal2 valor eficaz) el cotejamiento del menú de medidas debe proporcionar como resultado correcto.

- Por otro lado, puede existir un escenario en el que el equipo docente incluya 2 o 3 medidas a realizar en un patrón modelo y que el usuario/estudiante las lleve a cabo, pero realizando varias *'request'*. En este caso, el sistema no está configurado para detectar este supuesto ya que cada experimento descrito en el patrón modelo debe ajustarse a una única *'request'*. Por ello, se recomienda a los equipos docentes que, en el caso de que deseen varias medidas desde el menú de medidas, se configuren cada una de ellas como un experimento único (un patrón modelo para cada una de ellas) o que adviertan en la guía de prácticas de este hecho.

Con los supuestos expuestos, se evalúa medida a medida independientemente teniendo en cuenta la variable booleana *'circuit_probes_interchg'* del arreglo *'status_array_request'*. Cuando todas las medidas del patrón modelo se han encontrado en la *'request'* procesada del usuario/estudiante, se considera correcto la configuración del usuario/estudiante. Si el cotejamiento ofrece un resultado correcto o el equipo docente no lo ha considerado como requisito para el experimento, la variable booleana *'osc_settings_meas'* del *'status_array_request'* se actualiza a valor *'TRUE'*, en caso contrario se mantiene el valor de inicialización *'FALSE'* de la variable booleana *'osc_settings_meas'*.

5.4.4.2.3. Almacenamiento

Una vez completado el cotejamiento modular, se analizan todas las variables del arreglo *'status_array_request'*. Dado que, para analizar las configuraciones de los equipos e instrumentos se requiere un valor en la variable discreta *'status'* de valor 2 en la Figura 142, se analizan todas las variables booleanas del arreglo *'status_request_array'*: *'fgenerator_settings'*, *'psupply_settings'*, *'dmm_settings'*, *'osc_settings_horz'*, *'osc_settings_meas'*, *'osc_settings_channels'* y *'osc_settings_trigger'*. En caso de que todas ellas tengan el valor *'TRUE'* se establece el valor *'3'* en la variable discreta *'status'* y se finaliza el cotejamiento del patrón modelo ya que se ha completado el experimento satisfactoriamente. En caso de que alguna de ellas tenga el valor *'FALSE'* se establece el valor 2 en la variable discreta *'status_request'* y se compara con el valor de la variable global discreta *'status'*. Si la variable *'status'* ya tiene almacenado un *'2'* se cotejan el número de variables booleanas a *'TRUE'* del *'status_array'* con las del *'status_array_request'*. Si *'status_array_request'* tiene igual o mayor número de sus variables a *'TRUE'*, se actualiza el arreglo global *'status_array'* con los valores contenidos en

'*status_array_request*'; en caso contrario se mantienen los valores almacenados hasta que se encuentre una '*request*' que mejore dichos resultados o no existan más '*request*'.

5.4.5. Generación del informe

Finalizada el cotejamiento de las '*request*' para un determinado patrón modelo se imprime el resultado registrado en la variable discreta '*status*' y en las variables booleanas del arreglo '*status_array_request*' y, en caso de que exista, se pasa al siguiente patrón modelo, (Figura 140).

El comienzo de la impresión en pantalla del informe se basa en una estructura de control condicional de los valores almacenados en la variable discreta '*status*' (Figura 143). En función del valor obtenido en la estructura de control condicional se sigue uno de los procesos mostrados a continuación.

5.4.5.1. Montaje incorrecto ('*status*' 0)

Se imprime el '*status*' de color rojo según se indica en la Tabla 43. Dado que en este caso se desconoce si el usuario/estudiante ha intentado siquiera el montaje del circuito. En primer lugar, se proporciona la realimentación, en caso de existir, facilitado por el equipo docente en el patrón modelo. La realimentación del equipo docente se puede centrar en aspectos descriptivos del montaje, consideraciones teóricas y/o aspectos que considere oportunos. A continuación, se proporciona la realimentación general del sistema. La realimentación del sistema se centra en los aspectos técnicos de la protoboard virtual, como por ejemplo en la conexión de los equipos e instrumentos.

5.4.5.2. Instrumentos mal conectados ('*status*' 1)

Se imprime el '*status*' de color naranja según se indica en la Tabla 43. En este caso el usuario/estudiante ha interconectado correctamente los componentes y fuentes, pero los instrumentos (polímetros y/o osciloscopio) no están conectados o no están conectados a los nudos especificados en el patrón modelo. Hay que tener en cuenta que la permutación de las sondas del osciloscopio no se considera fallo, sin embargo, sí las puntas del polímetro. En este caso, la realimentación proporcionada es común al proporcionado para el montaje incorrecto ('*status*' 0). En definitiva, se trata de aspectos relacionados con el montaje del circuito en la protoboard simulada de VISIR.

5.4.5.3. Equipos y/o instrumentos mal configurados ('*status*' 2)

La variable discreta '*status*' tiene almacenado el valor '2', por lo tanto, se imprime el '*status*' de color amarillo según se indica en la Tabla 43. En este caso el usuario/estudiante ha realizado el montaje correctamente (componentes y fuentes) y ha conectado

correctamente los instrumentos (polímetros y/o osciloscopio). Sin embargo, no ha configurado correctamente al menos uno de los equipos o instrumentos empleados en el patrón modelo. En la Figura 143 se muestra el proceso para el generador de funciones.

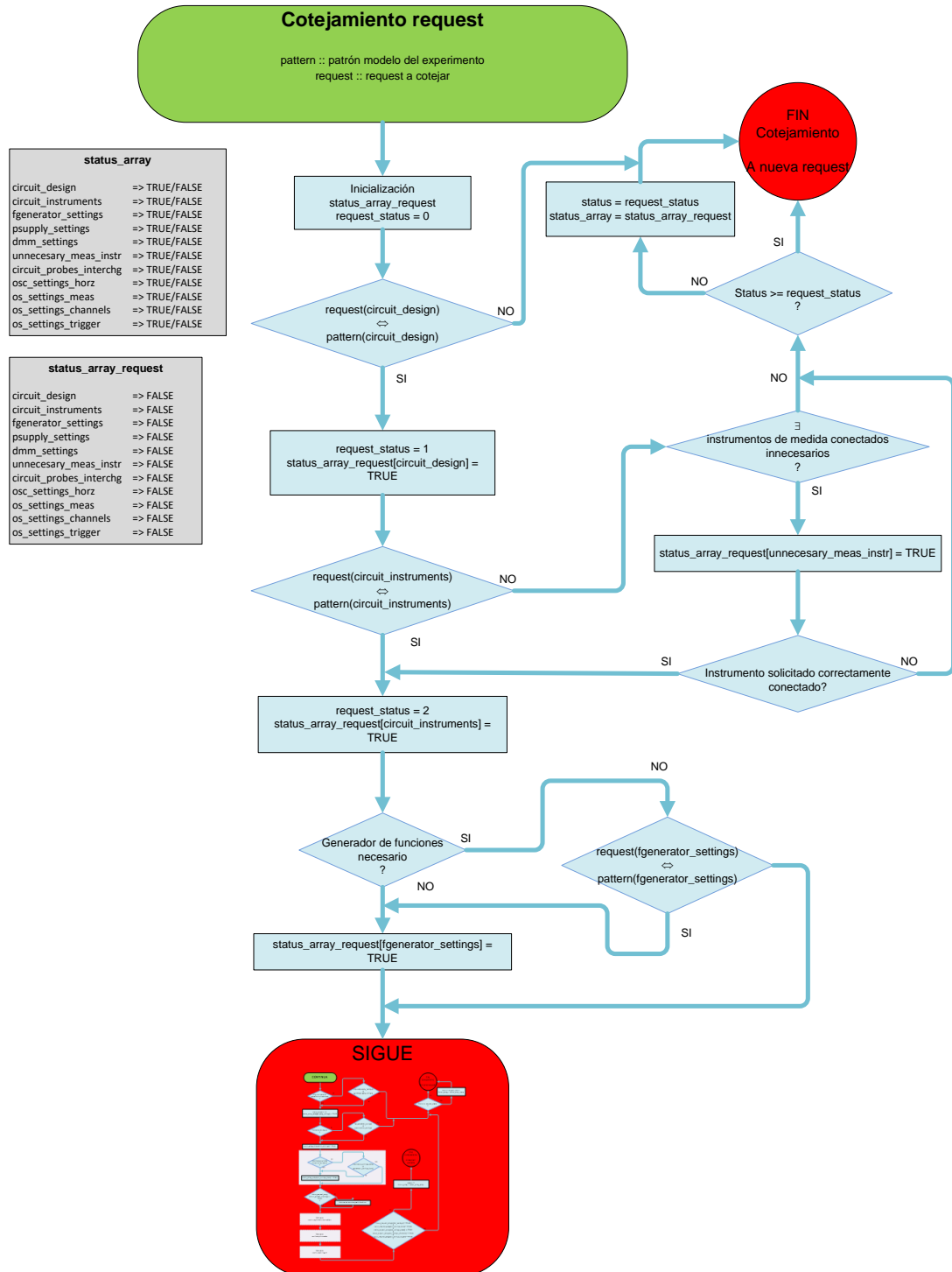


Figura 141. Cotejamiento 'requests' I.

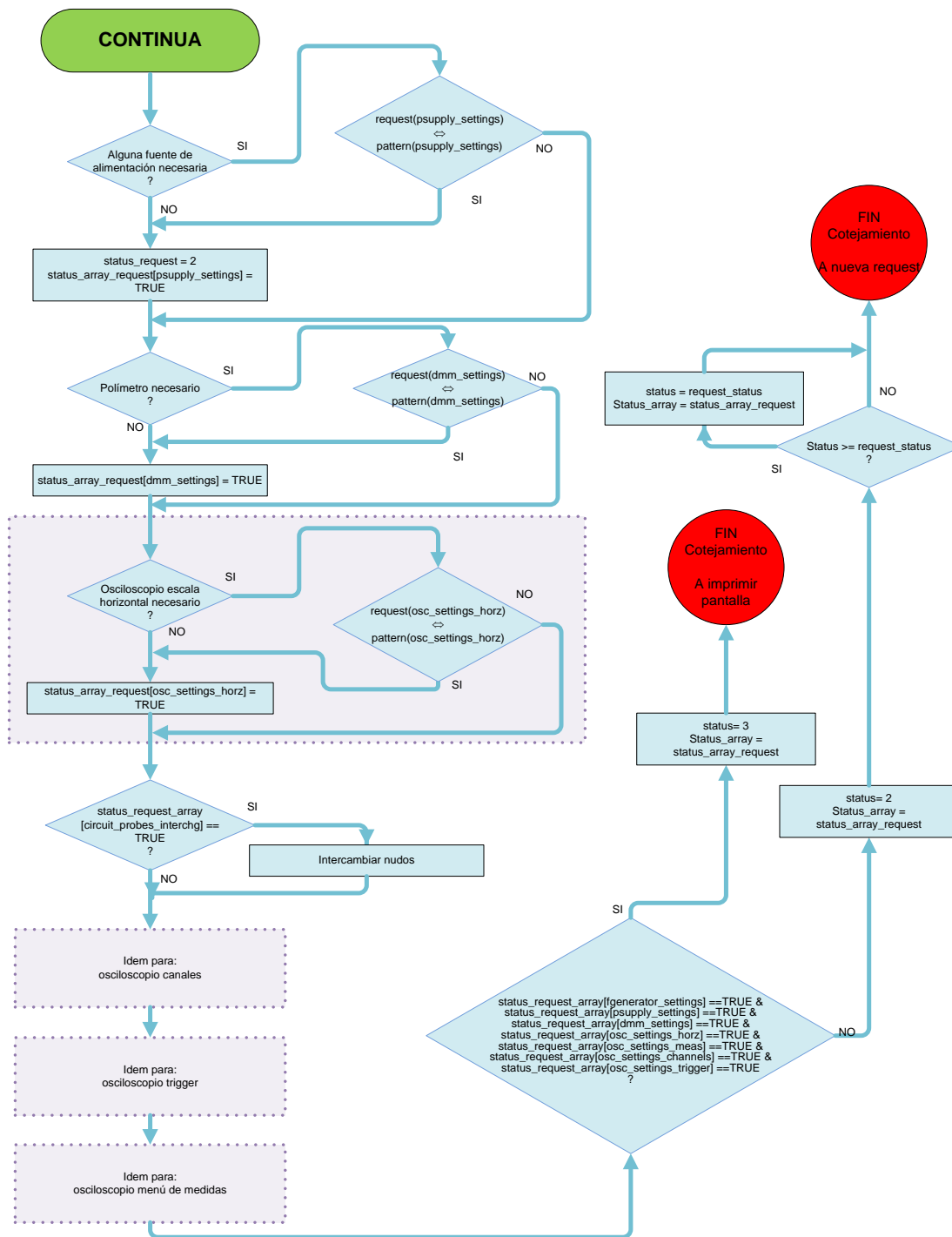


Figura 142. Cotejamiento 'requests' II.

Su estructura es análoga para el resto de bloques. En este caso existen 4 bloques principales a evaluar:

- Configuración del generador de funciones: Se evalúa si la variable booleana '*fgenerator_settings*' del arreglo '*status_array*' tiene almacenado su estado a '*TRUE*'. En caso afirmativo puede deberse a dos motivos: que el usuario/estudiante haya configurado correctamente el generador de funciones o que el patrón modelo no requiera el empleo del generador de

funciones. Con la variable booleana *'fgenerator_settings'* en *'TRUE'*, no se proporciona ninguna realimentación. En caso contrario, *'fgenerator_settings'* igual a *'FALSE'*, primeramente, y en caso de que el equipo docente lo haya considerado conveniente, se imprime la realimentación almacenada en el patrón modelo para la configuración del generador de funciones; a continuación, se proporciona la realimentación del sistema.

- Configuración de la fuente de alimentación: Se evalúa si la variable booleana *'psupply_settings'* del arreglo *'status_array'* tiene almacenado su estado a *'TRUE'*. En caso afirmativo puede deberse a dos motivos: que el usuario/estudiante haya configurado correctamente la fuente de alimentación o que el patrón modelo no requiera el empleo de la fuente de alimentación. Con la variable booleana *'psupply_settings'* en *'TRUE'*, no se proporciona ninguna realimentación. En caso contrario, *'psupply_settings'* igual a *'FALSE'*, primeramente, y en caso de que el equipo docente lo haya considerado conveniente, se imprime la realimentación almacenado en el patrón modelo para la configuración de la fuente de alimentación; a continuación, se proporciona la realimentación del sistema indicando la fuente o las fuentes que el patrón modelo requiere.
- Configuración del polímetro: Se evalúa si la variable booleana *'dmm_settings'* del arreglo *'status_array'* tiene almacenado su estado a *'TRUE'*. En caso afirmativo puede deberse a dos motivos: que el usuario/estudiante haya configurado correctamente el polímetro o que el patrón modelo no requiera el empleo del polímetro. Con la variable booleana *'dmm_settings'* en *'TRUE'*, no se proporciona ninguna realimentación. En caso contrario, *'dmm_settings'* igual a *'FALSE'*, primeramente, y en caso de que el equipo docente lo haya considerado conveniente, se imprime la realimentación almacenada en el patrón modelo para la configuración del polímetro; a continuación, se proporciona la realimentación del sistema.
- Configuración del osciloscopio: La configuración del polímetro se subdivide, a su vez, en 4 bloques que tienen cada uno de ellos su propio parámetro de requerimiento para el experimento, su propia realimentación opcional para el equipo docente y su propia realimentación del sistema:
 - Configuración de la escala horizontal. El proceso es análogo al seguido en los anteriores. Se evalúa si la variable booleana *'osc_settings_horz'* del arreglo *'status_array'* tiene almacenado su estado a *'TRUE'*. En caso afirmativo la funcionalidad del

- osciloscopio está configurada correctamente, en el caso que *'osc_settings_horz'* tenga almacenado *'FALSE'*, se imprime la realimentación almacenada en el patrón modelo para la configuración de la escala horizontal del osciloscopio; a continuación, se proporciona la realimentación del sistema.
- Configuración de los canales. El proceso es análogo al seguido en los anteriores. Se evalúa si la variable booleana *'osc_settings_channels'* del arreglo *'status_array'* tiene almacenado su estado a *'TRUE'*. En caso afirmativo la funcionalidad del osciloscopio está configurada correctamente, en el caso que *'osc_settings_channels'* tenga almacenado *'FALSE'*, se imprime la realimentación almacenada en el patrón modelo para la configuración de la escala horizontal del osciloscopio; a continuación, se proporciona la realimentación del sistema.
 - Configuración del trigger: El proceso es análogo al seguido en los anteriores. Se evalúa si la variable booleana *'osc_settings_trigger'* del arreglo *'status_array'* tiene almacenado su estado a *'TRUE'*. En caso afirmativo la funcionalidad del osciloscopio está configurada correctamente, en el caso que *'osc_settings_trigger'* tenga almacenado *'FALSE'*, se imprime la realimentación almacenada en el patrón modelo para la configuración de la escala horizontal del osciloscopio; a continuación, se proporciona la realimentación del sistema.
 - Configuración del menú de medidas: El proceso es análogo al seguido en los anteriores. Se evalúa si la variable booleana *'osc_settings_meas'* del arreglo *'status_array'* tiene almacenado su estado a *'TRUE'*. En caso afirmativo la funcionalidad del osciloscopio está configurada correctamente, en el caso que *'osc_settings_meas'* tenga almacenado *'FALSE'*, se imprime la realimentación almacenada en el patrón modelo para la configuración de la escala horizontal del osciloscopio; a continuación, se proporciona la realimentación del sistema.

5.4.5.4. Experimento correcto ('status' 3)

Si se ha alcanzado el valor 3 en la variable discreta *'status'* significa que el experimento realizado por el usuario/estudiante es correcto según los parámetros establecidos en el patrón modelo. En este escenario, únicamente recibirá en pantalla la realimentación del sistema.

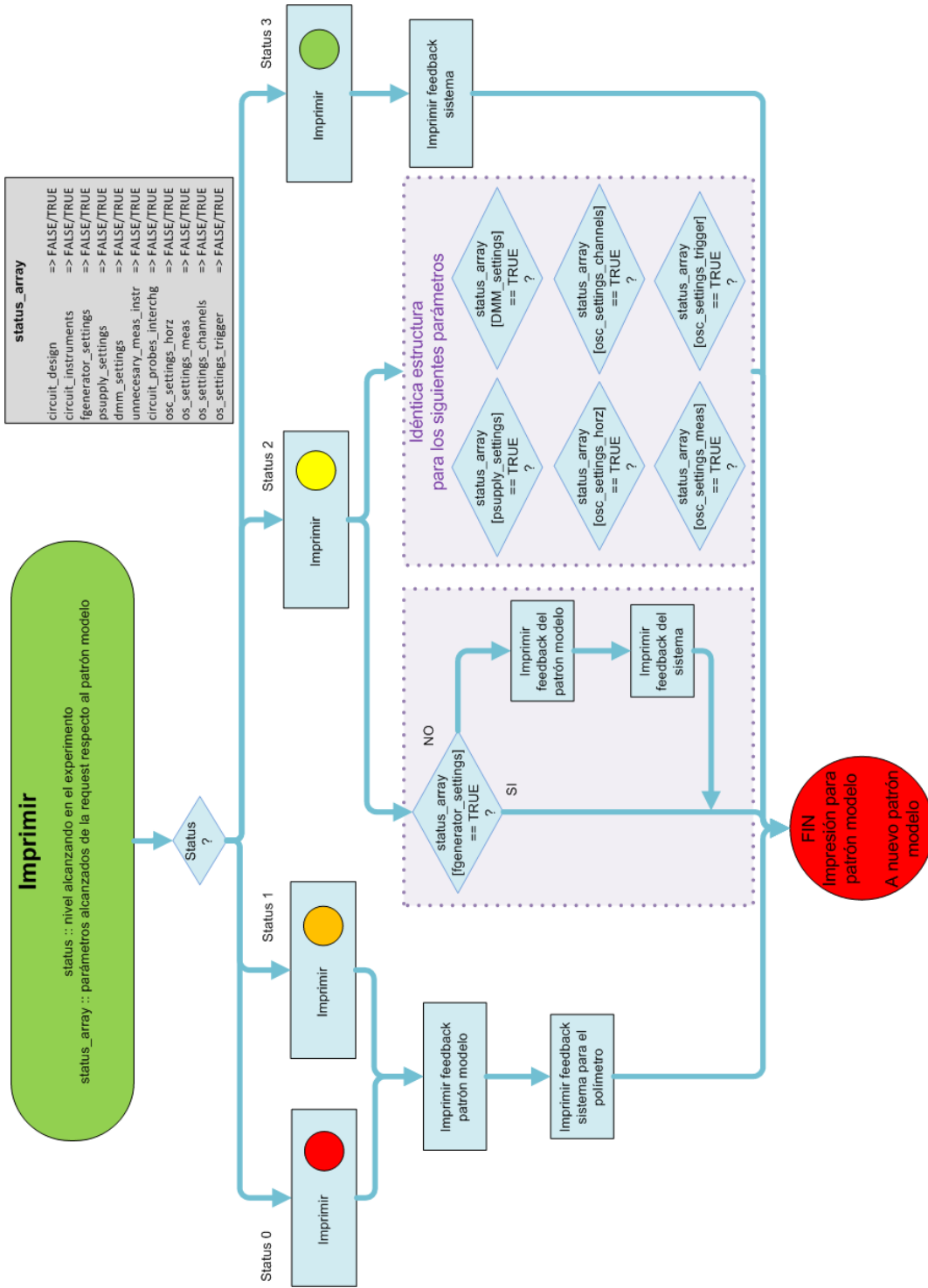


Figura 143. Generación del informe.

6. ENTORNO ADMINISTRATIVO

Fry: "Ehh, profesor... ¿Qué va a enseñar este semestre?"

Profesor: "Lo mismo que enseñé todos los semestres: Matemáticas de los campos cuánticos de neutrino... Le puse ese título para que nadie se atreviera a matricularse."

Futurama.

Este capítulo está dedicado al entorno administrativo para el almacenamiento del modelo que el equipo docente debe generar previamente a fin de dotar a los distintos cursos y prácticas del entorno autoevaluativo/evaluativo. La finalidad de estos modelos es la de ser contrastados posteriormente con la interacción llevada a cabo por el usuario/estudiante y la de proveer, además de las realimentaciones generales, realimentaciones específicas provistas por el equipo docente ante las distintas situaciones que se presenten en el experimento.

6.1. Introducción

A fin de evaluar la interacción en el laboratorio remoto del usuario/estudiante respecto a los objetivos pedagógicos establecidos por el Equipo Docente se requiere un/unos modelo/s con el/los que analizar la interacción. Este modelo se ha denominado "patrón modelo" y, una vez procesado, queda almacenado en la base de datos para su posterior uso por los usuarios/estudiantes.

El entorno de administración se hace necesario para la generación de los patrones modelo. Las funciones otorgadas son:

- Proporcionar herramientas administrativas.
- Designación de las prácticas que componen un curso.
- Organización de la jerarquía de las distintas prácticas dentro del curso.
- Añadir/Eliminar prácticas de un determinado curso.
- Reusar patrones modelo de una práctica de un determinado curso para una práctica de otro curso.
- Generación de patrones modelo.

Las herramientas administrativas tienen como finalidad la definición, clasificación y estructuración de un curso dentro del entorno autoevaluativo/evaluativo.

El patrón modelo se construye a partir de la *'request'* enviada por el cliente web al servidor de medida. La información contenida en la *'request'* es suficiente para construir todos las posibles variables del experimento y para fijar los parámetros de desempeño en el laboratorio: montaje de componentes, interconexiones, configuración de equipos, configuración de instrumentos de medida, etc.

Para integrar una práctica dentro del entorno autoevaluativo/evaluativo, y antes de generar los patrones modelo para cada uno de estos experimentos, el equipo docente debe estructurar un curso y establecer los experimentos.

6.2. Necesidad del entorno administrativo

La principal función del entorno administrativo es la creación y almacenamiento de los patrones modelos en la BBDD. Las otras funcionalidades del entorno administrativo incorporan flexibilidad a los Equipos Docentes a la hora de gestionar los cursos y recursos para el interfaz del entorno autoevaluativo/evaluativo. La pantalla principal del entorno administrativo con el perfil de acceso *'superusuario'*, una vez autenticado, se muestra en la Figura 144. El acceso *'docente'* es idéntico salvo que no contempla la acción de creación de nuevos cursos, esa tarea es exclusiva del perfil *'superusuario'*.

Por otro lado, para mostrar la información de los cursos en el entorno autoevaluativo/evaluativo, es necesario tener una estructura del orden en el que se muestran las prácticas dentro del curso que defina:

- Las prácticas que componen el curso.
- El orden en el que están distribuidas dentro del curso, a fin de presentar la información con la coherencia establecida por el equipo docente.

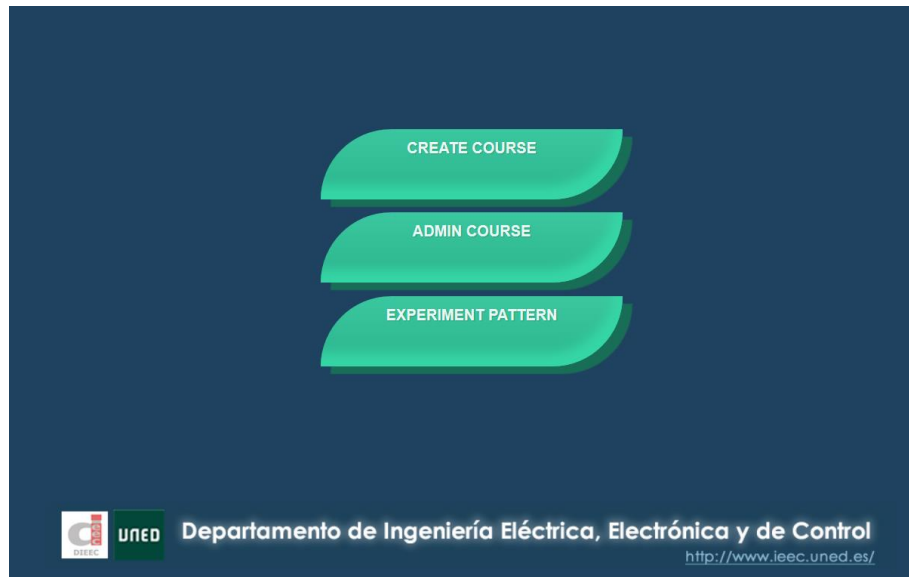


Figura 144. Entorno administrativo.

Para abordar una solución a la estructura del curso se contemplaron 3 opciones:

1. Accediendo a las BBDD del LMS/CMS. Esta información está definida en los distintos LMS/CMS en la distribución seguida por el equipo docente en el curso a la hora de asignar los contenidos. Sin embargo, esta solución, para “importar” la estructura del curso, requiere el acceso a las BBDD de la plataforma LMS/CMS y, en muchos casos, esto no es posible debido a los privilegios de administrador requeridos. Además, por otro lado, requeriría una consulta distinta dependiendo de la plataforma LMS/CMS empleada, ya que cada la estructura de las BBDD de cada plataforma difiere; Por lo que cada nueva plataforma añadida (tool consumer) implicaría la actualización del código.
2. Nuevo parámetro en la comunicación. Añadiendo un nuevo parámetro a la comunicación entre el LMS/CMS (tool consumer) y sistema de reservas (tool provider) que especifique el orden de la práctica dentro del curso. A fin de registrar todas las prácticas del curso, este método implica la necesidad de existir al menos un acceso previo a todas las prácticas del curso antes de conceder el acceso a los estudiantes. Además, existe la posibilidad de establecer dos prácticas con el mismo orden por error humano.
3. Mediante la creación de una herramienta administrativa. Describiendo y almacenando la estructura del curso en la herramienta administrativa se establece el orden en el que las prácticas son mostradas al usuario/estudiante en el entorno autoevaluativo/evaluativo. Esta metodología conlleva el riesgo de incluir ‘*experiment_id*’ incorrectos, ya que estos han de ser los mismo que se incluyen como parámetro en cada

enlace al LTI-tool del LMS; aunque el orden de estas gestiones es indiferente: se puede establecer el curso inicialmente en el entorno administrativo o en el LMS/CMS.

De las soluciones contempladas, la más sencilla de llevar a cabo es la segunda. Sin embargo, por los motivos señalados, se descarta esta opción ya que su implementación, aparte de los inconvenientes indicados, implica la adaptación de las BBDD y del código del sistema de reservas. Además, la eliminación de una práctica de un curso en la plataforma LMS/CMS o un cambio de una práctica por otra en el LMS/CMS puede arrojar resultados inesperados o no deseados y sería requerido modificar las entradas en las BBDD afectadas.

El acceso a las BBDD de las distintas plataformas LMS/CMS que emplean el sistema de reservas, además de ser la opción más cómoda para los distintos equipos docentes, es la opción más segura de obtener la estructura fijada para el curso. En esta tesis esta opción fue seleccionada como la primera elección, ya que como modelo para la integración del entorno se emplea la plataforma LMS Moodle. Sin embargo, provocado por la incorporación prevista de otras plataformas al sistema de reservas para el acceso al laboratorio remoto VISIR, como por ejemplo el portal “IEDRA-UNED abierta” de cursos MOOC de la UNED, (iedra.uned.es, 2017), basado en la plataforma de código abierto Open edX (Open.edx.org, 2017), finalmente se optó por la opción tercera ya que permite de una manera sencilla agregar plataformas, cursos y prácticas, modificar cursos y reutilizar experimentos.

No se ha implementado un sistema de creación de usuarios ya que el acceso al entorno administrativo para la creación de cursos y asignación de recursos es exclusivo del administrador de los cursos (superusuario). Los equipos docentes acceden con un perfil usuario en el que no tienen acceso a la creación de nuevos cursos.

6.3. Creación de cursos

Para la creación de un curso es necesario el perfil de superusuario del entorno administrativo, ya que es el encargado de asignar los identificadores de cursos. El superusuario o administrador ha de asignar los identificadores de curso. Para la creación de un curso es necesario:

- Nombre del curso: *'course_name'*.
- Número de identificación del curso: *'course_id'*.
- Contraseña del curso: *'course_pw'*.
- Prácticas asignadas al curso.

Desde la herramienta de creación de cursos, además, se pueden añadir nuevas prácticas al curso. Estas nuevas prácticas son apiladas al resto de prácticas ya existentes en el curso. Las prácticas son apiladas en el orden establecido a la hora de definir el curso, aunque más adelante, mediante la gestión del curso, se puede alterar el orden hasta obtener la estructura deseada.

Está contemplado la existencia de distintos cursos con el mismo nombre, pero en ningún caso el identificador de curso puede estar duplicado.

Otra característica es la imposibilidad de añadir prácticas duplicadas, es decir, en el caso de establecer dos prácticas con el mismo nombre la herramienta no lo permite. Asimismo, en el caso de añadir una práctica ya existente en el curso, el sistema no lo permite.

La contraseña del curso tiene como función que nadie salvo el equipo docente implicado pueda modificar o alterar las prácticas curso y/o patrones modelo de las prácticas que se generarán posteriormente. Si se están añadiendo nuevas prácticas al curso, la contraseña debe coincidir con los datos ya almacenados anteriormente.

Por otro lado, a la hora de establecer o añadir los experimentos, el sistema informa de la posibilidad, en caso de ser posible, acerca de la reusabilidad de algunos experimentos.

Todas estas características comentadas en los párrafos anteriores se muestran en las capturas de pantalla de la Figura 145.

Una vez completado y confirmado el proceso de creación del curso, su estructura queda almacenada en la tabla '*course_exp*' de la BBDD (Tabla 44). Para cada experimento del curso se crea una nueva entrada. El campo '*stair*' se auto-rellena en el orden en el que se agregan las distintas prácticas formando un apilamiento. Desde la herramienta de administración del curso, el orden de las prácticas se puede alterar a fin de mostrar la información en el entorno autoevaluativo/evaluativo en la forma que el equipo docente desee.

6.4. Creación de patrones modelo

Cada patrón modelo está vinculado a una determinada práctica de un determinado curso. Hay que tener en cuenta que varios patrones modelo pueden estar vinculados a una determinada práctica; Esto se debe a que una práctica puede tener un número indeterminado de pasos o experimentos (distintas configuraciones del circuito, instrumentos, etc.); Para cada paso o experimento de una práctica se requiere un patrón modelo. Sin embargo, un patrón modelo sirve única y exclusivamente para un paso o experimento específico de una determinada práctica y de un determinado curso (a pesar

de que los patrones son reusables por otros cursos). Esta estructura se muestra en la Figura 146.



Figura 145. Distintas capturas de pantalla en la generación del curso.

Tabla 44. Tabla <<course_exp>> de la BBDD.

course_exp						
#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Nulo	Predeterminado	Extra
1	id	int(255)		No	Ninguna	AUTO_INCREMENT
2	experiment_id	varchar(255)	utf8_general_ci	No	Ninguna	
3	course_id	int(255)		No	Ninguna	
4	stair	int(255)		No	Ninguna	
5	course_name	varchar(255)	utf8_general_ci	No	Ninguna	

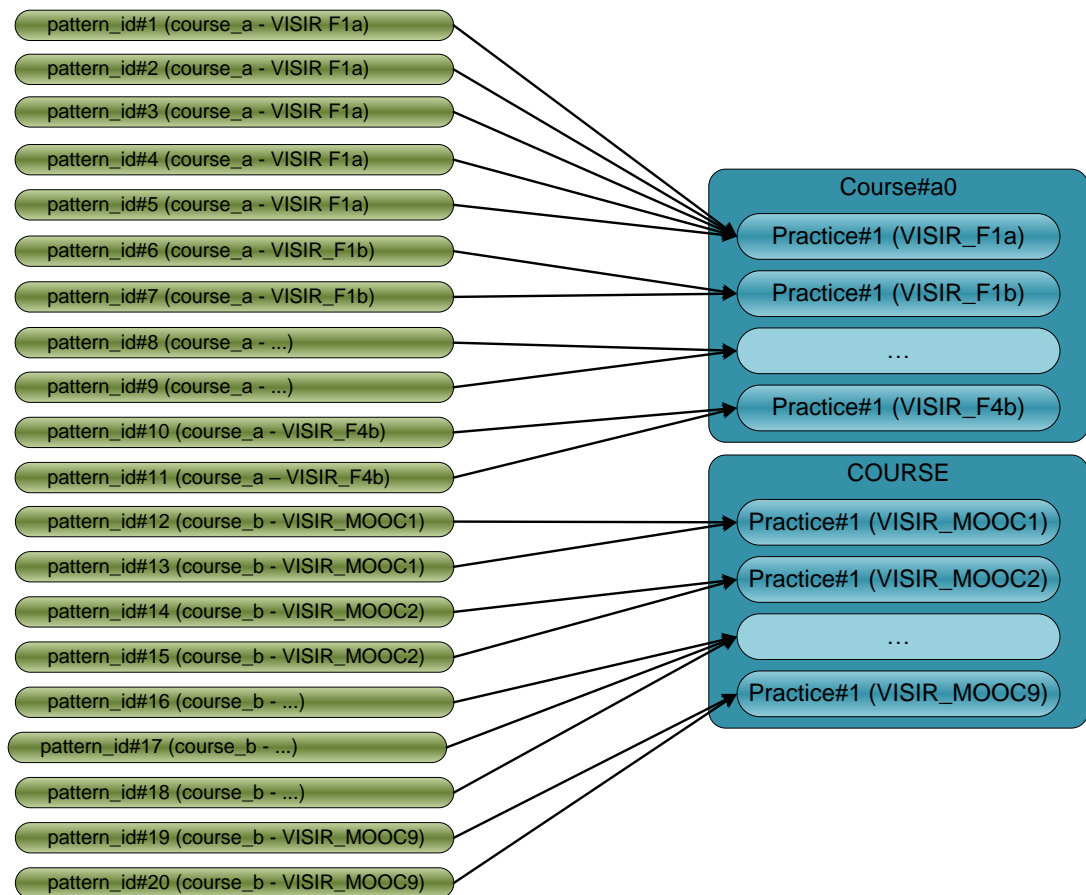


Figura 146. Vinculación de los patrones modelo con las prácticas de los cursos.

El número de patrones modelo para una práctica depende de la experimentación que se desea que el estudiante lleve a cabo. Por ejemplo, para una práctica formado por dos resistencias R_1 y R_2 con el siguiente enunciado:

Mediante el polímetro, medir la resistencia de R_1 y R_2 .

Conectar las resistencias R_1 y R_2 en serie y medir la resistencia del total. A continuación, alimentar el circuito con una tensión U . Medir las caídas de tensión en ambas resistencias (U_{R_1} y U_{R_2}) y la corriente que circula por ellas (I_N).

Conectar las resistencias R_1 y R_2 en paralelo y, mediante el polímetro, medir la resistencia del paralelo. A continuación, alimentar el circuito con una tensión U' y medir la corriente con la que está alimentando la fuente de alimentación y las corrientes que circulan por cada resistencia (I_N , I_{R_1} y I_{R_2}).

Los patrones modelo necesarios serían:

1. Medir la resistencia de R_1 .
2. Medir la resistencia de R_2 .
3. Conectando las resistencias en serie, medir la resistencia total en serie.

4. Conectando las resistencias en serie y alimentando a una tensión U , medir la caída de tensión en la resistencia R_1 .
5. Conectando las resistencias en serie y alimentando a una tensión U , medir la caída de tensión en la resistencia R_2 .
6. Conectando las resistencias en serie y alimentando a una tensión U , medir la intensidad que circula por ambas resistencias.
7. Conectando las resistencias en paralelo, medir la resistencia del paralelo.
8. Conectando las resistencias en paralelo y alimentando a una tensión U' , medir la intensidad de entrada al paralelo.
9. Conectando las resistencias en paralelo y alimentando a una tensión U' , medir la intensidad en la resistencia R_1 .
10. Conectando las resistencias en paralelo y alimentando a una tensión U' , medir la intensidad en la resistencia R_2 .

El patrón modelo se construye a partir del XML de la *'request'* mediante el algoritmo descrito en el capítulo 4. Una vez analizada la *'request'*, se procesa toda la información relevante para su almacenamiento. Es importante tener en cuenta que, antes de poder almacenar un patrón modelo, es necesario tener creado el curso, ya que los patrones modelo deben estar vinculados a una determinada práctica.

Previo al acceso para la creación de los patrones modelo, el equipo docente debe introducir los datos relativos al curso (nombre, número identificador y contraseña) para obtener el acceso al procedimiento de creación de los patrones modelo.

Antes de almacenar el patrón modelo, el equipo docente puede incluir determinadas tolerancias, comentarios, indicar que características son evaluables, etc. Es decir, debe incluir parámetros de evaluación y realimentación que sirva tanto a la herramienta del entorno autoevaluativo/evaluativo para establecer la corrección o no del experimento llevado a cabo por el usuario/estudiante, como al usuario/estudiante para comprender el experimento. Una vez el equipo docente envía la *'request'*, a partir de la cual se va a obtener el patrón modelo, debe rellenar distintos bloques:

- Información general.
- Información relativa al montaje del circuito.
- Información relativa a la configuración del generador de funciones.
- Información relativa a la configuración de la fuente de alimentación.
- Información relativa a la configuración del polímetro.
- Información relativa a la configuración del osciloscopio.

6.4.1. Información general

El primer bloque es la información relativa al patrón modelo, su vínculo al curso, experimento, etc. Los distintos campos se muestran en la Figura 147.

COURSE NAME	New Course
COURSE ID	1111
EXPERIMENT ID Choose one	<input type="text" value=""/>
EXPERIMENT TITLE i.e. Current measurement	<input type="text" value=""/>
RELATIVE WEIGHT out of 100	<input type="text" value="100"/>

Figura 147. Campos que forman el bloque de información general del patrón modelo.

Los campos relativos al nombre del curso (*'course_name'*) e identificador del curso (*'course_id'*) vienen prefijados por el paso anterior.

El experiment id (las prácticas del curso) debe ser seleccionado dentro del listado establecido en la creación del curso.

El título del experimento es la información que mostrará el entorno autoevaluativo/evaluativo al usuario/estudiante a la hora de visualizar su desempeño. Es decir, y siguiendo el ejemplo de práctica presentado en el punto 6.4:

1. Resistencia de R1.
2. Resistencia de R2.
3. Resistencia total en serie.
4. Caída de tensión en la resistencia R1.
5. Caída de tensión en la resistencia R2.
6. Intensidad por ambas resistencias.
7. Resistencia del paralelo de R1//R2.
8. Intensidad de entrada al paralelo de R1//R2.
9. Intensidad en R1.
10. intensidad en R2.

Se trata de un título orientativo que sirva al estudiante a identificar claramente de que paso o experimento de la práctica se está refiriendo el entorno autoevaluativo/evaluativo. En este sentido, es deseable que los guiones de prácticas ayuden a identificar claramente los pasos o experimentos a llevar a cabo en la práctica.

El peso del experimento se refiere al peso relativo que tendrá el experimento dentro de la práctica. Si la suma de todos los pesos relativos de los patrones modelo de los experimentos de una práctica suman más de 100, se lleva a cabo una relación lineal que

ajuste los valores a la hora de presentar la calificación en el entorno evaluativo. Este parámetro sirve exclusivamente para la herramienta evaluativa (no la autoevaluativa).

6.4.2. Información relativa al montaje del circuito

La información relativa al montaje del circuito incluye como los distintos componentes se interconectan y donde se conectan los equipos e instrumentos. La información contenida en la 'request' acerca del montaje del circuito se encuentra entre las etiquetas 'circuit', como se muestra en el siguiente ejemplo:

Ejemplo 12: información del montaje del circuito.

```
<circuit>
  <circuitlist>
    W_X A19 0
    W_X A11 VDC+25V_1_1
    W_X A15 DMM_1_2
    W_X DMM_1_1 A11
    R_X A15 A19 1K
    R_X A11 A15 10K
    DMM_1
    DMM_1_1
    DMM_1_2
    VDC+25V_1
    VDC+25V_1_1
  </circuitlist>
</circuit>
```

Para la construcción del patrón modelo se genera un circuito genérico que empieza por la fuente conectada en el nudo 'H'. En el caso de existir más de una fuente conectada el nudo 'H' sería para la primera de las fuentes empleadas en el array de fuentes (sources) que se muestra en la Figura 148.

- VFGEN: Generador de funciones.
- VDC+25: Fuente de alimentación de +25V.
- VDC-25: Fuente de alimentación de -25V.
- VDC+6: Fuente de alimentación independiente de +6V.
- VDCCOM: Común.

Asimismo, el polímetro y osciloscopio se encuentran en el array de instrumentos de medida:

- DMM1, DMM2: Puntas del polímetro para medida de tensión/resistencia.
- IPROBE1, IPROBE2: Puntas del polímetro para medida de corriente.
- PROBE1, PROBE2: Sondas del osciloscopio.

Todo el proceso llevado a cabo por el algoritmo de creación del circuito genérico está descrito en el capítulo relativo a la generación del patrón modelo (capítulo 4 Estructura y generación del patrón).

EQ INSTRUMENT NODES	
Sources	Measurement instruments
(VFGEN, VDC+25V, VDC-25V, VDC+6V, VDCCOM)	(DMM1, DMM2, IPROBE1, IPROBE2, PROBE1, PROBE2)
(H, NC, NC, NC, NC)	(NC, NC, NC, NC, H, G)

COMPONENTS NODES	
<pre>array (size=4) 0 => string 'R_X' (length=3) 1 => string 'H' (length=1) 2 => string 'I' (length=1) 3 => string '1R' (length=2)</pre>	<pre>array (size=4) 0 => string 'C_X' (length=3) 1 => string 'I' (length=1) 2 => string 'G' (length=1) 3 => string '100n' (length=4)</pre>

CIRCUIT CONSTRUCTION FEEDBACK

Figura 148. Información relativa al circuito.

Dado que el montaje del circuito no posee ningún parámetro que pueda presentar tolerancias y que la construcción del circuito es siempre necesario y obligatorio, el único campo que el equipo docente puede rellenar es la realimentación que se le ofrece al estudiante. Las realimentaciones de los patrones modelo nunca son obligatorios, aunque sí recomendables.

6.4.3. Información relativa a la configuración del generador de funciones

La información relativa al generador de funciones incluye todos los aspectos configurables por el usuario/estudiante en el banco de trabajo simulado: forma de onda, frecuencia, amplitud y nivel de offset. En el Ejemplo 13 se muestra un ejemplo de la información contenida en la *'request'* acerca de la configuración del generador de funciones:

Ejemplo 13: información del generador de funciones a procesar.

```
<functiongenerator id="1">
<fg_waveform value="sine"></fg_waveform>
<fg_frequency value="1000"></fg_frequency>
<fg_amplitude value="0.5"></fg_amplitude>
<fg_offset value="0"></fg_offset>
</functiongenerator>
```

En la Figura 149 se muestran los parámetros configurables por el equipo docente. Básicamente se puede reducir en cuatro campos:

- Los valores máximos admisibles en la configuración del generador de funciones.
- Los valores mínimos admisibles en la configuración del generador de funciones.

- La evaluación o no del equipo.
- La realimentación ofrecida al estudiante.

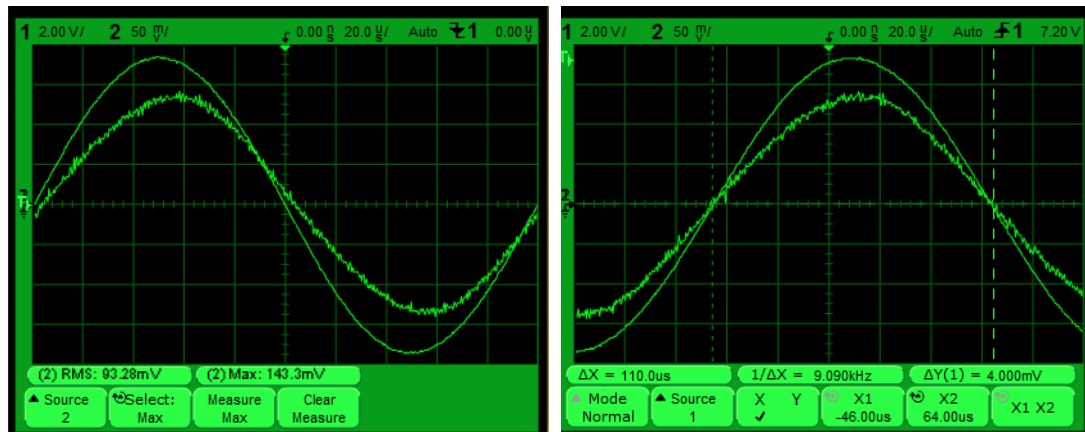
Los valores máximos y mínimos tienen como finalidad establecer dentro de que valores o tolerancias se considera correcto el experimento. En principio, Los valores máximo y mínimo están fijados en el valor nominal establecido por el equipo docente. Estos valores permiten ajustar al usuario/estudiante, mediante los controles del generador de funciones, valores que no son los establecidos en la guía de prácticas pero que, sin embargo, son lo suficientemente cercanos para considerarse correctos (por ejemplo 997 Hz frente a los 1000 Hz fijados por el equipo docente en la Figura 149) o en los casos en el que los valores de estos parámetros no afectan al propósito educativo del experimento.

Se considera especialmente útil en el caso de experimentos en los que se solicita el cálculo experimental de características de componentes. Para otros determinados experimentos, estas tolerancias pueden ser nulas o muy pequeñas a fin de comprobar la corrección de determinados cálculos teóricos.

Por ejemplo, en el DIEEC de la UNED existe una práctica en el laboratorio remoto VISIR que refleja a la perfección ambos escenarios: Se trata de un circuito RLC-serie en el que se pide el cálculo teórico, a partir de los valores nominales de los componentes, la frecuencia resonante del circuito RLC-serie y que, posteriormente en el laboratorio VISIR, alimenten el circuito con esa frecuencia resonante teórica calculada. Para la monitorización de la corriente que circula por el circuito RLC-serie se emplea una resistencia shunt de 10 Ω . Los resultados se muestran en la captura del osciloscopio de la Figura 150-izquierda para el caso del valor teórico de la frecuencia resonante (5007,94 Hz).

FUNCTION GENERATOR SETTINGS				
	Waveform	Frequency	Amplitude	Offset
VALUE	sine	1000	5	0
MAX	sine	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="0"/>
MIN	sine	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="0"/>
<input checked="" type="radio"/> Not assessable feature <input type="radio"/> assessable feature				
FEEDBACK	<div style="border: 1px solid gray; height: 60px; width: 100%;"></div>			

Figura 149. Información relativa al generador de funciones.



Frecuencia resonante teórica

Canal 1: 2 V/Div; Canal 2: 10 mV/Div.

Escala de tiempo: 20 μ s/Div.

Frecuencia resonante práctica

Canal 1: 2 Volts/Div; Canal 2: 50 mVolts/Div.

Escala de tiempo: 20 μ s/Div.

Figura 150. Comparativa en la frecuencia resonante entre el valor teórico (izqda) y el valor práctico (dcha).

A continuación, se les solicita que ajusten la frecuencia del generador de funciones hasta que observen en pantalla como la tensión y corriente (tensión en la resistencia shunt) están en fase y, por tanto, el valor de la frecuencia se corresponde a la frecuencia resonante práctica (4550 Hz aproximadamente). Este segundo experimento de la práctica se corresponde con la captura del osciloscopio de la Figura 150-derecha. Para el patrón modelo de la frecuencia resonante teórica, las tolerancias en los valores máximo y mínimo deben ser muy pequeñas ya que se pretende que el usuario/estudiante compruebe como las tolerancias en los valores nominales de los componentes afectan al resultado. Sin embargo, para la frecuencia resonante práctica, el margen de error es mayor ya que se trata de una metodología ensayo-error hasta que el usuario/estudiante considere que el ajuste en el osciloscopio es lo suficientemente correcto (que ambas señales se encuentran en serie). Además, hay que tener en cuenta que los valores de los componentes oscilan con el paso del tiempo, el efecto de la temperatura de trabajo, etc. Por lo tanto, el valor correcto en el patrón modelo, debe permitir una tolerancia mayor a fin de no ofrecer información confusa al usuario/estudiante

Una opción destacable a la hora de generar el patrón modelo es la de si el equipo es "evaluable". Esto quiere decir que si los parámetros del generador de funciones deben tenerse en cuenta a la hora de evaluar la interacción del usuario/estudiante en el laboratorio remoto, esta opción debe ser marcada ya que el patrón modelo almacena toda la información y la opción de "evaluable" implica un 'True' indicando que el usuario/estudiante debe configurar el generador de funciones dentro de los valores establecidos, mientras que la opción "no evaluable" implica un 'False', por lo que no se tendrá en cuenta a la hora de comparar la interacción con el patrón modelo.

Como última opción dentro del generador de funciones se encuentra la de proporcionar una realimentación al estudiante.

6.4.4. Información relativa a la configuración de la fuente de alimentación

La información relativa a la fuente de alimentación incluye todos los aspectos configurables por el usuario/estudiante en el banco de trabajo simulado para las tres fuentes. A continuación, se muestra un ejemplo de la información contenida en la 'request' acerca de la configuración de la fuente de alimentación:

Ejemplo 14: información enviada al servidor de medida acerca de la configuración de la fuente de alimentación.

```
<dcpower id="1">
  <dc_outputs>
    <dc_output channel="6V+">
      <dc_voltage value="0"></dc_voltage>
      <dc_current value="0.5"></dc_current>
    </dc_output>
    <dc_output channel="25V+">
      <dc_voltage value="6"></dc_voltage>
      <dc_current value="0.5"></dc_current>
    </dc_output>
    <dc_output channel="25V-">
      <dc_voltage value="0"></dc_voltage>
      <dc_current value="0.5"></dc_current>
    </dc_output>
  </dc_outputs>
</dcpower>
```

En la Figura 151 se muestran los parámetros configurables por el equipo docente. Los campos son los mismos que los configurables para el generador de funciones, pero para cada una de las tres fuentes:

- Los valores máximos admisibles en la configuración de cada una de las fuentes.
- Los valores mínimos admisibles en la configuración de cada una de las fuentes.
- La necesidad o no de cada una de las fuentes.
- La realimentación ofrecida al estudiante, común para las tres fuentes.

6.4.5. Información relativa a la configuración del polímetro

La información relativa al polímetro incluye todos los aspectos configurables por el usuario/estudiante en el banco de trabajo simulado para polímetro. En el siguiente ejemplo se muestra un ejemplo de la información contenida en la 'request' acerca de la configuración del polímetro:

POWER SUPPLY SETTINGS			
	+6 Vdc	+25 Vdc	-25Vdc
VALUE	0	0	0
MAX	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
MIN	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
	<input checked="" type="radio"/> Not assessable feature <input type="radio"/> assessable feature	<input checked="" type="radio"/> Not assessable feature <input type="radio"/> assessable feature	<input checked="" type="radio"/> Not assessable feature <input type="radio"/> assessable feature
FEEDBACK	<div style="border: 1px solid gray; height: 60px; width: 100%;"></div>		

Figura 151. Campos para la fuente de alimentación.

Ejemplo 15: información enviada al servidor de medida acerca de la configuración de la fuente de alimentación.

```

<dcpower id="1">
  <dc_outputs>
    <multimeter id="1">
      <dmm_function value="dc volts"></dmm_function>
      <dmm_resolution value="3,5"></dmm_resolution>
      <dmm_range value="-1"></dmm_range>
      <dmm_autozero value="1"></dmm_autozero>
    </multimeter>
  </dc_outputs>
</dcpower>

```

En la Figura 152 se muestran los parámetros configurables por el equipo docente. Únicamente se compone de dos parámetros:

- La necesidad o no del polímetro en el experimento.
- La realimentación ofrecida al estudiante.

El campo 'FUNCTION' define el tipo de medida que está realizando el polímetro. Este campo es fijo y viene impuesto por el experimento llevado a cabo en la 'request'.

6.4.6. Información relativa a la configuración del osciloscopio

La información relativa al osciloscopio incluye todos los aspectos configurables por el usuario/estudiante en el banco de trabajo simulado para el osciloscopio. En el Ejemplo 16 se muestra la información contenida en la 'request' acerca de la configuración del polímetro. La información relativa al canal 2 se omite por ser una réplica, con distintos valores, del canal 1; asimismo ocurre en las medidas 2 y 3 del menú de medidas. Los parámetros del osciloscopio se pueden dividir en 4 bloques bien diferenciados:

- Escala horizontal.
- Canales.

- Trigger.
- Menú de medidas.

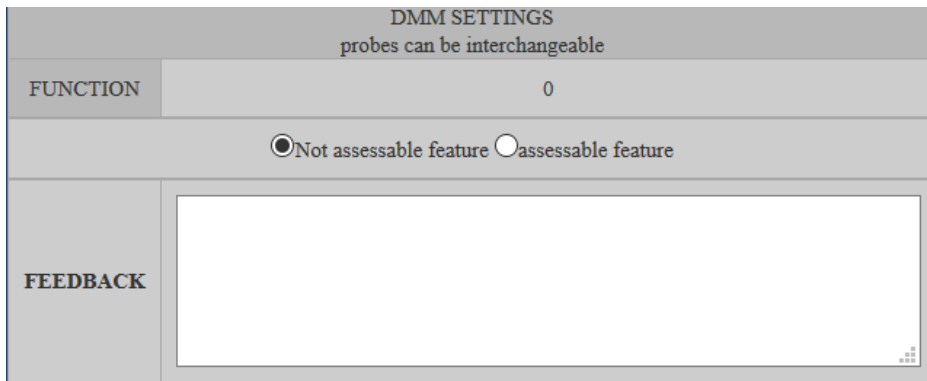


Figura 152. Campos en el polímetro.

Ejemplo 16: información enviada al servidor de medida acerca de la configuración establecida en el osciloscopio.

```
<oscilloscope id="1">
  <horizontal>
    <horz_samplerate value="500"></horz_samplerate>
    <horz_refpos value="50"></horz_refpos>
    <horz_recordlength value="500"></horz_recordlength>
  </horizontal>
  <channels>
    <channel number="1">
      <chan_enabled value="1"></chan_enabled>
      <chan_coupling value="dc"></chan_coupling>
      <chan_range value="1"></chan_range>
      <chan_offset value="0"></chan_offset>
      <chan_attenuation value="1"></chan_attenuation>
    </channel>
    <channel number="2">...</channel>
  </channels>
  <trigger>
    <trig_source value="channel 1"></trig_source>
    <trig_slope value="positive"></trig_slope>
    <trig_coupling value="dc"></trig_coupling>
    <trig_level value="0"></trig_level>
    <trig_mode value="autolevel"></trig_mode>
    <trig_timeout value="1"></trig_timeout>
    <trig_delay value="0"></trig_delay>
  </trigger>
  <measurements>
    <measurement number="1">
      <meas_channel value="channel 1"></meas_channel>
      <meas_selection value="none"></meas_selection>
    </measurement>
    <measurement number="2">...</measurement>
    <measurement number="3">...</measurement>
  </measurements>
  <osc_autoscale value="0"></osc_autoscale>
</oscilloscope>
```

En la Figura 153 se muestran los parámetros configurables por el equipo docente para cada uno de los bloques. El osciloscopio, principalmente sirve como herramienta visual, por lo que en este instrumento se debe pretender que el usuario/estudiante lo configure de forma que pueda observar las señales que pretende el equipo docente.

- Los valores máximos admisibles en los parámetros del osciloscopio que lo permitan: escala horizontal, canales y trigger.
- Los valores mínimos admisibles en los parámetros del osciloscopio que lo permitan: escala horizontal, canales y trigger.
- La necesidad o no de cada uno de los bloques para la correcta visualización.
- La realimentación ofrecida al estudiante, para cada uno de los bloques.

El menú de medidas es el bloque más diferenciado dentro de los parámetros del osciloscopio. Evidentemente no existe la posibilidad de marcar máximos y mínimos. Para el caso de la Figura 153 en el que no se ha utilizado el menú de medidas para obtener ningún valor, la información contenida en la 'request' es la que se muestra en dicha imagen: canal 1 con ninguna medida realizada.

OSCILLOSCOPE SETTINGS probes can be interchangeable								
	Horizontal samplerate (Hz)	Coupling channel-1	Range channel-1 (V)	Offset channel-1 (V)	Coupling channel-2	Range channel-2 (V)	Offset channel-2 (V)	Trigger source
	200	dc	2	0	dc	1	0	channel-1
MAX	200	dc	2	0	dc	1	0	channel-1
MIN	200	dc	2	0	dc	1	0	channel-1
FEEDBACK	<input checked="" type="radio"/> Not assessable feature <input type="radio"/> assessable feature		<input checked="" type="radio"/> Not assessable feature <input type="radio"/> assessable feature					
FEEDBACK								

OSCILLOSCOPE SETTINGS probes can be interchangeable										
	Trigger source	Trigger slope	Trigger level (V)	Trigger delay (V)	Measurement channel	Measurement selection-1	Measurement channel	Measurement selection-2	Measurement channel	Measurement selection-3
	channel 1	positive	0	0	channel 1	none	channel 1	none	channel 1	none
	channel 1	positive	0	0	channel 1	none	channel 1	none	channel 1	none
	channel 1	positive	0	0	channel 1	none	channel 1	none	channel 1	none
FEEDBACK	<input checked="" type="radio"/> Not assessable feature <input type="radio"/> assessable feature				<input checked="" type="radio"/> Not assessable feature <input type="radio"/> assessable feature					
FEEDBACK										

Figura 153. Campos en el osciloscopio.

6.5. Almacenamiento del patrón modelo

Una vez toda la información relativa al patrón modelo se ha generado por parte del equipo docente, este se almacena en la BBDD para su posterior empleo en el entorno

autoevaluativo/evaluativo a la hora de cotejar la actividad llevada a cabo por el usuario/estudiante en laboratorio remoto VISIR.

La tabla de la BBDD de los patrones modelo está compuesta por las columnas indicadas en la Tabla 45. Los distintos campos presentan la información acerca de a que práctica y curso a los que pertenece el patrón modelo, información acerca del patrón modelo y la configuración en el laboratorio remoto VISIR del patrón modelo.

Tabla 45. Columnas de <<pattern>>.

pattern						
#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Nulo	Predeterminado	Extra
1	pattern_id	int(255)		No	Ninguna	AUTO_INCREMENT
2	course_name	varchar(255)	utf8_general_ci	No	Ninguna	
3	experiment_id	varchar(255)	utf8_general_ci	No	Ninguna	
4	experiment_checkpoint	int(255)		No	Ninguna	
5	experiment_title	tinytext	utf8_general_ci	No	Ninguna	
6	experiment_weight	int(255)		No	Ninguna	
7	circuit_additional_feedback	longtext	utf8_general_ci	No	Ninguna	
8	circuit_pattern	longtext	utf8_general_ci	No	Ninguna	
9	fg_settings	longtext	utf8_general_ci	No	Ninguna	
10	ps_settings	longtext	utf8_general_ci	No	Ninguna	
11	dmm_settings	longtext	utf8_general_ci	No	Ninguna	
12	osc_settings	longtext	utf8_general_ci	No	Ninguna	

Al contrario de lo que ocurre a la hora de administrar un curso, no existe una herramienta para administrar los distintos patrones modelo. Es decir, para cualquier alteración del patrón modelo se debe acceder a la BBDD. A pesar de que la inclusión de una herramienta administrativa para los patrones modelo para la disposición y eliminación de los distintos experimentos de una práctica se puede implementar de forma sencilla, siguiendo el modelo implementado para la gestión de las distintas prácticas dentro de un curso, la complicación aparece para identificar los distintos modelos sin implementar una interfaz gráfica que muestre el montaje del circuito. Por otro lado, la cantidad de parámetros que incluye un patrón modelo acerca de la configuración del circuito, equipos e instrumentos convierte implica una mala identificación de los patrones modelo, por lo que su desarrollo se emplaza para una versión posterior del entorno administrativo en el que decidir en consenso con los equipos docentes si los patrones modelo tan sólo tengan como opciones la distribución dentro de la práctica y la eliminación a partir del 'experiment_title' asignado o buscar un método gráfico que ayude al análisis de la corrección del patrón modelo. Dado que no entra dentro del alcance de esta tesis, el desarrollo de un entorno administrativo se ha enmarcado como medio para alcanzar los objetivos y no como fin. Por lo tanto, todo lo desarrollado en el entorno administrativo se ha basado en alcanzar los requisitos indispensables y en cubrir aquellos que siendo convenientes no han requerido un elevado grado de desarrollo.

A modo de ejemplo, en la Tabla 46, se muestra el contenido almacenado en la BBDD de un modelo patrón para los campos relativos al montaje, equipos e instrumentos del laboratorio remoto VISIR. Como se puede observar, la cantidad de parámetros complica la visualización si no se apoya en algún otro sistema de representación más visual.

6.6. Gestión del curso

En la creación de un curso, las prácticas asociadas se apilan en el orden en el que estas se añaden. Posteriormente, se pueden añadir nuevas prácticas mediante la herramienta de creación de cursos. Estas nuevas prácticas se apilarán a las ya existentes. El resultado de esta operación es que, en el entorno autoevaluativo/evaluativo, las prácticas se mostraran en el orden en el que se han dispuesto.

La gestión se encarga de organizar y configurar el curso. Previo al acceso para la gestión del curso, y con perfil autenticado, el equipo docente debe introducir los datos relativos al curso (nombre: *'course_name'*, número identificador: *'course_id'* y contraseña: *'course_password'*) para obtener el acceso a las herramientas proporcionadas para la administración del curso. La pantalla de acceso se muestra en la Figura 154-superior-izquierda.

Tabla 46. Ejemplo de los campos relativos al montaje y configuración de los equipos e instrumentos almacenados en la BBDD.

circuit_pattern:	a:3:{i:0;a:5:{i:0;s:1:"H";i:1;s:2:"NC";i:2;s:2:"NC";i:3;s:2:"NC";i:4;s:2:"NC"; }i:1;a:6:{i:0;s:2:"NC";i:1;s:2:"NC";i:2;s:2:"NC";i:3;s:2:"NC";i:4;s:1:"H";i:5; s:1:"G";}i:2;a:2:{i:0;a:4:{i:0;s:3:"R_X";i:1;s:1:"H";i:2;s:1:"I";i:3;s:2:"1K";}i: 1;a:4:{i:0;s:3:"C_X";i:1;s:1:"I";i:2;s:1:"G";i:3;s:4:"100n";}}}
fg_settings:	a:5:{i:0;a:4:{i:0;s:4:"sine";i:1;s:4:"1000";i:2;s:1:"5";i:3;s:1:"0";}i:1;a:4:{i: 0;s:4:"sine";i:1;s:4:"1000";i:2;s:1:"5";i:3;s:1:"0";}i:2;a:4:{i:0;s:4:"sine";i: 1;s:4:"1000";i:2;s:1:"5";i:3;s:1:"0";}i:3;s:1:"0";i:4;s:0:"";}
ps_settings:	a:4:{i:0;a:3:{i:0;s:1:"0";i:1;s:1:"0";i:2;s:1:"0";}i:1;a:3:{i:0;s:1:"0";i:1;s:1:"0" ";i:2;s:1:"0";}i:2;a:3:{i:0;s:1:"0";i:1;s:1:"0";i:2;s:1:"0";i:3;s:0:"";}
dmm_settings:	a:3:{i:0;s:0:"";i:1;s:1:"0";i:2;s:0:"";}
osc_settings:	a:5:{i:0;a:4:{i:0;a:1:{i:0;s:3:"200";}i:1;a:6:{i:0;s:2:"dc";i:1;s:1:"2";i:2;s:1:" 0";i:3;s:2:"dc";i:4;s:1:"1";i:5;s:1:"0";}i:2;a:4:{i:0;s:9:"channel 1";i:1;s:8:"positive";i:2;s:1:"0";i:3;s:1:"0";}i:3;a:6:{i:0;s:9:"channel 1";i:1;s:4:"none";i:2;s:9:"channel 1";i:3;s:4:"none";i:4;s:9:"channel 1";i:5;s:4:"none";}}i:1;a:4:{i:0;a:1:{i:0;s:3:"200";}i:1;a:6:{i:0;s:2:"dc";i:1;s: :1:"2";i:2;s:1:"0";i:3;s:2:"dc";i:4;s:1:"1";i:5;s:1:"0";}i:2;a:4:{i:0;s:9:"chann el 1";i:1;s:8:"positive";i:2;s:1:"0";i:3;s:1:"0";}i:3;a:6:{i:0;s:9:"channel 1";i:1;s:4:"none";i:2;s:9:"channel 1";i:3;s:4:"none";i:4;s:9:"channel 1";i:5;s:4:"none";}}i:2;a:4:{i:0;a:1:{i:0;s:3:"200";}i:1;a:6:{i:0;s:2:"dc";i:1;s: :1:"2";i:2;s:1:"0";i:3;s:2:"dc";i:4;s:1:"1";i:5;s:1:"0";}i:2;a:4:{i:0;s:9:"chann el 1";i:1;s:8:"positive";i:2;s:1:"0";i:3;s:1:"0";}i:3;a:6:{i:0;s:9:"channel 1";i:1;s:4:"none";i:2;s:9:"channel 1";i:3;s:4:"none";i:4;s:9:"channel 1";i:5;s:4:"none";}}i:3;a:4:{i:0;s:1:"0";i:1;s:1:"0";i:2;s:1:"0";i:3;s:1:"0";}i: 4;a:4:{i:0;s:0:"";i:1;s:0:"";i:2;s:0:"";i:3;s:0:"";}}

6.6.1. Presentación de la gestión del curso

Para permitir mostrar al usuario/estudiante las prácticas en el orden deseado, ya sea por una reestructuración del curso o la adición de nuevos recursos, se dispone de la gestión del curso. Desde la gestión del curso se puede:

- Eliminar prácticas del curso.
- Disponer las prácticas del curso en el orden en el que se entregan al usuario/estudiante en el LMS para que se muestren en la misma forma en el entorno autoevaluativo/evaluativo (Figura 154-inferior-izquierda).
- Reusabilidad de los patrones modelo de las prácticas de otros cursos (Figura 154-inferior-derecha).

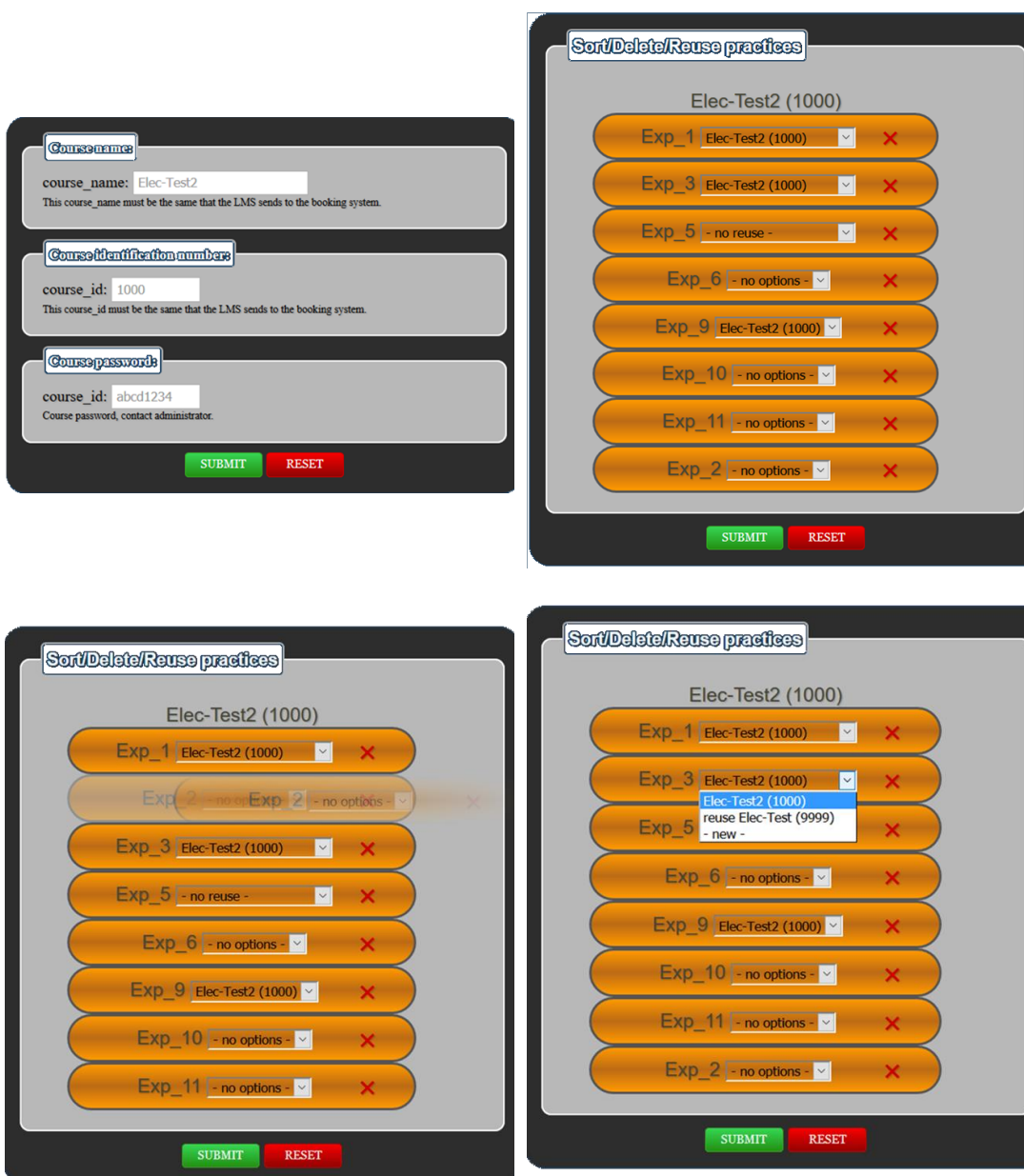


Figura 154. Distintas pantallas de la gestión del curso.

Una vez realizadas las acciones deseadas en el curso, la información en la BBDD se actualiza con la nueva configuración establecida.

Para llevar a cabo las gestiones deseadas y actualizar la BBDD, al confirmar la gestión del curso ('submit') una vez llevadas a cabo las tareas administrativas del curso, se pasa un array con clave y valor, en el que cada elemento del array es una práctica del curso y el orden de cada elemento del array es el orden establecido por el ED en el curso. Cada elemento del array es de la forma:

$$\langle \text{experiment_id} \Rightarrow \text{string} \text{'course_name(course_id)' || 'none'} \rangle \quad (6.1)$$

Donde la clave es el identificador de la práctica, y el valor es el curso y práctica para el que se van a reusar los patrones modelo; En caso de no existir cambios en los patrones modelo se pasa el valor 'none'.

6.6.2. Eliminación de prácticas

La eliminación de una práctica implica modificaciones tanto en la estructura del curso como en los patrones modelo asociados a esa práctica de ese curso.

La estructura del curso se ve lógicamente afectada, ya que, no solo la práctica deja de existir en el curso, sino que, en el caso de que no sea la última práctica del curso, la posición que ocupaba pasa a ser ocupada por otra práctica. Una vez eliminada la práctica del curso ya no aparecerá en el entorno autoevaluativo/evaluativo. Sin embargo, Si se vuelve a incluir esa práctica, todos los patrones modelo que tuvo vinculados volverían a estar vinculados automáticamente. Se considera que esta debe ser una opción elegible y no impuesta.

Por otro lado, los patrones modelo vinculados a la práctica eliminada deben ser actualizados o eliminados. Se ha optado por la opción de actualizar determinados campos y no eliminar los patrones modelo afectados ya que, a pesar de que no se ha implementado en la versión actual, en un futuro podrá recuperarse dichos patrones y reusarse en caso deseado. En la actualidad, este proceso puede realizarse de manera manual sobre las BBDD. Los campos afectados son:

- *'course_name'*: Al nombre del curso se le añadirá *'_old'*.
- *'course_id'*: El identificador pasará a ser *'0'*.
- *'experiment_id'*: Al identificador del curso se le añadirá *'_old'*.

Por lo tanto, 2 tablas de la BBDD se ven afectadas:

- Tabla *'course_exp'*: la eliminación de prácticas conlleva la eliminación de las entradas respectivas a esas prácticas en el curso contenedor. Las entradas en la tabla se eliminan. Por otro lado, la eliminación de prácticas

de un curso conlleva cambios en la disposición u orden en las prácticas que conforman el curso práctico. Esto se traduce, además de la eliminación de las entradas de prácticas eliminadas, en la actualización del campo 'stair' del resto de prácticas que es el destinado para establecer el orden en el que las prácticas son establecidas.

- Tabla '*pattern*': la eliminación de prácticas de un curso lleva asociado la actualización de los patrones modelo asignados a las prácticas eliminadas. En este caso los patrones modelo asociados no se eliminan, sino que se actualizan los campos '*experiment_id*', '*course_name*' y '*course_id*' en la forma señalada anteriormente.

6.6.3. Disposición de las prácticas

La disposición en el que las prácticas se mostrarán se lleva a cabo arrastrando y soltando cada bloque de práctica a la posición deseada. Los cambios en la disposición de las prácticas que conforman el curso práctico provocan únicamente cambios en la tabla '*course_exp*' de la BBDD, en concreto en el campo '*stair*' que es el destinado para establecer el orden en el que las prácticas son establecidas. Evidentemente, un movimiento en una de las prácticas tal y como se muestra en la Figura 71-inferior-izquierda (Exp_2 se posiciona en la posición 2ª) respecto a la configuración original mostrada en la Figura 71-superior-derecha (Exp_2 se encuentra en la posición 8ª), provoca un desplazamiento en el orden del resto de prácticas que se encuentren por debajo de la nueva posición establecida (Exp_3 pasa de ocupar la posición 2ª a la posición 3ª, Exp_5 pasa de ocupar la posición 3ª a la posición 4ª y así sucesivamente).

6.6.4. Reusabilidad de los patrones modelo

La reusabilidad de los patrones modelo agiliza la creación de cursos en el entorno autoevaluativo/evaluativo. Esta característica de la que se ha dotado al entorno administrativo es especialmente útil para las primeras prácticas de cursos; Es decir, prácticas destinadas a la familiarización con el interfaz, equipos e instrumentos del laboratorio remoto y, por lo tanto, presentes en prácticamente todos los cursos. Sin embargo, existiendo un repositorio de prácticas con patrones modelo vinculados no excesivamente elevado, la creación de un curso puede no llegar a requerir la creación de patrones modelo exclusivos y basarse en la reusabilidad.

En la Figura 155 se muestra las dos posibilidades que existen cuando desde dos cursos distintos se puede acceder a la misma práctica o laboratorio de WebLab-Deusto.

- Escenario con reusabilidad: Los cursos '*curso_A*' y '*curso_B*' tienen una práctica, '*practica_1*' en ambos cursos, que utiliza el laboratorio

'*experiment_id_a*' de WebLab-Deusto. En la figura se observa que ambos cursos emplean los mismos patrones modelo, '*Patrones (A)*', para el entorno autoevaluativo/evaluativo. En este escenario, una vez que uno de los cursos haya establecido los patrones modelo para la práctica, y siempre que el ED del otro curso considere convenientes tanto los pasos como las realimentaciones establecidos en los patrones modelo, el otro curso simplemente puede optar por reusarlo.

- Escenario independiente: Los cursos '*curso_A*' y '*curso_B*' tienen una práctica, '*practica_2*' y '*practica_i*' respectivamente, que utiliza el laboratorio '*experiment_id_b*' de WebLab-Deusto. En la figura se observa que cada curso emplea unos patrones modelo distintos a pesar de emplear el mismo laboratorio de WebLab-Deusto.
- Al acceder a la herramienta administrativa del curso, aparece un menú desplegable en cada uno de los bloques de prácticas. Este menú desplegable contiene aquellos cursos que están empleando la misma práctica ('*experiment_id*' o laboratorio en WebLab-Deusto). La información se muestra con el nombre del curso y número de identificación del curso (ya que pueden existir distintos cursos con igual nombre, pero el identificador es único). Existen varias opciones que puede mostrar:

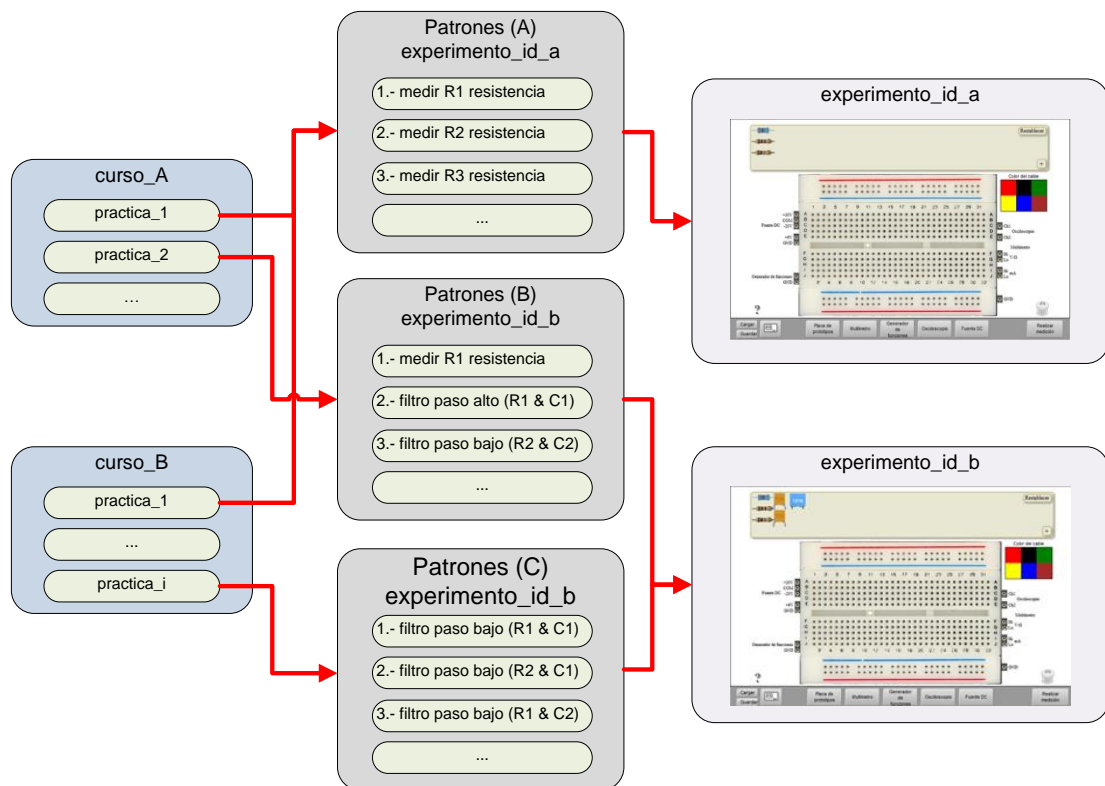


Figura 155. Gestión de los patrones modelo en el laboratorio remoto.

- Ninguna: si aparece por defecto la opción 'none', implica que la práctica no tiene ningún patrón modelo asociado y que, además, no existe ningún curso con patrones modelo asociados a esa práctica.
- No reutilizar: esta opción indica que la práctica no tiene asociados patrones modelo, pero existen cursos que emplean dicha práctica con patrones modelo asociados.
- '*course_name*' ('*course_id*'): si muestra esta cadena texto significa que la práctica tiene asignados patrones modelo. En este caso, existe siempre una opción para descartar los patrones modelo que se están empleando en la práctica. Además, pueden existir entradas de otros cursos con patrones modelo que empleen dicha práctica.

Cuando se recurre a la reusabilidad de los patrones modelo en realidad no se emplean los mismos patrones modelos, sino que se clonan aquellos que se desean reusar generando una copia vinculada al curso y práctica desde la que se solicita la reusabilidad. La finalidad de esta estrategia es la de permitir modificar los distintos parámetros que contiene el patrón modelo en un futuro como se ha comentado anteriormente.

7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

"Eeh, yo no te digo lo que tienes que decirme que debo hacer, así que no me digas tú cómo hacer lo que tienes que decirme que debo hacer! Bender sabe trabajar con delicadeza".

Bender, Futurama.

Partiendo de la hipótesis planteada en el capítulo introductorio de esta tesis, que se repite a continuación:

"Es posible definir un modelo para el análisis automático de la experimentación, aplicado al campo de los laboratorios remotos, sobre el que se puedan desarrollar herramientas que incentiven el aprendizaje autorregulado";

Y analizando el sistema implementado y los resultados obtenidos, se puede concluir que la hipótesis queda validada en base a las siguientes metas alcanzadas:

- Se ha desarrollado una arquitectura, independiente del laboratorio remoto empleado, que integra la recolección de los datos de la experimentación, el análisis de la experimentación, la representación de los resultados de dicho análisis y su evaluación formativa y, en caso de que el docente lo considere oportuno, sumativa.
- Esta arquitectura se ha implementado valiéndose del laboratorio remoto VISIR, dedicado a prácticas de electrónica analógica. Por lo tanto, se han identificado y descrito los parámetros relevantes de los posibles

experimentos dentro de este laboratorio remoto. Esta información ha sido clave para establecer una realimentación al estudiante.

- Se ha desarrollado un algoritmo capaz de generalizar la construcción de los circuitos implementados en el laboratorio remoto VISIR. El resultado de esta generalización del circuito no se ve afectada por el número de cables empleados, polaridad de los componentes, nudos de la protoboard empleados, número de componentes empleado, número de terminales de los componentes, intercambio de las sondas del osciloscopio, conexión de instrumentos de medida no requeridos, etc.
- Asimismo, se ha desarrollado un código para la identificación de la configuración de los equipos e instrumentos relevantes para el modelo del experimento.
- Se ha implementado un entorno que facilita la creación de cursos, prácticas y experimentos para su integración en el entorno evaluativo/autoevaluativo. Dicho entorno permite dos perfiles de acceso: (a) administrador: encargado de la creación de los cursos; (b) docente: destinada a la definición de las prácticas que componen el curso, y de los experimentos en los que se descompone cada práctica. Además, se ha fomentado la reusabilidad de los patrones modelo, con el objetivo de facilitar y agilizar la inclusión de cursos en el sistema.
- Se ha implementado un entorno para la evaluación formativa y sumativa. A este entorno el estudiante accede autenticado con las credenciales otorgadas por el LMS/CMS que contenga el curso práctico. En dicho entorno, se extraen y preprocesan todos los experimentos vinculados a la práctica que el estudiante desea contrastar, para posteriormente procesar uno a uno cada experimento y, de esta forma, cotejar la experimentación con los patrones modelo almacenados por el docente.

Si bien la arquitectura empleada es independiente del laboratorio remoto empleado, el algoritmo encargado de la generalización del circuito —responsable de generar el patrón modelo y el patrón del experimento del usuario— es dependiente del protocolo experimento del laboratorio remoto, por lo que es único para cada laboratorio remoto.

El sistema implementado es independiente del estado del laboratorio. Es decir, el sistema autoevaluativo/evaluativo únicamente se alimenta de la solicitud o *'request'* como se ha justificado en el capítulo 4, por lo que, en el caso de que el laboratorio remoto se encuentre caído o con algún tipo de avería en cualquiera de sus tarjetas, el estudiante puede realizar los experimentos correctamente para el entorno autoevaluativo/evaluativo y, sin embargo, no recibir una respuesta correcta del laboratorio remoto. Esta característica es a la par positiva y negativa ya que el interfaz de

usuario y el protocolo experimento son independientes del hardware. Por un lado, el estudiante no se ve afectado por un factor que él no puede controlar —el servicio del laboratorio remoto—; por otro lado, el que el estudiante complete las prácticas satisfactoriamente para el sistema no asegura el aprovechamiento del recurso.

La evaluación formativa está compuesta por dos tipos de realimentaciones: (a) realimentación genérica: realimentación centrada en la configuración y uso de los equipos e instrumentos; (b) realimentación docente: realimentación proporcionada por el docente. La realimentación general es generada automáticamente por el sistema en función del análisis llevado a cabo en el experimento del estudiante. La realimentación docente es opcional y su contenido debe ser introducido a la hora de crear el patrón modelo del experimento. A pesar del carácter opcional para el docente, se considera de suma importancia esta realimentación, especialmente para hacer hincapié en los objetivos del experimento. En ningún caso se pretende ofrecer la solución al estudiante, sino que el objetivo del entorno desarrollado se basa en el aprendizaje del manejo de los equipos e instrumentos del laboratorio (realimentación genérica) y en ofrecer una realimentación para que el estudiante alcance las metas y comprenda los objetivos del experimento (realimentación docente).

El algoritmo desarrollado para la generalización del montaje, tal y como está implementado, no acepta como correcto un montaje, conforme al establecido en el patrón modelo, si se añade un componente a la protoboard —ya sea completamente aislado en la protoboard o únicamente conectado a uno de sus terminales a un componente del montaje alimentado— que no afecte eléctricamente al montaje principal. Este inconveniente tiene una sencilla solución mediante la implementación de un algoritmo que detecte recursivamente terminales de componentes aislados (no conectados a otro componente ni fuente) y elimine los componentes del patrón de experimentación generado. Esta característica no se ha implementado ya que debe ser consensuada con el docente.

Asimismo, no se ha contemplado en el algoritmo la posibilidad de conectar una fuente (generador de funciones o fuente de alimentación) a la protoboard que no esté considerada por el docente en el patrón modelo. La solución es similar a la anterior, aunque, en este caso, no se requiere un tratamiento recursivo.

Un factor a tener en cuenta a la hora de crear patrones modelo es el menú de medidas del osciloscopio. El menú de medidas del osciloscopio de VISIR permite realizar 3 medidas simultáneamente. El algoritmo encargado de cotejar el experimento del estudiante con el patrón modelo tiene en cuenta que el orden establecido por el docente en el patrón modelo no tiene por qué ser el mismo que el seguido por el estudiante. Sin

embargo, es posible que el estudiante haga distintos ensayos correctos para obtener las mismas medidas que las contenidas en el patrón modelo. Sin embargo, bajo este supuesto, el experimento estaría considerado como no completado ya que, según se muestra en el capítulo 5, cada experimento se considera una única entidad que no tiene relación con el resto de experimentos realizados. Por lo tanto, si un experimento no satisface todas las especificaciones del patrón modelo queda como mejor solución momentánea o desechado. Si bien el empleo del menú de medidas para la obtención de 2 o 3 magnitudes está justificado dentro del mismo experimento, ya que estos valores están relacionados, una posible solución en el caso de que se desee evitar lo anteriormente expuesto se basa en la generación de patrones modelo que empleen únicamente un valor para el menú de medidas, a pesar de que los estudiantes puedan completar hasta 3 patrones modelo en un único experimento.

La hipótesis planteada en el capítulo 1, la creación de un modelo que proporcione los mecanismos necesarios para incentivar el aprendizaje autorregulado en entornos prácticos remotos a partir de la automatización del análisis de la experimentación llevada a cabo por el estudiante, parte de las particularidades del modelo educativo empleado en la UNED y de la metodología docente aplicada dentro del EEES. Sin embargo, la distancia física entre estudiante y docente presente en los laboratorios remotos no es exclusiva de los modelos educativos seguidos por las instituciones dedicadas a la Educación a Distancia. Por lo tanto, el sistema implementado puede ser trasladado y aplicable a cualquier modelo educativo en el que se empleen, como elemento formativo, laboratorios remotos.

El mayor obstáculo que presenta el análisis de la interacción automática en el sistema implementado se asienta en la imposibilidad de saber qué experimento está realizando el estudiante en el laboratorio remoto. Es decir, la práctica que está realizando el estudiante sí está identificada, sin embargo, dado que cada práctica está formada por un número indeterminado (pero finito) de experimentos —cada uno de ellos conectado a un patrón modelo—, al recolectar todos los experimentos llevados a cabo por el estudiante para dicha práctica se desconoce a que patrón modelo se corresponde cada uno de los experimentos del estudiante. Esta indeterminación entre el experimento del estudiante y el patrón modelo conlleva una realimentación menos específica —en concreto la realimentación genérica—. Pudiendo conectar cada experimento del usuario con el patrón modelo correspondiente se podría no sólo llevar a cabo un análisis más exhaustivo de cada experimento del usuario, sino que, además, se podría ofrecer una realimentación más específica.

7.1. Líneas de trabajo futuras

El presente trabajo plantea la total automatización de la evaluación de las prácticas de laboratorio como solución a las problemáticas descritas anteriormente. Asimismo, apoya los principios educativos en los que se basa la metodología de enseñanza-aprendizaje de la UNED en la actualidad. La evaluación formativa/sumativa automática, llevada a cabo por el estudiante, se aprovecha de los registros de comunicación entre usuario y laboratorio. Con base en esta comunicación, se pueden realizar mejoras tanto del sistema implementado como a partir del planteamiento de nuevas filosofías.

La línea de investigación de futuro más evidente resulta de la limitación en el juicio del experimento que el estudiante está tratando de llevar a cabo en el laboratorio remoto a fin de poder cotejarlo con el patrón modelo pertinente. La identificación de este patrón modelo facilitaría llevar a cabo un análisis más exhaustivo de cada experimento del usuario, permitiría ofrecer una realimentación más específica y proporcionaría indicadores para establecer analíticas de aprendizaje. En la misma línea, un entorno que incluya un guion de prácticas online, capaz de gestionar todo lo relativo a los resultados obtenidos y capaz de ofrecer una realimentación según lo comentado anteriormente, permitiría un entorno práctico con un tutor online capaz de aglutinar todas las bondades expuestas y de, además proporcionar un soporte y una evaluación a los estudiantes prácticamente individualizado.

8. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

“Hey! I don’t tell you how to tell me what to do, so don’t tell me how to do what you tell me to do. Bender knows when to use finesse”.

Bender, Futurama.

Starting from the hypothesis established in the introductory chapter of this doctoral dissertation:

“it is possible to define a model to analyze automatically the experimentation carried out in remote laboratories, and on which to develop tools for encouraging self-regulated learning”;

And analyzing the implemented system and the results obtained, it can be concluded that the hypothesis is validated based on the following goals achieved:

- An architecture independent from the remote laboratory has been developed, and integrates data collection, the analysis of the experiment and its results as well as its representation, an environment for formative assessment and a summative assessment tool, if the teachers want to use it. This architecture has been implemented in the VISIR remote lab intended for analog electronics.
- The relevant parameters of the VISIR remote laboratory have been identified, defined and described. From these parameters the formative feedback is constructed.

- An algorithm has been implemented in order to generalize the circuits designed by teachers and students in the VISIR remote laboratory. The resulting circuit is independent of the designing variables: short-circuits, measuring instruments non intended by the teaching staff, components without polarity, oscilloscope probes interchanged, etc.
 - The instruments and equipment settings and relevant parameter have been identified and encoded for storage and analysis.
 - An environment named “administrative environment” has been designed to make easier the practical courses, its tasks and experiments, and it has been implemented for its integration into the self-assessment/assessment environment. It is accessible by two different user profiles: (a) administrator, in charge of the design of the course, and (b) teacher, in charge of the definition of the practical course and experiments. Furthermore, from this administrative environment the reusability of experiment patterns has been fostered.
 - An environment designed for enabling formative and summative evaluation has been implemented. The user access to this environment authenticated with the credentials granted by the LMS/CMS. In this environment each experiment carried out by the student in the remote laboratory is pre-processed, analyzed and checked against the model patterns stored by the teaching staff in the DDBB.
-
- Although the architecture designed is independent from the remote laboratory used, the algorithm implemented for the generalization of the circuit –the algorithm used for the model patterns and the users’ patterns– is dependent on the experiment protocol used by the remote laboratory. Thus, the implement system is unique for each remote laboratory.
 - Both the formative and summative assessments are independent from the condition of the laboratory due to the user interface and the experiment protocol being independent from the hardware; i.e., the self-assessment/assessment system analyze only the request sent by the students to the remote laboratory, as detailed in Chapter 4. Thus, if the remote laboratory hardware has a breakdown, the self-assessment/assessment system will identify a correct experiment but the user will not be able to see the correct result on their screen. This feature is positive and negative because the user interface and the experiment protocol are independent of the hardware. On the one hand, the student is not affected by them not being able to control the remote laboratory proper functioning and on the other hand the student

completing satisfactorily the practical exercises does not ensure the satisfactory use of the laboratory.

- The formative assessment consists of two types of feedback: (a) global feedback, focused on configuration and handling of equipment and instruments; (b) Teacher's feedback, focused on the aspects that they consider as key. Global feedback is generated automatically by the system based on the analysis carried out in the student's experiment. Teacher's feedback is optional. Despite teacher's feedback being optional, this feedback is key to emphasize the objectives of the experiment. The system is not intended to provide a solution to the student, but rather its goal is based on learning how to handle the laboratory equipment and instruments (global feedback) and on providing a feedback which helps the student to fulfill the objectives of the experiment (teacher's feedback).
- The algorithm - developed for generalizing the assembling - as implemented does not consider as correct a circuit designed by a student in which there is a component that is not included in the pattern model even if it does not affect electrically/electronically the response of the circuit —i.e. if a resistor not wired to any node common to another component, or if only one of its leads is wired to the circuit described in the pattern model—. In the case that this feature becomes a drawback, it can be easily solved by erasing components which only have one or none of their leads wired to another component recursively when creating the pattern. This recursive block has not been implemented since it must be agreed with the teaching staff.
- The possibility of wiring a source (the function generator or a power supply) to a node of the protoboard which is isolated from the main circuit designed is also identified as a mistake by the algorithm. The solution is similar to the one described previously, although, in this case, a recursive block is not required. As in the previous case, it has not been implemented since it must be agreed with the teaching staff.
- An aspect that should be taken into account when generating model patterns is the oscilloscope's measurement menu. The oscilloscope's measurement menu of a VISIR remote laboratory oscilloscope allows to make simultaneously three measurements. Since the model pattern contains all the required settings and although the order of the measurements (measurement1, measurement2, measurement3) does not affect to the patterns, if a pattern model includes 2/3 measurements from the measurement menu, it will be necessary for the student to include these measurements in the same experiment to be validated. However, it is possible that the student completes two or three experiments which include the same measurements

(using the measurement menu) defined by teacher's model pattern. It makes sense to analyze a set of measurements taken from the same experiment but if the teacher does not consider this aspect as key for the experiment results, it is recommended to split the experiment into the number of measurements required (using the measurement menu).

- The hypothesis established in chapter 1 derives from UNED's educational model and the EHEA teaching methodology. However, the physical distance between student and remote laboratory is not exclusive to distance education. Therefore, the implemented system can be transferred and applied to any educational model in which remote laboratories are used as a training element.

- The greatest challenge for the automation of the interaction analysis in a remote laboratory is to identify the experiment that the student is trying to design. Ergo, it is possible to identify the practical exercise the student is experimenting with, but, as each one is composed by a set of experiments — an indeterminate but finite number of experiments) — and each linked to a model pattern, initially it is not known which model pattern should be used to check against the student's experiment. This initial indeterminacy between the student's experiment and the model pattern entails a less specific and accurate feedback, specifically, generic feedback.

Making possible to identify at each experiment designed by the user which experiment they are trying to complete — and, consequently, which pattern model has to be used to check against — would allow a more exhaustive analysis, and a more specific feedback could be provided.

8.1. Future lines of work

This doctoral dissertation proposes a model for the automation of the assessment (formative/summative) of the practical work in remote laboratories.

This resulting system responds to the aforementioned issues. It also provides support to the educational principles on which the teaching/learning methodology at the UNED is based on. The formative automatic assessment carried out by the student, takes advantage of the communication logs between the user and the laboratory. Based on this communication, improvements can be made both in the implemented system and on new approaches.

The clearest line of research for the future results from the limitation to identifying the experiment the user is trying to design. This identification would allow a more specific and richer feedback, as detailed in previous sections.

It would also provide more indicators and parameters on the learning processes (learning analytics). Likewise, an environment including an online step by step laboratory manual and the remote laboratory - both embedded in a HTML5 webpage would assist on identifying which experiment the student is trying to complete and would allow a virtual tutor. This virtual tutor, if properly designed, would be able to cover all aspects of the experiment and would provide an individualized feedback

ANEXO: CONTENIDO DEL CD

Tabla 47. Contenido del CD

nivel0	nivel1	nivel2	nivel3	nivel4	nivel5
D:\					
	D:\lyV2\				
		<Sort>			
			<st>		
				<iframe>	
					Index.html
					frame.html
					app.css
					app.js
					logo.png
					og-image.png
					customizecourse.php
					Gruntfile.js
					index.html
					ISSUE_TEMPLATE.md
					jquery.binding.js
					package.json
					README.md
					Sortable.js
					Sortable.min.js
					<VISIR-feedback img>
					par0.fw.png
					par1.fw.png
					par2.fw.png
					par3.fw.png
					par4.fw.png
					ser0.fw.png
					ser1.fw.png
					ser2.fw.png
					ser3.fw.png

nivel0	nivel1	nivel2	nivel3	nivel4	nivel5
		frame.html			
		<datetimepicker-master>			
			<adlist>		
				glike.css	
				index.htm	
				admin.php	
				ads.php	
				db-template.php	
				db.php	
				setup.sql	
			<BasicLTI>		
				BasicLTI.php	
				blti_util.php	
				OAuth.php	
				license.txt	
				readme.txt	
			<build>		
				jquery.datetimepicker.full.js	
				jquery.datetimepicker.full.min.js	
				jquery.datetimepicker.min.js	
			<css>		
					
				BebasNeue-webfont.eot	
				BebasNeue-webfont.svg	
				BebasNeue-webfont.ttf	
				Dharma Type Font License.txt	
				BebasNeue-webfont.woff	
				botones.css	
				demo.css	
				reloj.css	
				style.css	
				style4.css	
				sup.css	
				suptablas.css	
				tabla.css	
			<images>		
				IMG_2182.jpg	
				IMG_2183.jpg	
				IMG_2184.jpg	
				pic1.jpg	
				pic2.jpg	
				pic3.jpg	
				pic4.jpg	
				pic5.jpg	

nivel0	nivel1	nivel2	nivel3	nivel4	nivel5
				pic6.jpg	
				exit.png	
				footer.png	
				footer2.fw.png	
				home.png	
				logo_Visir_dieec_v6.png	
				logo_Visir_dieec_v7.png	
				logo_Visir_dieec_v8.png	
				pattern.png	
				small_footer.fw.png	
				undo.png	
				Undo2.png	
			<ims-blti>		
				blti.php	
				blti_util.php	
				OAuth.php	
				LICENSE.txt	
			<js>		
				index.js	
				matrix.js	
				modernizr.custom.86080.js	
				prefixfree.min.js	
				simple.js	
				typed.js	
			<lib>		
				HttpClient.class.php	
			<screen>		
				1.png	
				2.png	
				3.1.png	
				3.png	
				4.png	
				5.png	
				6.png	
			<VISIR_feedback_img>		
				2.png	
				breadboard.png	
				channels.png	
				dmm.png	
				fgen.png	
				hz_samplerate.png	
				KO.png	
				logo_Visir_dieec_v8.png	
				measm.png	
				OK.png	
				par0.fw.png	
				par1.fw.png	

nivel0	nivel1	nivel2	nivel3	nivel4	nivel5
				par2.fw.png	
				par3.fw.png	
				par4.fw.png	
				psupp.png	
				ser0.fw.png	
				ser1.fw.png	
				ser2.fw.png	
				ser3.fw.png	
				ser4.fw.png	
				trigger.png	
			index.cfm		
			jquery.datetimepicker.css		
			sup.css		
			.gitignore		
			datetime.js		
			jquery.datetimepicker.js		
			jquery.datetimepicker.min.js		
			jquery.js		
			bower.json		
			datetimepicker.jquery.json		
			package.json		
			README.md		
			0pruebas.php		
			11.php		
			12.php		
			acceder_reserva.php		
			acceso_matrix.php		
			acceso_matrix_visu.php		
			acceso_matrix_weblabid copia.php		
			acceso_matrix_weblabid.php		
			acesolab.php		
			anulacion.php		
			anulada.php		
			anular_reserva.php		
			buscardenuevo.php		
			buscarporfecha.php		
			buscarporturno.php		
			cerrar_sesion.php		
			confirmacion.php		
			confirmacion_perdida.php		
			confirmacion_perdidarapida.php		
			confirmacion_repetida.php		
			confirmacion_superada.php		
			confirmacionrapida.php		
			confirmada.php		
			confirmada_anim.php		
			confirmadarapida.php		

nivel0	nivel1	nivel2	nivel3	nivel4	nivel5
			historial_reserva.php		
			inactivity.php		
			info.php		
			lab_pr_report_gen v2.php		
			lab_pr_report_gen.php		
			lab_practice_report.php		
			lab_report.php		
			lab_report_gen.php		
			lab_session_report.php		
			lms.php		
			matrix.php		
			misc.php		
			no_session.php		
			nueva_reserva.php		
			reloj.php		
			reloj_cliente_server.php		
			reloj_restante_servidorcon.php		
			reloj_restante_servidoresin.php		
			reserva_fecha.php		
			reserva_turno.php		
			sample.php		
			sesion_reserva.php		
			sistema_reservas.php		
			tiempo_restantecon.php		
			tiempo_restantesin.php		
			tool old.php		
			tool2.php		
			tool_PLANTILLA.php		
			tooliesemeasures.php		
			toolmeaicd.php		
			toolmecamt.php		
			toolmooctvisir.php		
			toolpilar.php		
			toolpowere.php		
			toolprueba.php		
			toolshared.php		
			Untitled-1.php		
			WebLabData.class.php		
			weblabdeusto.class.php		
			WebLabHttpRequestGateway.class.php		
			README.txt		
		<Sort>			
			frame.html		
			index.html		
		<VISIR-feedback img>			
			breadboard.png		
			par0.fw.png		

nivel0	nivel1	nivel2	nivel3	nivel4	nivel5
			par1.fw.png		
			par2.fw.png		
			par3.fw.png		
			par4.fw.png		
			ser0.fw.png		
			ser1.fw.png		
			ser2.fw.png		
			ser3.fw.png		
			ser4.fw.png		
		index.html			
		admincourse.php			
		checker.php			
		checker1.php			
		customizcourse.php			
		customizcourse_prueba.php			
		customizcourse_prueba2.php			
		expadmin.php			
		expadmin1.php			
		index.php			
		pattern_design.php			
		pattern_design1.php			
		pattern_o_matic.php			
		pattern_settings.php			
		pattern_settings1.php			
		pattern_settings_wr.php			
		pattern_store.php			
		pracourse.php			
		pracourse1.php			
		prueba.php			
		rechecker.php			
TESIS FGL: Evaluación y Aprendizaje en Laboratorios Remotos. pdf					

REFERENCIAS

3dlabs.upm.es. (2017). *UPM[3DLabs]*. [online] Disponible en: <https://3dlabs.upm.es/index.php> [Consultado 19-08-2017].

ABB-IRB1400. (2017). *ABB IRB 1400*. [online] Disponible en: <https://www.robots.com/abb/irb-1400> [Consultado 18-08-2017].

Abdulwahed, M., Nagy, Z. y Blanchard, R. (2008). "Beyond the classroom walls: remote labs, authentic experimentation with theory lectures". *Proceedings of The Nineteenth Annual Conference of The Australian Association for Engineering Education (AaeE), to Industry and Beyond*. Yeppoon, Australia, 7/10-12-2008, pp. W1A2.

Aguilera Gutiérrez, L. (2012). *Procesos de gestión de unidades de información y distribución turísticas*. Antequera, Málaga: Innovación y Cualificación.

Aljameel, S., O'Shea, J., Crockett, K., Latham, A. y Kaleem, M. (2017). "Development of an Arabic Conversational Intelligent Tutoring System for Education of children with ASD". *IEEE International Conference on Computational Intelligence and Virtual Environments for Measurement Systems and Applications (CIVEMSA)*. Annecy, 2017, pp. 24-29.

Álvarez, C., Jiménez-González, D., López, D., Alonso, J., Tous, R., Parcerisa, J. y Pérez, C. (2008). "SISA-EMU: feedback automático para ensamblador". *XII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, JENUI*, p. 557-564.

Ames, C., y Archer, J. (1988) "Achievement goals in the classroom: students' learning strategies and motivation processes," *Journal of Educational Psychology*, vol. 80,-09-1988, pp. 260-267.

Anderson, T. y Dron, J. (2011). "Three generations of distance education pedagogy". *International Review of Research in Online and Distance Learning (IRRODL)*, 12 (3), 80-97.

Andrade, H. y Valtcheva, A. (2009). "Promoting Learning and Achievement Through Self-Assessment". *Theory into Practice*, 48(1), pp.12-19.

Anglia Ruskin University. (2013). *Distance Learning – a history of flexibility*. Anglia Ruskin University. Disponible en: <https://distancelearning.anglia.ac.uk/blog/wp-content/uploads/2013/01/Anglia-Distance-Learning-Infographic.jpg> [Consultado 9-08-2017].

Ángulo, I. (2015). *Arquitectura Abierta para el Despliegue de Laboratorios Remotos sobre Tecnologías de Desarrollo de Sistemas Embebidos*. Tesis Doctoral. Universidad de Deusto - Facultad de Ingeniería.

Ariza, C., Hurtado, A. (2008). "Laboratorio remoto aplicado a la educación a distancia". *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, n. 18(2), pp.131-145.

Arnau, D., Arevalillo-Herraez, M. y Gonzalez-Calero, J. (2014). "Emulating Human Supervision in an Intelligent Tutoring System for Arithmetical Problem Solving". *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(2), pp.155-164.

Asumadu, J., Tanner, R., Fitzmaurice, J., Kelly, M., Ogunleye, H., Belter, J. y Koh, S. (2005). "A Web-Based Electrical and Electronics Remote Wiring and Measurement Laboratory (RwmLAB) Instrument". *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 54(1), pp.38-44.

Aydin, C. y Cagiltay, N. (2007). "How Assessment System of an Open Source Learning Management System Can Be Integrated to a Remote Laboratory Application? Problems and Solutions". *IEEE 18th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*. Atenas, pp. 1-3.

Bååth, J. A. (1985). *Postal Two-way communication in correspondence education*. Malmö: Liberhermods.

Bagnasco, A., Parodi, G. y Scapolla, A.M. (2007). "A Configurable Remote Laboratory for the Flexible Setup of Experiments in Electronics". *Advances on Remote Laboratories and e-Learning Experiences*. L. Gomes y J. García-Zubía, ed., pp. 271-284, Univ. of Deusto, 2007.

Baneres, D. y Saiz, J. (2016). "Intelligent Tutoring System for Learning Digital Systems on MOOC Environments". *10th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS)*. Fukuoka, pp. 95-102.

Barroso, J., Cabero, J. y Vázquez, A.I. (2012). "La formación desde la perspectiva de los entornos personales de aprendizaje (PLE)". [online]. *Revista de innovación educativa*, Vol 4, No 1. Disponible en: https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/24556/file_1.pdf?sequence=1

- Bennett, P. (2015). "NANSLO: A Fully Actualized Remote Science Teaching Lab". *Tested Studies for Laboratory Teaching*. Volume 36 (K. McMahon, Editor). Proceedings of the 36th Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE) [online] Disponible en: <http://www.ableweb.org/volumes/vol-36/v36reprint.php?ch=20>[Consultado 17-08-2017].
- Bernárdez, M. (2007). *Diseño, producción e implementación de E-Learning*. Bloomington: AuthorHouse.
- Biocca, F. (2001). "Inserting the Presence of Mind into a Philosophy of Presence: A Response to Sheridan and Mantovani and Riva". *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 10(5), pp.546-556.
- Black, P. y Williams, D., (2009). "Developing the theory of formative Assessment. Educational Assessment", *Evaluation and Accountability*, 21, pp. 5-31
- Boekaerts, M., Pintrich, P. y Zeidner, M. (Eds.). (2000). *Handbook of self-regulation*. San Diego, CA: Academic Press.
- Bouzidi L. y Jaillet, A. (2009). "Can online peer assessment be trusted?". *Educational Technology & Society*, 12(4), 257-268.
- Britto, R., de Oliveira Filho, W., Barros, C. y Lopes, E. (2017). "Intelligent tutor system model applied to basic electronics". *12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*. Lisboa, pp. 1-5.
- Calvo, A. y Mingorance, A. C. (2010). "Evaluación continua de conocimientos vs de competencias: Resultados de la aplicación de dos métodos valorativos diferentes". *Revista de Investigación Educativa*, 28 (2), 361-383.
- Capras, R., Drugan, T. y Bolboaca, S. (2017). Development and validation of a questionnaire to assess evidence based-practice. *E-Health and Bioengineering Conference (EHB)*. Sinaia, 2017, pp. 129-132.
- Capterra.com. (2017). *Top 20 LMS (Learning Management System) Software 2017 - Compare Reviews*. [online] Disponible en: <http://www.capterra.com/learning-management-system-software/#infographic> [Consultado 15-08-2017].
- Carpeño, A., Lopez, S. y Arriaga, J. (2014). "Using remote laboratory eLab3D for a broader practical skills training in electronics". *11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*. Oporto, 2014, pp. 98-99.

Carpeño, A, López, S., Arriaga, J. y Ruiz, M. (2014). "Demostración de la plataforma educativa eLab3D para el aprendizaje de la electrónica". *XI Congreso de Tecnologías, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica, TAEE 2014*. Bilbao, pp. 230-234.

Carro, G. (2014). *Sistema de Integración de Laboratorios Remotos de Robótica (Silarr): Laboratorio Remoto de Robótica, Escalable, Versátil y Modular*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSI), Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

Casey, D. (2005). "u-Learning = e-Learning + m-Learning". *Proceedings of E-Learn 2005-World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*. G. Richards (Ed.), Vancouver, Canada: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), (pp. 2864-2871).

Casquero, O. Portillo, J. Ovelar, R. Benito, M. y Romo, J. (2010). "iPLE Network: an integrated eLearning 2.0 architecture from a university's perspective". *Interactive Learning Environments*, vol. 18, no 3, p. 293-308.

Castañeda, L. y Adell, J. (eds.). (2013). *Entornos personales de aprendizaje: claves para el ecosistema educativo en red*. Alcoy: Marfil.

Castro, M., Lopez-Rey, A., Perez-Molina, C., Colmenar, A., de Mora, C., Yeves, F., Carpio, J., Peire, J. y Daniel, J. (2001). Examples of distance learning projects in the European Community. *IEEE Transactions on Education*, 44(4), pp.406-411.

Chen, B., DeMara, R., Salehi, S. y Hartshorne, R. (2017). "Elevating Learner Achievement Using Formative Electronic Lab Assessments in the Engineering Laboratory: A Viable Alternative to Weekly Lab Reports". *IEEE Transactions on Education*, pp.1-10.

Chen, Y. y Tsai, C. (2009). "An educational research course facilitated by online peer assessment". *Innovations in Education and Teaching International*, 46(1), 105-117.

Chevalier, A., Copot, C., Ionescu, C. y De Keyser, R. (2017). "A Three-Year Feedback Study of a Remote Laboratory Used in Control Engineering Studies". *IEEE Transactions on Education*, 60(2), pp.127-133.

Chickering, A. y Gamson, Z. (1991). *Applying the Seven Principles to Good Practice in Undergraduate Education*. San Francisco: Jossey-Bass.

Chorana, A., Lakhdari, A., Cherroun, H. y Naoui, S. (2014). "XML-based fully automatic assessment system for IT skills". *International Conference on Web and Open Access to Learning (ICWOAL)*. Dubai, pp. 1-6.

Claesson, L. y Håkansson, L. (2012). "Using an Online Remote Laboratory for Electrical Experiments in Upper Secondary Education". *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, 8(S2), pp. 24-30.

Claesson, L., Khan, I., Zachrisson, J., Nilsson, K., Gustavsson, I. y Håkansson, L. (2015). "Using a VISIR laboratory to supplement teaching and learning processes in physics courses in a Swedish Upper Secondary School". *IT Innovative Practices in Secondary Schools: Remote Experiments, 1st ed.* Bilbao: Engineering Collection series of the Deusto University Publications, IEEE Industrial Electronics Magazine. O. Dziabenko y J. García-Zubía. pp. 141-175.

Claesson, L., Nilsson, K. Zackrisson, J., Gustavsson, I. y Håkansson, L. (2010). "Remote laboratory experiments at the Upper Secondary School Katedralskolan in LUND". *Proceedings of the Seventh International Congress on the area of remote engineering and virtual instrumentation REV*. Estocolmo.

Claesson, L. (2014). *Remote Electronic and Acoustic Laboratories in Upper Secondary Schools*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica de Blekinge - BTH, Suecia.

Coble, A., Smallbone, A., Bhave, A., Watson, R., Braumann, A., Kraft, M. (2010). "Delivering authentic experiences for engineering students and professionals through e-labs". *IEEE EDUCON*. pp 1085 – 1090.

Coffield, F., Moseley, D., Hall, E. y Ecclestone, K. (2004). Learning styles and pedagogy in post-16 learning: A systematic and critical review. Learning and Skills Research Centre. 1st ed. Disponible en:
<http://skills.nl/lerenlerennu/bronnen/Learning%20styles%20by%20Coffield%20e.a..pdf>
[Consultado 12-12-2016].

Computer History Museum. (2017). *Internet History of 1960s | Internet History |*. Computer History Museum. [online] Disponible en:
<http://www.computerhistory.org/internethistory/1960s/> [Consultado 10-08-2017].

Computer History Museum. (2017). *What Was The First PC? - CHM Revolution*. [online]. Computer History Museum. Disponible en:

<http://www.computerhistory.org/revolution/personal-computers/17/297> [Consultado 11-08-2017].

Cornford, I. R. (2002). "Learning-to-learn strategies as a basis for effective lifelong learning". *International Journal of Lifelong Education*, 21, 357-368.

Considine H., Nafalski A. y Nedic Z. (2017) Remote Laboratory Environments for Smart E-Learning. *Smart Education and e-Learning 2017. SEEL 2017. Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol 75, pp.82-91. Uskov V., Howlett R., Jain L. (eds). Springer, Cham.

Corter, J., Nickerson, J., Esche, S. y Chassapis, C. (2004). "Remote versus hands-on labs: a comparative study". *Frontiers in Education, FIE*. Savannah. Vol. 2, pp. F1G-17-21.

Corter, J. E., Nickerson, J. V., Esche, S. K., Chassapis, C., Im, S y Ma, J. (2007). "Constructing reality: A study of remote, hands-on, and simulated laboratories". *ACM Transactions on Computer- Human Interaction (TOCHI)*, vol. 14, no. 2, p. 7.

Costa, R., Alves, G., y Zenha-Rela, M. (2012). "Reconfigurable IEEE1451-FPGA based weblab infrastructure". *9th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*. Bilbao, pp. 1-9.

Costa, D., Mullan, B., Kothe, E. y Butow, P. (2010). "A web-based formative assessment tool for Masters students: A pilot study". *Computers & Education*, 54(1), 1248-1253.

Cotfas, P., Cotfas, D. y Gerigan, C. (2015). "Simulated, hands-on and remote laboratories for studying the solar cells". *Intl Aegean Conference on Electrical Machines & Power Electronics (ACEMP), Intl Conference on Optimization of Electrical & Electronic Equipment (OPTIM) & 2015 Intl Symposium on Advanced Electromechanical Motion Systems (ELECTROMOTION)*. Side, pp. 206-211.

Covadonga, L. A. y Matesanz, M (2009). *Las plataformas de aprendizaje: del mito a la realidad*. Ed. Biblioteca Nueva.

Curtin-GEEP. (2017). Green Electric Energy Park, GEEP, research facilities - Centre for Smart Grid and Sustainable Power Systems | Curtin University, Perth, Australia. [online] Disponible en: <http://smartgrid.curtin.edu.au/facilities/geep/> [Consultado 18-08-2017].

Dabbagh, N. y Kitsantas, A. (2012). "Personal Learning Environments, social media, and self-regulated learning: A natural formula for connecting formal and informal learning". *The Internet and Higher Education*, vol. 15, no 1, p. 3-8.

- Daniel, J. (2012a). *Mega-universities and Knowledge Media*. Hoboken: Taylor y Francis.
- Daniel, J. (2012b). Making Sense of MOOCs: Musings in a Maze of Myth, Paradox and Possibility. *Journal of Interactive Media in Education*, 3, p.18.
- Dansereau, D. F. (1985). *Learning strategy research*. En J. V. Segal, S. F. Chipman y R. Glaser (Eds.), *Thinking and learning skills. Vol 1: Relating instruction to research*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Davis, K. (2011). "Using low-stakes quizzing for student self-evaluation of readiness for exams". *Frontiers in Education Conference (FIE)*. Rapid City, pp. F3D-1-F3D-6.
- de la Torre, L., Heradio, R., Jara, C., Sanchez, J., Dormido, S., Torres, F. y Candelas, F. (2013). "Providing collaborative support to virtual and remote laboratories". *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 6(4), pp.312-323.
- de Miguel, M., Alfaro, I.J., Apodaca, P., Arias, J. M., García, E., Lobato, C. y Pérez, A. (2005). *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias - orientaciones para promover el cambio metodológico en el Espacio Europeo de Educación Superior*. Oviedo: Servicio de Publicaciones. Universidad de Oviedo, Dirección General de Universidades del Ministerio de Educación y Ciencia.
- Delgado, A. M., Borge, R., García, A., Oliver, R., Salomón, L. (2005). *Competencias y Diseño de la Evaluación Continua y Final en el Espacio Europeo de Educación Superior*. Ministerio de Educación y Ciencia - Dirección General de Universidades. Programa de Estudios y Análisis (Número de referencia: EA2005-0054).
- Delling, R. M. (1985). *Fernstudium in der Weimarer Republik*. ZIFF Papiere 54. Hagen: FernUniversität
- DeMara, R., Salehi, S., Khoshavi, N., Hartshorne, R. y Chen, B. (2016). "Strengthening stem laboratory assessment using learner portfolio and electronic assessment". In Chen, B., deNoyelles, A., & Thompson, K. (Eds.), *Teaching Online Pedagogical Repository*. Orlando, FL: University of Central Florida Center for Distributed Learning. Accedido el 3-9-2017. disponible en: <https://topr.online.ucf.edu/strengthening-stem-laboratory-assessment-using-learner-portfolio-and-electronic-assessment/>
- Dermo, J. (2009). "E-Assessment and the student learning experience: A survey of student perceptions of e-assessment". *British Journal of Educational Technology*, 40(2), 203-214.

Di Blas, N., Bucciero, A., Mainetti, L. y Paolini, P. (2012). "Multi-User Virtual Environments for Learning: Experience and Technology Design". *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 5, no. 4, pp. 349-365.

Di Giamberardino, P. y Temperini, M. (2017). "Adaptive access to robotic learning experiences in a remote laboratory setting". *International Carpathian Control Conference (ICCC)*. Sinaia, pp. 565-570.

Dirckinck-Holmfeld, L, Jones, C y Lindström, B (eds) (2009), *Analysing Networked Learning Practices in Higher Education and Continuing Professional Development*. Sense Publishers, Rotterdam, The Netherlands. Technology Enhanced Learning, no. 4

Docs.moodle.org. (2017). *MoodleDocs*. [online] Disponible en: <https://docs.moodle.org/> [Consultado 10-08-2017].

Doleck, T., Basnet, R., Poitras, E. y Lajoie, S. (2014). "Exploring the link between initial and final diagnosis in a medical intelligent tutoring system". *IEEE International Conference on MOOC, Innovation and Technology in Education (MITE)*. Patiala, 2014, pp. 13-16.

Doleck, T., Basnet, R., Poitras, E. y Lajoie, S. (2015). "Towards examining learner behaviors in a medical intelligent tutoring system: A Hidden Markov Model approach". *IEEE International Advance Computing Conference (IACC)*. Bangalore, pp. 329-332.

Dormido, S. Sanchez, I. Torre, L., Heradio, R. Carreras, C., Sanchez, J.P. y Yuste, M. (2012). "Physics Experiments at the UNEDLabs Portal". *iJOE*, vol. 8, no. 1, pp. 26-27.

Dorrego, E. (2006). "Educación a Distancia y Evaluación del Aprendizaje". *RED - Revista de Educación a Distancia*, nº 6 . disponible en <http://www.um.es/ead/red/M6>. Consultado (30/08/2017).

Downes, S. (2007). "Learning networks in practice". *Emerging Technologies for Learning*, 2, 19-27.

Downes, S. (2007). Another PLE Diagram. [online] Disponible en: https://www.flickr.com/photos/stephen_downes/2103402247/ [Consultado 15-08-2017].

Drupal.org. (2017). *Drupal - Open Source CMS*. [online] Disponible en: <https://www.drupal.org/> [Consultado 18-08-2017].

Duffy, M. y Azevedo, R. (2015). "Motivation matters: Interactions between achievement goals and agent scaffolding for self-regulated learning within an intelligent tutoring

system". *Computers in Human Behavior*, vol. 52,-11-2015, pp. 338-348, doi:10.1016/j.chb.2015.05.041.

Dziabenko, O., Orduña, P. y García-Zubía, J. (2013). "Remote experiments in secondary school education". *Frontiers in Education Conference (FIE)*. Oklahoma, pp. 1760-1764.

EC PILAR. (2016). *Erasmus+ Project - Platform Integration of Laboratories based on the Architecture of visiR*. [online] Disponible en: <http://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/projects/eplus-project-details-page/?nodeRef=workspace://SpacesStore/2d88ecb1-3db1-4a29-93c1-dd2802eec4f6> [Consultado 22-11-2016].

EC VISIR+. (2016). *Erasmus+ Project - Educational Modules for Electric and Electronic Circuits Theory and Practice following an Enquiry-based Teaching and Learning Methodology supported by VISIR*. [online] Disponible en: <http://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/projects/eplus-project-details/#project/5baadcef-0a61-4592-8196-c63d200f36ea> [Consultado 22-11-2016].

Elias, C., Shehata, O. y Morgan, E. (2015). "Remote e-Lab Towards an Integrated Cognitive Experience". *International Conference on Developments of E-Systems Engineering (DeSE)*, Dubai, 2015, pp. 332-337.

Emona ETT101. (2017). *Compact Experimenter - ETT-101 BiSKIT*. [online] Disponible en: <http://www.emona-tims.com/emona-product/compact-experimenter/> [Consultado 17-08-2017].

Emona-DATEx. (2017). *Emona Telecoms-Trainer ETT-202, Multi-Experiment Single Board Telecommunications Trainer for the popular NI ELVIS™ Platform*. [online] Disponible en: <http://www.emona-datex.com> [Consultado 17-08-2017].

Epstein, M., Lazarus, A., Calvano, T., Matthews, K., Hendel, R., Epstein, B. y Brosvic, G. (2002). "Immediate Feedback Assessment Technique Promotes Learning and Corrects Inaccurate First Responses". *The Psychological Record*, 52(2), pp.187-201.

Ettus-N200. (2017). *USRP N200 Software Defined Radio (SDR) - Ettus Research*. [online] Disponible en: <https://www.ettus.com/product/details/UN200-KIT> [Consultado 17-08-2017].

Feisel, L. y Rosa, A. (2005). "The role of the laboratory in undergraduate engineering education". *Journal on Engineering Education*, 94, No 1, pp. 121-130.

Ferreira, G., Lacerda, J., Schlichting, L. y Alves, G. (2014). "Enriched scenarios for teaching and learning electronics". *XI Technologies Applied to Electronics Teaching, TAAE*. Bilbao, pp. 1-6.

Festo-didactic. (2017). *Estación de trabajo compacta MPS® PA con tramos de regulación de nivel, caudal, presión y temperatura - Compact-Workstation - Automatización de procesos - Learning Systems - Festo Didactic*. [online] Disponible en: <http://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/automatizacion-de-procesos/compact-workstation/estacion-de-trabajo-compacta-mps-pa-con-tramos-de-regulacion-de-nivel,caudal,presion-y-temperatura.htm?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4xOC44ODIuNDM3Ng> [Consultado 28-2-2017].

Fidalgo, A., Alves, G., Marques, M., Viegas, M., Costa-Lobo, M., Henandez-Jayo, U., García-Zubía, J. y Gustavsson, I. (2014). Adapting Remote Labs to Learning Scenarios: Case Studies Using VISIR and RemotElectLab. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 9(1), pp.33-39.

Fieldly, T., Shur, M., Shen, H. y Ytterdal, T. (2000). "AIM-Lab: a system for remote characterization of electronic devices and circuits over the Internet". *Proceedings of the 2000 Third IEEE International Caracas Conference on Devices, Circuits and Systems* (Cat. No.00TH8474). Cancun, pp. I43/1-I43/6.

Gagné, M., Koestner, R., y Zuckerman, M. (2000). "Facilitating Acceptance of Organizational Change: The Importance of Self Determination". *Journal of applied social psychology*, vol. 30, no. 9, pp. 1843-1852.

García Aretio, L., (1990), "Historia de la Educación a Distancia". *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia RIED*, 2(1), pp. 8-27.

García Aretio, L. (2012). *¿Qué es "Educación a Distancia" (EaD)?*. Contextos universitarios mediados. (ISSN: 2340-552X). Recuperado de <http://aretio.hypotheses.org/203>.

García Aretio, L. (2013). "Historia de la Educación a Distancia". *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, RIED*, 2(1).

García Aretio, L. (1987). "Hacia una definición de Educación a Distancia". *Boletín informativo de la Asociación Iberoamericana de Educación Superior a distancia*, Abril. Año 4, N° 18, 4pp.

García Aretio, L. (2002). *Por qué e-learning*. Ed. BENED.

- García-Loro, F., Macho, A., Sancristobal, E., Artacho, M., Díaz, G. y Castro, M. (2016). "Remote laboratories for electronics and new steps in learning process integration". *13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, 2016, pp. 112-117.
- García-Loro, F., Tawfik, M., López-Rey, A., Monteso, S., Sancristobal, E., Albert, M.J., Díaz, G. y Castro, M. (2014). "Acquisition of Practical Competences Through a MOOC". *25th International Conference on College Teaching and Learning. Teaching, Learning & Technology: Innovation in a Global Learning Community*, (Anual), págs. 20. Organizador: The Center for the Advancement of Teaching and Learning. 24 al 28 de Marzo de 2014, Ponte Vedra Beach.
- García-Loro, F., Díaz, G., Tawfik, M., Martín, S., Sancristobal, E. y Castro, M. (2014). "A practice-based MOOC for learning electronics". *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. Estambul, pp. 969-974.
- García-Loro, F. (2014). *Evaluación del Curso Online Masivo Abierto "Bases de Circuitos y Electrónica Práctica: valoración de los estudiantes, resultados del curso y rendimiento del laboratorio*. Trabajo Fin de Máster. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales - ETSII - de la Universidad Nacional de Educación a Distancia - UNED.
- García-Zubía, J., Cuadros, J., Romero, S., Hernandez-Jayo, U., Orduña, P., Guenaga, M., Gonzalez-Sabate, L. y Gustavsson, I. (2016). "Empirical Analysis of the Use of the VISIR Remote Lab in Teaching Analog Electronics". *IEEE Transactions on Education*, pp.1-8.
- Garrison, D.R. (1985). "Three generations of technological innovation in distance education". *Distance Education*. 6(2), pp. 235-241.
- Garrison, D.R. (1990). *Understanding Distance Education: A Framework for the Future*. Londres: Routledge.
- Gaytan, J., y McEwen, B. (2009). "Effective online instructional and assessment strategies". *The American Journal of Distance Education*, 21(3), 117-132.
- Genovard, C. y Gotzens, C. (1990). *Psicología de la Instrucción*. Madrid: Santillana.
- Gibbs, G. y Simpson, C. (2004). "Conditions under which Assessment supports Student Learning". *Learning and teaching in higher education*, 1, 3-31.
- Gillet, N., Gagné, M., Sauvagre, S., y Fouquereau, E. (2013) "The role of supervisor autonomy support, organizational support, and autonomous and controlled motivation

in predicting employees' satisfaction and turnover intentions, European". *Journal of Work and Organizational Psychology*, vol. 22, no. 4, pp. 450-460.

Gipps, C. V. (2005). "What is the role for ICT-based assessment in universities?" *Studies in Higher Education*, Vol. 30 n^o2, pp. 171-180.

Go-lab-project.eu. (2016). Learning by Experience | Go-Lab. [online] Disponible en: <http://www.go-lab-project.eu/> [Consultado 22-11-2016].

Goldi-labs.net. (2017). *GOLDi*. [online] Disponible en: <http://www.goldi-labs.net/> [Consultado 13-09-2017].

Gomes L. y Bogosyan S. (2009). "Current Trends in Remote Laboratories". *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 56, No. 12, pp. 4744-4756.

González, M. C. y Tourón, J. (1992). *Autoconcepto y rendimiento académico. Sus implicaciones en la motivación y en la autorregulación del aprendizaje*. Pamplona: EUNSA.

González, M. (2017). *T-Learning | Nuevas Tecnologías para la Educación*. [online] Disponible en: <http://blog.catedratelefonica.deusto.es/t-learning/> [Consultado 13-08-2017].

Greene, J. A., y Azevedo, R. (2007). "A theoretical review of Winne and Hadwin's model of self-regulated learning: New perspectives and directions," *Review of Educational Research*, vol. 77,-09-2007, pp. 334-372.

Gu, P. (2005). *Learning Strategies: Prototypical Core and Dimensions of Variation*. AIS St Helens - Centre for Research in International Education.

Gustavsson, I. (2013). *VISIR Relay Switching Matrix Version 4.1 – User's Manual*. VISIR-SIG.

Gustavsson, I., Nilsson, K., Zackrisson, J., García-Zubía, J., Hernández-Jayo, U., Nafalski, A., Nedic, Z., Gol, O., Machotka, J., Pettersson, M.I., Lago, T. y Håkansson, L. (2009). "On objectives of instructional laboratories, individual assessment, and use of collaborative remote laboratories". *IEEE Transactions on Learning Technologies*. Vol 2, Issue 4. pp. 263-274.

Gustavsson, I., Zackrisson, J., Håkansson, L., Claesson, L y Lagö, T. (2007). "The VISIR project – an Open Source Software Initiative for Distributed Online Laboratories". *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*. Oporto, pp. 1-6.

- Hanson, B., Culmer, P., Gallagher, J., Page, K., Read, E., Weightman, A. y Levesley, M. (2009). "ReLOAD: Real Laboratories Operated at a Distance". *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2(4), pp.331-341.
- Haque, E. y Ahmed, F. (2015). "Implementation of remote wireless communication laboratory for enhancing engineering education in developing countries". *International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)*. Dacca, 2015, pp. 300-305.
- Haque, E., Ahmed, F., Das, S. y Salim, K. (2015). "Implementation of remote laboratory for engineering education in the field of Power electronics and Telecommunications". *International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE)*. Dacca, 2015, pp. 213-216.
- Haque, E., Nayna, T. y Ahmed, F. (2016). "An activating framework using software defined radio to enhance classroom teaching for wireless communication courses in developing countries". *Computing Conference (SAI)*. Londres, pp. 823-827.
- Harris, R. y Hodges, C. (2016). "Using Google Tools for Online Coursework: Student Perceptions". *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 4(3), pp.385-391.
- Hatfield, D. y Lovegrove, J. (2012). "The use of skills inventories to assess and grade practice: Part 2 – Evaluation of assessment strategy". *Nurse Education in Practice*, 12(3), pp.133-138.
- Havnes, A., Smith, K., Dysthe, O. y Ludvigsen, K. (2012). "Formative assessment and feedback: Making learning visible". *Studies in Educational Evaluation*, 38(1), pp.21-27.
- Henke, K., Vietzke, T., Wuttke, H. y Ostendorff, S. (2015). "Safety in Interactive Hybrid Online Labs". *Proceedings of 2015 12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*. Bangkok, pp. 37 - 42.
- Henri, F., Charlier, B. y Limpens, F. (2008). "Understanding PLE as an Essential Component of the Learning Process", *EDMEDIA*, vol. no 1, p. 3766-3770.
- Hernández-Jayo, U. (2012). *Metodología de Control Independiente de Instrumentos y Experimentos para su Despliegue en Laboratorios Remotos*. Tesis Doctoral. Universidad de Deusto.
- Hernández-Pina, F., Rosário, P. y Cuesta, J. D. (2010). "Impacto de un programa de autorregulación del aprendizaje en estudiantes de Grado". *Revista de Educación*, 353, 571-588.

Heydenrych, J. F. y Prinsloo, P. (2010). "Revisiting the five generations of distance education: Quo vadis?". *Progressio*, 32 (1), pp. 5-26.

Hodgkinson, B., Lutteroth, C. y Wunsche, B. (2016). "glGetFeedback — Towards automatic feedback and assessment for OpenGL 3D modelling assignments". *International Conference on Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ)*. Palmerston North, pp. 1-6.

Hofstein, A y Lunetta, V. (2004). "The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century". *Science education*, 88, No 1, pp. 28-54.

Holmberg, B., Bernath, U., Busch, F., Garz, D., Hanft, A., Hülsmann, T., Moschner, B., Scholz, W. and Zawacki-Richter, O. (2005). *The Evolution, Principles and Practices of Distance Education*. Oldenburg: Bibliotheks- und Informationssystem der Universität Oldenburg.

Holmberg, B. (1986). *Growth and structure of distance education*. Croom Helm.

Hunter, C. L., Spence, K., McKenna, K., y Iedema, R. (2008). "Learning how we learn: an ethnographic study in a neonatal intensive care unit. *Journal of Advanced Nursing*", 62(6), 657-664.

Hussain, S., Zhaoshun, W. y Chang-ai, S. (2011). "A comparative study of open-source learning management systems". *2011 IEEE International Workshop on Open-source Software for Scientific Computation*. Beijing, pp. 86-93.

Hyder, A., Choi, S. y Schaefer, D. (2010). "Remotely controlled laboratory experiments: Creation and examples". *IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium*. Charlottesville, pp. 62-67.

IAOE-GOLC. (2016). *International Association of Online Engineering (IAOE) & Global Online Consortium (GOLC)*. [online] Disponible en: <http://online-engineering.org/> [Consultado 22-11-2016].

Ibrahim, W. y Morsi, R. (2005). "Online Engineering Education: A Comprehensive Review". *American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition ASEE*. pp. 1010-1023.

Iedra.uned.es. (2017). | *UNED Abierta*. [online] Disponible en: <https://iedra.uned.es/> [Consultado 1-6-2017].

IGI Global, (2017). *What is e-Learning?*. [online] Disponible en: <https://www.igi-global.com/dictionary/e-learning/8785> [Consultado 13-08-2017].

iLab. (2017). *MIT iLab Service Broker*. [online] Disponible en: <http://ilab.mit.edu/> [Consultado 29-08-2017].

ITE- Internet aula abierta 2.0. (2017). *Internet aula abierta 2.0: Conceptos generales*. Instituto Tecnológico de Educación (ITE). [online] Disponible en: http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/157/cd/m7_1_plataformas_de_aprendizaje_en_red/conceptos_generales.html [Consultado 13-08-2017].

IUED, (2015). *Guía Práctica: Conocer y utilizar el Campus UNED y los Cursos Virtuales en aLF*. 6th ed. [ebook] Madrid: Instituto Universitario de Educación a Distancia (IUED), Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Disponible en: http://portal.uned.es/pls/portal/docs/PAGE/UNED_MAIN/LAUNIVERSIDAD/VICERRECTORADOS/CALIDAD_E_INTERNACIONALIZACION/INNOVACION_DOCENTE/IUED/DOCUMENTOS/PLAN%20DE%20ACOGIDA/GU%C3%8DA_ESTUDIANTE_S_UNED.PDF [Consultado 15-07-2017].

Iutbayonne.univ-pau.fr. (2015). *La vidéo LaboREM du département GIM en compétition pour Mon innovation numérique en 2 minutes | IUT de Bayonne et du Pays Basque*. [online] Disponible en: <https://www.iutbayonne.univ-pau.fr/actualites/4202-video-laborem-du-departement-gim-en-competition-pour-mon-innovation-numerique-en-2-m> [Consultado 12-08-2017].

Java-WebStart (2017). *¿Qué es Java Web Start y cómo se ejecuta?* [online] Disponible en: https://www.java.com/es/download/faq/java_webstart.xml [Consultado 22-08-2017].

Jeong, H. (2012) "A comparative study of scores on computer-based tests and paper-based tests". *Behaviour & Information Technology*, vol. 33, pp. 410-422.

Jeschke, S., Al-Zoubi, A., Pfeiffer, O., Natho, N. and Nsour, J. (2008). "Classroom-laboratory interaction in an electronic engineering course". *2008 International Conference on Innovations in Information Technology*. Al Ain, pp. 337-341.

Jiménez-González, D., Alvarez, C., Lopez, D., Parcerisa, J., Alonso, J., Perez, C., Tous, R., Barlet, P., Fernandez, M. y Tubella, J. (2008). "Improving feedback using an automatic assessment tool". *38th Annual Frontiers in Education Conference*. Saratoga Springs, pp. S3B-9-T1A-10.

Johnstone, A. y Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, 5, pp. 42-51.

Jordan, K. (2017). *MOOC completion rates*. [online] Disponible en: <http://www.katyjordan.com/MOOCproject.html> [Consultado 2-03-2017].

Kamal, M. y Mohd, H. (2009). "Examinable course assessment tool based on outcome based education". *International Conference on Engineering Education (ICEED)*. Kuala Lumpur, pp. 177-182.

Kang, W. Jo, H. G. Ku, H. y Kim, Y. (2010). "Electronics & Telecommunications Remote Laboratory for RF transmitter and power amplifier test". *Asia-Pacific Microwave Conference*, Yokohama. pp. 1444-1447.

Kaplan, A. y Haenlein, M. (2016). "Higher education and the digital revolution: About MOOCs, SPOCs, social media, and the Cookie Monster". *Business Horizons*, 59(4), pp.441-450.

Kara, A., Aydin, E. U., Oktem, R. y Cagiltay, N. (2007). "A Remote Laboratory for Training in Radio Communications: ERRL". *IEEE 18th International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications*. Atenas, pp. 1-5.

Karadimas, D. y Efstathiou, K. (2007). "An Integrated Educational Platform Implementing Real, Remote Lab-Experiments for Electrical Engineering Courses". *Journal of Computers*, 2(2).

Keegan, D. (2013). *Foundations of distance education*. Routledge.

Kentnor, H. (2015), "Distance Education and the Evolution of Online Learning in the United States". *Curriculum and Teaching Dialogue*, Vol. 17, Nos. 1 & 2, 2015; U Denver Legal Studies Research Paper No. 15-41.

Keuning, H., Jeurig, J. y Heeren, B. (2016). "Towards a systematic review of automated feedback generation for programming exercises". *Proceedings of the 2016 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education ITiCSE '16*. Arequipa, pp. 41-46.

Kidd, T. (2009). "Investing in Multimedia Agents for E-Learning Solutions". *Encyclopedia of Multimedia Technology and Networking*, Second Edition, pp.789-794.

- King, F.B., Young, M.F., Drivere-Richmond, K. y Schrader, P.G. (2001). "Defining Distance Learning and Distance Education". *AACE Journal*, 9(1), 1-14. Norfolk, VA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Kirby, J. R. (Ed.) (1984). *Cognitive strategies and educational performance*. New York: Academic Press.
- Kirkwood, A. y Price, L. (2014). "Technology-enhanced learning and teaching in higher education: what is 'enhanced' and how do we know? A critical literature review". *Learning, Media and Technology*, 39(1) pp. 6-36.
- Kirschner, P, A. (1988). "The laboratory in Higher Science Education, Problems, Premises, and Objectives". *Higher Education*, 17, No 1, pp. 81-90.
- Kruse, D., Frerich, S., Petermann, M., Ortelt, T. and Tekkaya, A. (2016). "Remote labs in ELLI: Lab experience for every student with two different approaches". *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. Abu Dhabi, pp. 469-475.
- Kukharensko, V. (2013). "Designing Massive Open Online Courses". *International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications, ICTERI*. Jersón, pp 273-280.
- Kulik, J. y Kulik, C. (1988). "Timing of Feedback and Verbal Learning". *Review of Educational Research*, 58(1), pp.79-97.
- Kurup, L., Joshi, A. y Shekhokar, N. (2016). "A review on student modeling approaches in ITS". *3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development INDIACom*. Nueva DelHi, pp. 2513-2517.
- Kyomugisha, H., Kigezi, T., Mwikirize, C., Akol, R., Orishaba, D. y Kyesswa, M. (2012). "A remote direct sequence spread spectrum communications lab utilising the Emona DATEx". *9th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*. Bilbao, pp. 1-6.
- Lang, D., Mengelkamp, C., Jäger, R., Geoffroy, D., Billaud, M. y Zimmer, T. (2007). "Pedagogical evaluation of remote laboratories in eMerge project". *European Journal of Engineering Education*, 32(1), pp.57-72.
- Lekira, A., Despres, C., Jacoboni, P., Choquet, C., Iksal, S., Py, D. y Ngoc, D. (2011). "Using Indicators During Synchronous Tutoring of Practical Work". *IEEE 11th International Conference on Advanced Learning Technologies*. Athens, GA, pp. 568-572.

Lekira, A., Despres, C. y Jacoboni, P. (2011). "An Indicator-based Approach to Support Teachers' Activities: Use Case within the Framework of Learning Object-Oriented Programming with HOP3X". *IEEE 11th International Conference on Advanced Learning Technologies*. Atenas, GA, pp. 120-122.

Lekira, A., Despres, C., Jacoboni, P. y Py, D. (2012). "Supporting Teachers to Enhance Teachers' and Students' Performance: Implementation of an Indicator-Based Approach and Experimentations with HOP3X". *IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies*. Roma, pp. 515-517.

Lewis, L., Snow, K., Farris, E. y Levin, D., (1999). *Distance Education at Postsecondary Education Institutions: 1997-98*. Washington, DC: U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics.

Li, L., Steckelberg, A. y Srinivasan, S. (2008). "Utilizing peer interactions to promote learning through a web-based peer assessment system". *Canadian Journal of Learning and Technology*, 34(2).

Lim, C., Ong, B., Wilder-Smith, E. y Seet, R. (2006). "Computer-based versus pen-and-paper testing: Students' perception". *Annals-Academy of Medicine*, vol. 35.

Lindsay, E. y Good, M. (2005). "Effects of Laboratory Access Modes Upon Learning Outcomes". *IEEE Transactions on Education*, 48(4), pp.619-631.

Liyanagunawardena, T., Parslow, P. y Williams, S. (2014). "Dropout: MOOC Participants' Perspective". *Proceedings of eMOOCs*. Lausana, pp. 95-100.

López D., Cedazo R., Sánchez F.M. y Sebastian J.M. (2009). "Ciclope Robot: Web-Based System to Remote Program an Embedded Real-Time System". *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 56, No. 12, pp. 4791-4797.

Lopez, S., Carpeño, A. y Arriaga, J. (2014). "Laboratorio remoto eLab3D: Un mundo virtual inmersivo para el aprendizaje de la electrónica". *11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation REV*. Oporto, 2014, pp. 100-105.

Lopez, S., Carpeño, A. y Arriaga, J. (2015). Remote Laboratory eLab3D: A Complementary Resource in Engineering Education. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 10(3), pp.160-167.

López-Martínez, J. (2015). *Evaluación del Aprendizaje en Espacios Virtuales*. Tesis Doctoral. Facultad de Educación de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED.

Lucke, U. y Rensing, C. (2013). "A survey on pervasive education". *Pervasive and Mobile Computing*, 14, pp.3-16.

Luthon, F., Petre, A., Steriu, D. y Besleaga, A. (2009). "LaboRem: open lab for remote work". *3rd International Conference on Signals, Circuits and Systems (SCS)*. Médenine, pp. 1-6.

Luthon, F. y Larroque, B. (2014). "Remote Laboratory for Game-Based. Distance Learning in Electronics". *Electronics, Communications and Networks IV: Proceedings of the 4th International Conference on Electronics, Communications and Networks (CECNET IV)*, Beijing, pp.1549-1554.

Luthon, F. y Larroque, B. (2015). "LaboREM—A Remote Laboratory for Game-Like Training in Electronics". *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 8(3), pp.311-321.

Ma, J. y Nickerson, J. (2006). "Hands-on, simulated, and remote laboratories". *ACM Computing Surveys*, 38(3), pp. 1-24.

Machotka, J y Nedic, Z. (2003). "The Development of Remote Laboratory (NetLab) at the University of South Australia". *Proc 7th Baltic Region Seminar on Engineering Education*. San Petersburgo, pp. 133-136.

Machotka, J y Nedic, Z. (2009). "Attracting Young People in Engineering". *37th SEFI Conference*. Rotterdam, Netherlands.

Nafalski, A., Machotka, J., Nedic, Z., Göl, Ö., Scarino, A., Crichton, J., Gustavsson, I., Ferreira, J., Lowe, D., y Murray, S.(2009). "Collaborative Learning in Engineering Remote Laboratories". *Proceedings of the International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV*. Bridgeport, pp. 242-245-

Macías, M. y Méndez, I. (2007). "eLab - Remote electronics lab in real time". *37th annual frontiers in education conference - global engineering: knowledge without borders, opportunities without passports*. Milwaukee, pp. S3G-12-S3G-17.

Macias, J. (2012) "Enhancing project-based learning in software engineering lab teaching through an e-portfolio approach". *IEEE Transactions on Education*, vol. 55, no. 4, pp. 502–507.

Maiti, A. (2016). *Enabling Peer-to-Peer Remote Experimentation in Distributed Online Remote Laboratories*. Tesis Doctoral. School of Mechanical and Electrical Engineering, Faculty of Health, Engineering and Sciences, University of Sothern Queensland.

- Marchisio, S., Concari, S., Kofman, H. y Lerro, F. (2011) "Real Experiments by Remote Labs for Physics Teaching at Argentina". *Proc. ED-MEDIA-World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*. Lisboa, pp. 1950–1955
- Marques, M., Viegas, M., Costa-Lobo, M., Fidalgo, A., Alves, G., Rocha, J. y Gustavsson, I. (2014). "How Remote Labs Impact on Course Outcomes: Various Practices Using VISIR". *IEEE Transactions on Education*, 57(3), pp.151-159.
- Marriott, P. (2009) "Students' evaluation of the use of online summative assessment on an undergraduate financial accounting module". *British Journal of Educational Technology*, 40(2), pp. 237-254.
- Mason, D. (2013). "Design, implementation and evaluation of virtual learning environments". *Online Information Review*, 37(2), 340.
- MathWorks-MATLAB. (2017). *MATLAB - El lenguaje del cálculo técnico*. [online] Disponible en: <https://es.mathworks.com/products/matlab.html> [Consultado 17-08-2017].
- Mawhinney, K. (2013). "A Review of the Literature on Online (e) Assessment". *Technology-Mediated Learning*, pp. 9-19.
- May, D., Sadiki, A., Pleul, C. y Tekkaya, A. (2015). "Teaching and learning globally connected using live online classes for preparing international engineering students for transnational collaboration and for studying in Germany". *Proceedings of 2015 12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation REV*. Bangkok, pp. 118-126.
- McIsaac, M. y Gunawardena, C. (1996). *Distance Education* In D. H. Jonassen, (Ed.), *Handbook of Research for Educational Communications and Technology*. 1st ed. [ebook] Association for Educational Communications and Technology (AECT). Disponible en: <https://www.aect.org/edtech/ed1/13/13-02.html> [Consultado 9-08-2017].
- McKeachie, W., Pintrich, P., Lin, y Smith, D. (1986). *Teaching and Learning in the College Classroom: a review of the research literature*. Ann Arbor: National Centre for Research to Improve Postsecondary Teaching and Learning. University of Michigan. Disponible en: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED314999.pdf> [Consultado 28-08-2017].
- McVay, M. (2002). *The online educator*. London: Routledge Falmer.

- Medved, J. P. (2015). *LMS Industry User Research*. [online] Capterra.com. Disponible en: <http://www.capterra.com/learning-management-system-software/user-research> [Consultado 14-08-2017].
- Melkonyan, A. Pontual, M. Huang, G. Gampe, A. y Akopian, D. (2011). "eComLab: Remote Laboratory Architecture for Radio-Communication". *Proceedings of the ASEE Gulf-Southwest Annual Conference*. Houston.
- Microsoft: Simon. (2017). *IBM Simon Personal Communicator*. [online] Disponible en: <https://www.microsoft.com/buxtoncollection/detail.aspx?id=40> [Consultado 11-08-2017].
- Millard, D., Howard, Y., Bailey, C., Davis, H., Gilbert, L., Jeyes, S. y Young, R. (2005). "Mapping the e-learning assessment domain: concept maps for orientation and navigation". *Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*, Chesapeake, VA, pp. 2770-2775.
- Miller, T. (2009). "Formative computer-based assessment in higher education: the effectiveness of feedback in supporting student learning." *Assessment & Evaluation in Higher Education*, vol. 34 n°2, pp. 181-192.
- Moccozet, L. Benkacem, O. Platteaux, H. y Foerster, M. (2014). "Looking for a Platform That Can Be Proposed to Students as a PLE Enabler". *8th International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems*. Birmingham, pp. 498-503.
- Mohammadi, N., Murray, I. y Hsiung, G. (2017). "Remote renewable energy laboratory: Green Electric Energy Park (GEEP)". *4th Experiment@International Conference exp.at'17*. Faro, 2017, pp. 196-201.
- Monereo, C. y Castelló, M. (1997). *Las estrategias de aprendizaje. Cómo incorporarlas a la práctica educativa*. Barcelona: Edebé.
- Moore, H. (2016). *Non-profit legends: comprehensive reference on community service, volunteerism, non-profits and leadership for humanity and good citizenship*. Morgan James Publishing.
- Moore, J., Dickson-Deane, C. y Galyen, K. (2011). "e-Learning, online learning, and distance learning environments: Are they the same?". *The Internet and Higher Education*, 14(2), pp.129-135.

- Moore, M. y Kearsley, G. (1996). *Distance education*. 1ª ed. Belmont, Calif.: Wadsworth Cengage Learning.
- Morgan, C. y O'Reilly, M. (1999). *Assessing open and distance learners*. London: Kogan Page.
- Muhamad, M., Zaman, H. y Ahmad, A. (2012). "Virtual Biology Laboratory (VLab-Bio): Scenario-Based Learning Approach". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 69, pp.162-168.
- Naef, O. (2006). "Real Laboratory, virtual laboratory or remote laboratory: what is the most effective way?". *Intl. Journal of Online Engineering*, Vol 2, No.3.
- Najimaldeen, R. (2017). *A Federation of Online Labs for Assisting Science and Engineering Education in the MENA Region*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad del Algarve.
- NANSLO. (2017). *NANSLO (North American Network of Science Labs Online) Lab Activities | Western Interstate Commission for Higher Education*. [online] Disponible en: <http://wiche.edu/nanslo/lab-activities> [Consultado 17-08-2017].
- Narciss, S. Proske, A. y Koerndle, H. (2007) "Promoting selfregulated learning in web-based learning environments," *Computers in Human Behavior*, vol. 23, pp. 1126- 1144.
- Nassp.org. (2017). *National Association of Secondary School Principals | NASSP*. [online] Disponible en: <https://nassp.org/?SSO=true> [Consultado 29-09-2017].
- NDG-NETLAB+ (2017). *NETLAB+ Product Overview | NDG*. [online] Disponible en: <https://www.netdevgroup.com/products/> [Consultado 18-08-2017].
- Nedic, Z., Machotka, J., y Nafalski. A. (2003). "Remote laboratories versus virtual and real laboratories", *34th ASEE/IEEE Frontiers In Education conference*. Westminster, CO, session T3E-1, pp.1-6.
- Nedic, Z. (2012). "Demonstration of collaborative features of remote laboratory NetLab". *9th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*. Bilbao, 2012, pp. 1-4.
- NetLab. (2017). *NetLab - The Online Remote Laboratory*. [online] Disponible en: <http://netlab.unisa.edu.au/index.xhtml> [Consultado 22-08-2017].
- Nicol D. (2007). "Principles of good assessment and feedback: Theory and practice". *REAP International Online Conference on Assessment Design for Learner Responsibility*.

Nicol, DJ y Macfarlane-Dick, D. (2006), "Formative assessment and selfregulated learning: a model and seven principles of good feedback practice" *Studies in Higher Education*, vol 31, n^o. 2, pp. 199-218.

ni.com. (2016). National Instruments: Test, Measurement, and Embedded Systems - National Instruments. [online] Disponible en: <http://www.ni.com> [Consultado 24-11-2016].

Ni-ELVIS. (2017). *NI ELVIS Engineering Lab Workstation - National Instruments*. [online] Disponible en: <http://www.ni.com/ni-elvis/what-is/esa/> [Consultado 17-08-2017].

NI-PXI-1042Q. (2017). *PXI-1042Q - National Instruments*. [online] Disponible en: <http://www.ni.com/es-es/support/model.pxi-1042q.html> [Consultado 25-11-2016].

NI PXI-4072. (2007). *NI PXI/PCI-4072 Specifications*. [ebook]. National Instruments. Disponible en: <http://www.ni.com/pdf/manuals/376167b.pdf> [Consultado 25-11-2016].

NI PXI-4110. (2015). *NI PXI/PCI-4110 Specifications*. [ebook]. National Instruments. Disponible en: <http://www.ni.com/pdf/manuals/374793a.pdf> [Consultado 25-11-2016].

NI PXI-5114. (2014). *NI PXI/PCI-5412 Specifications*. [ebook]. National Instruments. Disponible en: <http://www.ni.com/pdf/manuals/374179f.pdf> [Consultado 25-11-2016].

NI PXI-5412. (2015). *NI PXI/PCI-5412 Specifications*. [ebook]. National Instruments. Disponible en: <http://www.ni.com/pdf/manuals/371468e.pdf> [Consultado 25-11-2016].

NI PXI-8105. (2007). *NI PXI/PCI-8105 Specifications*. [ebook]. National Instruments. Disponible en: <http://www.ni.com/pdf/manuals/371755c.pdf> [Consultado 25-11-2016].

ni.com. (2016). *National Instruments: Test, Measurement, and Embedded Systems - National Instruments*. [online] Disponible en: <http://www.ni.com> [Consultado 24-11-2016].

Nikou, S. y Economides, A. (2013). "Student achievement in paper computer/web and mobile based assessment". *Computers in Human Behavior*, vol. 55, pp. 1241-1248.

Ni-LabVIEW. (2017). *LabVIEW - National Instruments*. [online] Disponible en: <http://www.ni.com/es-es/shop/labview.html> [Consultado 17-08-2017].

NI-MyDAQ, (2017), *User Guide and Specifications: NI myDAQ* [online]. Disponible en: <http://www.ni.com/nimydaq/>. [Consultado 17-08-2017].

NI-PXI 8105, (2007). *NI PXI-8105 User Manual*. 1st ed. [ebook] National Instruments. Disponible en: <http://www.ni.com/pdf/manuals/371755c.pdf> [Consultado 6 Apr. 2017].

NI-PXI drivers, (2016). *What Peripheral Drivers Should I Use with My PXI, VXI, or Rack-Mount Controller? - National Instruments*. [online] Digital.ni.com. Disponible en: <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/E4503CC7E8BB41BA86256F7F006CBE8D> [Consultado 6 Apr. 2017].

NI-SCXI-1000, (2017), *SCXI-1000 Chassis, National Instruments* [online]. Disponible en: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/10676>. [Consultado 17-08-2017].

NI-SCXI-1121, (2017), *SCXI-1121 Universal Input Module for SCXI, National Instruments* [online]. Disponible en: <http://www.ni.com/es-es/support/model.scxi-1121.html>. [Consultado 17-08-2017].

NI-SCXI-1169, (2017), *SCXI-1169 General-Purpose Switch Module for SCXI, National Instruments* [online]. Disponible en: <http://www.ni.com/es-es/support/model.scxi-1169.html>. [Consultado 17-08-2017].

Noyes, J. y Garland, K. (2008) "Computer- vs. paper-based tasks: Are they equivalent?". *Ergonomics*, vol. 51, pp. 1352-1375.

Núñez, J. C., González-Pienda, J. A., García, M., González-Pumariega, S. y García, S. I. (1998). *Estrategias de aprendizaje en estudiantes de 10 a 14 años y su relación con el proceso de atribución causal, el autoconcepto y las metas de estudio*. *Estudios de Psicología*, 19 (1), 65-85.

Odeh, S., Abu Shanab, S., Anabtawi, A. y Hodrob, R. (2012). "Remote Augmented Reality Engineering Labs". *2012 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 17-20 April, Marrakech, pp. 955-960.

Odlqc.org.uk. (2017). *Open & Distance Learning Quality Council*. [online] Disponible en: <https://www.odlqc.org.uk/> [Consultado 10-08-2017].

Ohtsuki, M. y Kakeshita, T. (2015). "A web-based assessment tool for various types of self-evaluation utilizing common BOK in ICT". *IEEE 3rd International Conference on MOOCs, Innovation and Technology in Education (MITE)*. Amritsar, pp. 242-247.

O'Malley y Chamot (1990): *Learning Strategies in Second Language Acquisition*. Cambridge: Cambridge University Press.

Open.edx.org. (2017). *About Open edX | Open edX Portal*. [online] Disponible en: <https://open.edx.org/about-open-edx> [Consultado 1-6-2017].

Openuniversity.edu. (2017). *Home | The Open University*. [online] Disponible en: <http://www.openuniversity.edu> [Consultado 2-2-2017].

Orduña, P. (2013). *Transitive and Scalable Federation Model for Remote Laboratories*. Tesis Doctoral. Universidad de Deusto - Facultad de Ingeniería.

Orduña, P., Botero, S., Hock, N., Sancristobal, E., Emaldi, M., Pesquera, A., DeLong, K., Bailey, P., Lopez-de-Ipina, D., Castro, M. y García-Zubía, J. (2013). "Generic integration of remote laboratories in learning and content management systems through federation protocols". *Frontiers in Education Conference (FIE)*. Oklahoma, pp. 1372-1378

Orey, M. (2010). *Emerging Perspectives on Learning, Teaching, and Technology*. 1st ed. [ebook] Disponible en: https://textbookequity.org/Textbooks/Orey_Emergin_Perspectives_Learning.pdf [Consultado 12-12-2016].

Ortelt, T., Sadiki, A., Pleul, C., Becker, C., Chatti, S. y Tekkaya, A. (2014). "Development of a tele-operative testing cell as a remote lab for material characterization". *International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*. Dubai, , pp. 977-982.

Ozden, Y., Erturk, I. y Sanli, R. (2004). "Student perceptions of online assessment: A case study". *Journal of Distance Education*, 19(2), 66-92.

M. Ozvoldova, P. Cernansky, F. Lustig, F. Schauer, "Experience with Remote Physics Experiments in Student's Laboratory". *International Conference on Engineering Education*, Gliwice, pp. 1-5.

Pachler, N., Daly, C., Mor, Y. y Mellar, H. (2010). "Formative e-assessment: Practitioner cases". *Computers & Education*, 54(3), pp. 715-721.

Pappano, L. (2017). *Massive Open Online Courses Are Multiplying at a Rapid Pace*. [online] Nytimes.com. Disponible en: <http://www.nytimes.com/2012/11/04/education/edlife/massive-open-online-courses-are-multiplying-at-a-rapid-pace.html> [Consultado 2-03-2017].

Pappas, C. (2013). *The History of Distance Learning - Infographic - eLearning Industry*. [online] eLearning Industry. Disponible en: <https://elearningindustry.com/the-history-of-distance-learning-infographic> [Consultado 9-08-2017].

Paris, S., Lipson, M., y Wixson, K. (1983). "Becoming a strategic reader". *Contemporary Educational Psychology*, 8(1), 293-316.

Pastötter, B. y Bäuml, K. (2014). Retrieval practice enhances new learning: The forward effect of testing. *Frontiers in Psychology*, vol. 5, p. 286.

Pastor, R. (2006). *Especificación Formal de Laboratorios Virtuales y Remotos: Aplicación a la Ingeniería de Control*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

Pavlovic, V., Stanisavljevic, Z., Nikolic, B. y Đorđević, J. (2011). "Digital Logic Simulator". *Second Eastern European Regional Conference on the Engineering of Computer Based Systems*. Bratislava, pp. 155-156.

Phillips, V. (1998). 'Virtual classrooms, real education.' *Nation's Business*, 86 (5), 41-44.

Pintrich, P. y de Groot, E. (1990). "Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance". *Journal of Educational Psychology*, 82(1), pp.33-40.

Pintrich, P. (2000) "The role of goal orientation in self-regulated learning". *Handbook of self-regulation*. M. Boekaerts, P. Pintrich, y M. Zeidner, Eds. San Diego: Academic Press, 2000, pp. 451-502.

Pittman, V. (1991). "Rivalry for respectability: Collegiate and proprietary correspondence programs". *Second American Symposium on Research in Distance Education*, University Park, PA: Pennsylvania State University.

Pittman, V. (1985). "Pioneering Instructional Radio in the U.S.: Five Years of Frustration at the University of Iowa, 1925-1930". *1st International Conference on the History of Adult Education*, Oxford, England.

Poitras, E. G., Lajoie, S. P. (2014). "Developing an agent-based adaptive system for scaffolding self-regulated inquiry learning in history education". *Educational Technology Research and Development*, vol. 62, Dev. 2014, pp. 335-366.

Pomerantz, J. (2017). *Data about the Metadata MOOC, Part 1: Student Activity*. [online] Disponible en: <http://jeffrey.pomerantz.name/2013/11/data-about-the-metadata-mooc-part-1/> [Consultado 2-03-2017].

Pontefract, D. (2013). *Flat army*. [San Francisco, Calif.]: Jossey-Bass.

Pozo y Monereo (1999) *El aprendizaje estratégico: enseñar a aprender desde el currículo*. Madrid: Santillana/Aula XXI.

Prada, M., Domínguez, M., Fuertes, J., Barrientos, P., del Canto, C. y García, S. (2013). "Remote Laboratory with an Electro-pneumatic Classification Cell". *IFAC Proceedings Volumes*, 46(17), pp.351-356.

Prada, M., Fuertes, J., Alonso, S., García, S. y Domínguez, M. (2015). "Challenges and solutions in remote laboratories. Application to a remote laboratory of an electro-pneumatic classification cell". *Computers & Education*, 85, pp.180-190.

Pradarelli, B., Latorre, L., Flottes, M., Bertrand, Y. y Nouet, P. (2009). "Remote Labs for Industrial IC Testing". *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2(4), pp.304-311.

PXI-NI. (2016). *PXI Platform - National Instruments*. [online] Disponible en: <http://www.ni.com/pxi/esa/> [Consultado 25-11-2016].

rae.es - aprender. (2017). *Real Academia Española, RAE*. Disponible en: <http://dle.rae.es/> [Consultado 8-08-2017].

Ramírez, D. y Macías, M. (2013) "Solving Material Balance Problems at Unsteady State using a Remote Laboratory in classroom" *Proceedings, annual meeting of the American Society of Engineering Education Conference, Atlanta*, pp. 23.1077.1 - 23.1077.16.

Ramírez, D., Ramírez-Montoya, M. y Marrero, T. (2016). "Novel Use of a Remote Laboratory for Active Learning in Class". *Chemical Engineering Education*, 50(2), 141-148

Reeve, J. (2009). "Why Teachers Adopt a Controlling Motivating Style Toward Students and How They Can Become More Autonomy Supportive". *Educational Psychologist*, vol. 44, no. 3, 159-175.

RemoteLab. (2017). *RemoteLab - Remote Control Lab*. [online] Disponible en: <http://remotelab.mty.itesm.mx/remotestation.htm> [Consultado 28-2-2017].

Rifkin, J. (2000). *The age of access: The new culture of hypercapitalism, where all of life is a paid-for experience*. New York: J.P. Tarcher/Putnam.

Rodríguez-Gutiérrez, M. A. (2011). *Objetos y diseños de aprendizaje tecnológicos para una enseñanza de la física basada en competencias*. Tesis Doctoral. Facultad de Educación de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED.

Romero, S. (2015). *AAAS: Modelo de Evaluación Automática de Competencias en el Laboratorio Remoto VISIR, a Través de Learning Analytics y Rúbricas de Aprendizaje*. Tesis Doctoral. Universidad de Deusto - Facultad de Ingeniería.

Rosado, L. y Herreros, J. (2005). "Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la física". *3rd International Conference on Multimedia and Information & Technologies in Education: Recent Research Developments in Learning Technologies* (pp 1-5). Disponible en: <http://taee.euitt.upm.es/actas/2004/papers/2004S1A03.pdf>. [Consultado 16-08-2017].

Roth, G., Assor, A., Kanat-Maymon, Y., y Kaplan, H. (2007) "Autonomous Motivation for Teaching: How Self-Determined Teaching May Lead to Self-Determined Learning," *Journal of Educational Psychology*, vol. 99, no. 4, pp. 761-774, 2007.

Rubin, J. (1975): "What the 'Good Language Learner' can teach us". *TESOL Quarterly*, 9, 1, 41-51.

Rubin, J. (1981): "Study of cognitive processes in second language learning". *Applied Linguistics*, 11: 117-31.

Ruíz, J. (2005). "La evaluación de la docencia en los planes de mejora de la universidad". *Educación XX1*, 8(0).

Ruiz-Gutiérrez, J. (2017). *La simulación como instrumento de Aprendizaje (Evaluación de herramientas y estrategias de aplicación en el aula)*. [ebook] Disponible en: http://fp.atxuri.net/escenarios/Simulacion_como_Instrumento_de_Aprendizaje.pdf [Consultado 16-08-2017].

San Cristóbal Ruiz, E. (2010). *Metodología, Estructura y Desarrollo de Interfaces Intermedias para la Conexión de Laboratorios Remotos y Virtuales a Plataformas Educativas*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (ETSII UNED).

Sankaran S. y Bui, T. (2001). "Impact of learning strategies and motivation on performance: A study in web-based instruction," *Journal of Instructional Psychology*, vol. 28,-09- 2001, pp. 191-198.

Sarramona, J. (1975). *La enseñanza a distancia. Posibilidades y desarrollo actual*. Barcelona: CEAC.

- Schunk, D., y Zimmerman, B. (2007). "Influencing children's self-efficacy and self-regulation of reading and writing through modeling". *Reading and Writing Quarterly*, 23, 7-25.
- Sheridan, T. (1999). "Descartes, Heidegger, Gibson, y God: Towards an Eclectic Ontology of Presence". *Teleoperators and Virtual Environments*, 1999 vol. 8, no. 5, pp. 551-559.
- Simao, J., Lima, J., Heck, C., Coelho, K., Carlos, L., Bilessimo, S. y Silva, J. (2016). "A remote lab for teaching mechanics". *13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*. Madrid, pp. 176-182.
- Simonson, M., Smaldino, S. y Zvacek, S. (2015). "Teaching and learning at a distance: Foundations of Distance Education". *6th ed. Information Age Publishing (IAP)*.
- Simonson, M. y Schlosser, L. (2006). *Distance Education: Definition and Glossary of Terms*. Information Age Publishing, Inc.
- Simpson, R. (2016). *Mobile and tablet internet usage exceeds desktop for first time worldwide* | *StatCounter Global Stats*. [online] StatCounter Global Stats. Disponible en: <http://gs.statcounter.com/press/mobile-and-tablet-internet-usage-exceeds-desktop-for-first-time-worldwide> [Consultado 5 Apr. 2017].
- Simpson, R. (2017). *Android overtakes Windows for first time* | *StatCounter Global Stats*. [online] StatCounter Global Stats. Disponible en: <http://gs.statcounter.com/press/android-overtakes-windows-for-first-time> [Consultado 5 Apr. 2017].
- Slavuj, V., Kovacic, B. y Jugo, I. (2015). Intelligent tutoring systems for language learning. *38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*. Opatija, pp. 814-819.
- softwareinsider.com. (2017). *Business Software Reviews & Research* | *SoftwareInsider*. [online] Disponible en: <http://www.softwareinsider.com/> [Consultado 14-08-2017].
- Sousa, N., Alves, G. y Gericota, M. (2010). An Integrated Reusable Remote Laboratory to Complement Electronics Teaching. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 3(3), pp.265-271.
- Stancil, D., Sharma, S. y Fay, A. (2014). "The remote educational antenna laboratory: making it easier to add projects to antenna courses [education column]". *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 56(1), pp.211-220.

Stanford-BioLab. (2017). *BioLab | Transformative Learning Technologies Lab*. [online] Disponible en: <https://tltl.stanford.edu/project/biolab> [Consultado 17-08-2017].

Stanisavljevic, Z., Nikolic, B. y Djordjevic, J. (2012). "A Module for Automatic Assessment and Verification of Students' Work in Digital Logic Design". *IEEE 19th International Conference and Workshops on Engineering of Computer-Based Systems*. Novi Sad, pp. 275-282.

Stanisavljevic, Z., Pavlovic, V., Nikolic, B. y Djordjevic, J. (2013). "SDLDS-System for Digital Logic Design and Simulation". *IEEE Transactions on Education*, 56(2), pp.235-245.

Stark, E., Bistak, P., Kozak, S. y Kucera, E. (2017). "Virtual laboratory based on Node.js technology". *21st International Conference on Process Control (PC)*. Strbske Pleso, pp. 386-391.

StatCounter Global Stats. (2017). *StatCounter Global Stats - Browser, OS, Search Engine including Mobile Usage Share*. [online] Disponible en: <http://gs.statcounter.com> [Consultado 10-08-2017].

Stefanovic, M., Cvijetkovic, V., Matijevic, M. y Simic, V. (2009). "A LabVIEW-based remote laboratory experiments for control engineering education". *Computer Applications in Engineering Education*, 19(3), pp.538-549.

Stolk, J., Zastavker, Y., Dillon, A. y Gross, M. (2016). "Considering students' intrinsic motivations and positive emotions in course design: Are they ends, means, or threats?" *Frontiers in Education Conference (FIE)*, Eire, USA, pp. 1-4.

Studentsatthecenterhub.org. (2017). *Student-centered Assessment Guide: Self-assessment*. [online] Disponible en: <https://studentsatthecenterhub.org/resource/student-centered-assessment-guide-self-assessment/> [Consultado 10-09-2017].

Tanner, R., Asumadu, J., Belter, J., Fitzmaurice, J., Kelly, M., Song Ching Koh y Ogunleyeh, H. (2017). "Remote wiring and measurement lab [electronic engineering education]". *31st Annual Frontiers in Education Conference. Impact on Engineering and Science Education. Conference Proceedings* (Cat. No.01CH37193). Reno, pp. T4C-T16 vol.2.

Tawfik, M. (2013). *Laboratory as a Service (LaaS): a Paradigm for Developing and Implementing Modular Remote Laboratories*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII), Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

Tawfik, M., Sancristobal, E., Martín, S., Gil, C., Pesquera, A., Losada, P., Díaz, G., Peire, J., Castro, M., García-Zubía, J., Hernandez, U., Orduña, P., Angulo, I., Costa Lobo, M.,

Marques, M., Viegas, M. y Alves, G. (2011). "VISIR deployment in undergraduate engineering practices". *First Global Online Laboratory Consortium Remote Laboratories Workshop*. Rapid City, SD, pp. 1-7.

Tawfik, M., Sancristobal, E., Martín, S., Gil, C., Losada, P., Díaz, G. y Castro, M. (2011). "Remote laboratories for electrical/electronic subjects in new engineering grades". *Promotion and Innovation with New Technologies in Engineering Education (FINTDI 2011)*. Teruel, pp. 1-6.

Tawfik, M., Cristobal, E., Pesquera, A., Gil, R., Martín, S., Díaz, G., Peire, J., Castro, M., Orduña, P. y García-Zubía, J. (2012). "Putting fundamentals of electronic circuits practices online". *Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEE)*. Vigo, pp. 117-121.

Tawfik, M., Sancristobal, E., Martín, S., Díaz, G., Peire, J. y Castro, M. (2013). "Expanding the Boundaries of the Classroom: Implementation of Remote Laboratories for Industrial Electronics Disciplines". *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 7(1), pp.41-49.

Tawfik, M., Monteso, S., García-Loro, F., Losada, P., Antonio-Barba, J., Ruiz, E., Sancristobal, E., Díaz, G., Peire, J. y Castro, M. (2015). "Online Experiments With DC/DC Converters Using the VISIR Remote Laboratory". *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 10(4), pp.310-318.

Taylor, K., Honchell, J. y DeWitt, W. (1996). "Distance learning in courses with a laboratory". *Technology-Based Re-Engineering Engineering Education Proceedings of Frontiers in Education FIE 26th Annual Conference*, Salt Lake City, Vol.1, pp. 44-46.

Teng, M., Nedic, Z. y Nafalski, A. (2016). "Students' perception of remote laboratories – Case study: NetLab". *2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. Abu Dhabi, pp. 568-575.

Thelwall, M. (2000). "Computer-based assessment: a versatile educational tool". *Computers & Education*, vol. 34 n^o1, pp. 37-49.

Thoms, L. y Girwidz, R. (2017). "Experiments on optical spectrometry in the VirtualRemoteLab". *4th Experiment@International Conference (exp.at'17)*. Faro, pp. 147-148.

uned.es. (2017). *UNED | Universidad Nacional de Educación a Distancia*. [online] Uned.es. Disponible en: <http://www.uned.es> [Consultado 2-2-2017].

UNED-COMA. (2017). *UNED-COMA FAQ*. [online] Disponible en: <https://coma.uned.es/faq/> [Consultado 2-03-2017].

UNED-Metodología. (2017). *Metodología UNED*. [online] Disponible en: http://www2.uned.es/iued/subsitió/FORMACION_IUED/CONTENIDOS-CURSOS/COMUNIDADES%20DE%20ACOGIDA/Comun/Metodologia_HTML5/metodologia.html [Consultado 13-09-2017].

Unesco – aprendizaje electrónico. (2017). *El aprendizaje electrónico | Las TIC en la Educación | Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. [online] Disponible en: <http://www.unesco.org/new/es/unesco/themes/icts/e-learning/> [Consultado 13-08-2017].

Unesco – aprendizaje móvil. (2017). *El aprendizaje móvil | Las TIC en la Educación | Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. [online] Disponible en: <http://www.unesco.org/new/es/unesco/themes/icts/m4ed/> [Consultado 13-08-2017].

University of London. (2017). *Our history - University of London International Programmes* [online]. University of London. Disponible en: <http://www.londoninternational.ac.uk/our-global-reputation/our-history> [Consultado 9-08-2017].

upm.es. (2014). *Premio internacional al Laboratorio Remoto de Electrónica eLab-3D - Universidad Politécnica de Madrid (UPM)*. [online] Disponible en: http://www.upm.es/UPM?fmt=detail&prefmt=articulo&id=8fe204aaf4194410VgnVCM10000009c7648a____ [Consultado 19-08-2017].

Valentín, A., Mateos, P. M., González-Tablas, M. M., Pérez, L. López, E., y García, I. (2013). "Motivation and learning strategies in the use of ICTs among university students,". *Computers & Education*, vol. 61,-2-2013, pp. 52-58.

Valle, A., Cabanach, R., Cuevas, L. M. y Fernández, A. P. (1998). "Las estrategias de aprendizaje: características básicas y su relevancia en el contexto escolar". *Revista de Psicodidáctica*, 6, 53 68.

Vargas, S. y Hanstedt, P. (2014). "Exploring Alternatives in the Teaching of Lab Report Writing: Deepening Student Learning Through a Portfolio Approach". *Double Helix*, 2.

Vinchurkar, D. y Sasikumar, M. (2015). "Intelligent Tutoring System for Voice Conversion in English". *IEEE 15th International Conference on Advanced Learning Technologies*. Hualien, pp. 314-316.

- Vishay-CPF. (2016). *CPF- Metal Film Resistors, Axial, Industrial Power, Precision, Flameproof*. [online] Disponible en: <https://www.vishay.com/docs/31021/cpf.pdf> [Consultado 13-07-2017].
- vmware.com. (2017). *VMware* [online] Disponible en: <https://www.vmware.com/es.html> [Consultado 18-08-2017].
- W3.org. (2017). *The World Wide Web project*. [online] Disponible en: <https://www.w3.org/History/19921103-hypertext/hypertext/WWW/TheProject.html> [Consultado 11-08-2017].
- Walker, D., Topping, K. y Rodrigues, S. (2008). "Student reflections on formative e-assessment: expectations and perceptions". *Learning, Media and Technology*, 33(3), 221-234.
- Wang, V. (2014). *Handbook of research on adult and community health education*. IGI Global.
- Warr, P., y Allan, C. (1998). "Learning strategies and occupational training". In C. L. Cooper, y I. T. Robertson (Eds.), *International review of industrial and organizational psychology* (pp. 83-120). Chichester: Wiley.
- Webb, J., Stock, W. y McCarthy, M. (1994). "The Effects of Feedback Timing on Learning Facts: The Role of Response Confidence". *Contemporary Educational Psychology*, 19(3), pp.251-265.
- WebLab-Deusto documentation (2005). *Welcome to WebLab-Deusto's documentation! – WebLab-Deusto 5.0 documentation*. [online] weblabdeusto.readthedocs.io. Disponible en: <http://weblabdeusto.readthedocs.io/en/latest/> [Consultado 13-07-2017].
- WebLab-Deusto. (2017). *WebLab-Deusto laboratorios*. [online] weblab.deusto.es. Disponible en: <https://weblab.deusto.es/weblab/> [Consultado 17-08-2017].
- Weinstein, C., Acee, T. y Jung, J. (2011). "Self-regulation and learning strategies". *New Directions for Teaching and Learning*, 2011(126), pp.45-53.
- Weinstein, C. y Mayer, R. (1986). "The teaching of learning strategies". En M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching*, (315-327). New York: McMillan
- Wheeler, S. (2014). *Personal Learning Environment*. [online] Disponible en: https://www.slideshare.net/timbuckteeth/digital-learning-futures-3-things-about-future-learning/55-Personal_Learning_EnvironmentSource_httpstevewheelerblogspotcom201007anatomyofplehtmlSteve_Wheeler [Consultado 15-08-2017].

White S. y Davis, H. (2011). "Making it Rich and Personal: Crafting an Institutional Personal Learning Environment". *International Journal of Virtual and Personal Learning Environments*, vol. 2, no 4, p. 23-39.

Wilks, S. (1935). "The Likelihood Test of Independence in Contingency Tables". *The Annals of Mathematical Statistics*, 6(4), pp.190-196.

Wuttke, H., Hamann, M. y Henke, K. (2015). "Learning analytics in online remote labs". *3rd Experiment International Conference (exp.at'15)*, Ponta Delgada, pp. 255-260.

www.imsglobal.org, (2010). *IMS Global Learning Consortium*. [online] Imsglobal.org. Disponible en: <http://www.imsglobal.org/specs/ltiv1p0/implementation-guide> [Consultado 6 Apr. 2017].

Yanac, E. (2007). *Estrategias de aprendizaje*. Disponible en: <http://www.unmsm.edu.pe/psicologia/documentos/documentos2007/libro%20eap/06LibroEAPYanac.pdf>. [Consultado 6 Ago. 2017].

Yates, R. y Beaudrie, B. (2009). "The impact of online assessment on grades in community college distance education courses". *The American Journal of Distance Education*, 23(2), 62-70.

Yildiz, Z. y Baba, A. (2014). "Evaluation of student performance in laboratory applications using fuzzy decision support system model". *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. Estambul, pp. 1023-1027.

Yilmaz, H. (2010). "The implementation and evaluation of a peer assessment based online course". *Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 4(5).

YouTube. (2017). *First Official iPhone Ad*. [online] Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=6Bvfs4ai5XU> [Consultado 11-08-2017].

Yuan, L., y Powell, S. (2013). *MOOCs and open education: Implications for higher education*. Centre for Educational Technology & Inoperability Standards. Disponible en <http://publications.cetis.ac.uk/wp-content/uploads/2013/03/MOOCs-and-Open-Education.pdf>. [Consultado 5-08-2017].

Zamora, Á. (2015). *Detección de errores y autorregulación retroactiva como determinantes del rendimiento en estudiantes de Secundaria y su relación con las variables cognitivo-motivacionales*. Tesis Doctoral. Facultad de Educación de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED.

Zhang, B. y Jia, J. (2017). "Evaluating an Intelligent Tutoring System for Personalized Math Teaching". *International Symposium on Educational Technology (ISET)*. Hong Kong, pp. 126-130.

Zheng, L., y Li, X. (2016). "The Effects of Motivation, Academic Emotions, and Self-Regulated Learning Strategies on Academic Achievements in Technology Enhanced Learning Environment" *IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Austin, pp. 376-380.

Zimmerman, B. (1989). "A social cognitive view of self-regulated academic learning". *Journal of Educational Psychology*, vol.81,-09-1989, pp. 329-339.

Zimmerman, B. (2000). *Attaining self-regulation: A social-cognitive perspective*. En M. Boekaerts, P. R. Pintrich, y M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 13–39). San Diego, CA: Academic. Press.

Zutin, D., Auer, M. y Gustavsson, I. (2011). "A VISIR lab server for the iLab Shared Architecture". 2011 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). Amán, pp. 30-33.