

TESIS DOCTORAL

2015



**APROXIMACIÓN
DIDÁCTICO-TECNOLÓGICA A LOS
LABORATORIOS VIRTUALES REMOTOS EN
ENSEÑANZA UNIVERSITARIA**

**FRANCISCO JAVIER GAMO ARANDA
(DOCTOR EN CIENCIAS FÍSICAS)**

**INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN**

DIRECTOR: ANTONIO MEDINA RIVILLA

CODIRECTORA: COVADONGA RODRIGO SAN JUAN

TESIS DOCTORAL

MADRID, 2015

INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

**APROXIMACIÓN
DIDÁCTICO-TECNOLÓGICA A LOS
LABORATORIOS VIRTUALES REMOTOS EN
ENSEÑANZA UNIVERSITARIA**

FRANCISCO JAVIER GAMO ARANDA

(DOCTOR EN CIENCIAS FÍSICAS)

DIRECTOR: ANTONIO MEDINA RIVILLA

CODIRECTORA: COVADONGA RODRIGO SAN JUAN

Agradecimientos

A Ana, por su paciencia y comprensión ante todas las horas robadas para la consecución de este trabajo.

A mi familia, por su apoyo incondicional, mostrado no sólo durante este periodo de intenso trabajo, sino a lo largo de toda mi vida.

A mis directores de tesis en la UNED, Antonio Medina Rivilla y Covadonga Rodrigo San Juan. A pesar de sus múltiples ocupaciones, siempre han sabido encontrar un hueco para guiar mis pasos por el fascinante mundo de la investigación docente.

Al grupo de expertos que colaboraron en la validación de los cuestionarios para estudiantes y profesores, y a todos los que participaron cumplimentando las encuestas.

A mis antiguos alumnos de Proyecto Fin de Carrera en la Universidad de Alcalá, por su colaboración en la implementación de las simulaciones virtuales descritas en el trabajo.

A Jirina Novakova (Charles University in Prague), por su excelente ayuda en la coordinación de las encuestas para estudiantes y profesores extranjeros.

A Saint Louis University, por el soporte en la utilización de herramientas corporativas, y el apoyo económico para la difusión de los resultados de este trabajo.

A Sulma Farfán, Anne McCabe y Debra Lohe (Saint Louis University), por sus excelentes seminarios sobre enseñanza efectiva y herramientas didácticas, algunas de las cuales han sido utilizadas en este trabajo.

A la amplia comunidad de usuarios de L^AT_EX, en especial a tex.stackexchange.com por el soporte a la hora de utilizar este sistema de edición de textos, y a la FUNDEU, por sus excelentes recomendaciones ortotipográficas del español.

A todos los amigos, reales, virtuales y mixtos, por todo el apoyo recibido, los momentos de distensión musical y baloncestística, las clases de inglés improvisadas ... en definitiva, por estar ahí, en algunos casos a pesar del tiempo transcurrido y la distancia que nos separa.

A todos ... GRACIAS

Este trabajo ha sido escrito utilizando L^AT_EX

Compilador: MiK_TE_X 2.9

Editor principal: Eclipse Juno Service Release 2 + T_EXlipse 1.5.0

Editor bibliográfico: JabRef 2.9.2

Editores imágenes: ADOBE PHOTOSHOP CS2

ADOBE ILLUSTRATOR CS2

Visualizador [PDF](#): ADOBE ACROBAT 9 Pro

Sistema operativo: MICROSOFT WINDOWS 7 Enterprise N

Ordenador: TOSHIBA PORTÉGÉ R700

Índice general

Convenciones tipográficas	v
Lista de Acrónimos	vii
Índice de Figuras	ix
Índice de Tablas	xvii
1. Introducción	1
1.1. Marco contextual	3
1.2. Motivaciones de este trabajo	10
1.3. Aproximación al modelo didáctico utilizado	11
2. Modelos Didácticos: marco teórico	13
2.1. Planteamiento del modelo	13
2.1.1. Dimensión de Conocimiento (competencias en materias)	15
2.1.2. Dimensión Socio-Comunicativa (competencia comunicativa)	16
2.1.3. Dimensión Colaborativa (competencia colaborativa)	17
2.1.4. Dimensión TIC (competencia digital)	19
2.2. Fases para el desarrollo del modelo	22
2.2.1. Fase previa	23
2.2.2. Diseño de la investigación	25
2.2.3. Análisis de resultados. Evaluación y revisión	26
2.2.4. Aplicación piloto	26
2.2.5. Institucionalización	26
3. Diseño de la investigación	31
3.1. Contexto de la investigación: objetivos, población y muestra	32
3.2. Técnicas e instrumentos de recogida de información	33
3.2.1. Variables de la investigación	34
3.2.2. Cuestionario piloto para estudiantes	35
3.2.3. Resultados del cuestionario piloto	38
3.2.4. Cuestionarios de requisitos	43
3.2.5. Criterios de validez y fiabilidad de los cuestionarios de requisitos	43
3.2.5.1. Validez de contenido de los cuestionarios de requisitos	45
3.2.5.2. Fiabilidad de los cuestionarios de requisitos	46
3.2.6. Diseño de los cuestionarios de requisitos	47

3.2.6.1.	Bloque 0: Introducción	48
3.2.6.2.	Bloque 1: Preguntas sobre población encuestada . . .	51
3.2.6.3.	Bloque 2: Preguntas generales sobre enseñanza virtual	52
3.2.6.4.	Bloque 3: Preguntas específicas y cultura colaborativa	56
4.	Análisis de resultados	59
4.1.	Análisis de validez y fiabilidad	60
4.1.1.	Validez de contenido de los cuestionarios	61
4.1.2.	Análisis de fiabilidad del cuestionario de estudiantes	63
4.1.3.	Análisis de fiabilidad del cuestionario de profesores	67
4.2.	Análisis descriptivo de los datos	68
4.2.1.	Análisis descriptivo de los datos de estudiantes	70
4.2.1.1.	Análisis descriptivo de las variables del bloque 1 del cuestionario de estudiantes	70
4.2.1.2.	Análisis descriptivo de las variables del bloque 2 del cuestionario de estudiantes	76
4.2.1.3.	Análisis descriptivo de las variables del bloque 3 del cuestionario de estudiantes	83
4.2.2.	Análisis descriptivo de los datos de profesores	93
4.2.2.1.	Análisis descriptivo de las variables del bloque 1 del cuestionario de profesores	93
4.2.2.2.	Análisis descriptivo de las variables del bloque 2 del cuestionario de profesores	98
4.2.2.3.	Análisis descriptivo de las variables del bloque 3 del cuestionario de profesores	111
4.3.	Análisis comparativo de las variables	120
4.3.1.	Análisis comparativo en el cuestionario de estudiantes	124
4.3.1.1.	Análisis comparativo de la especialidad frente a variables del bloque 1 de estudiantes	124
4.3.1.2.	Análisis comparativo de la especialidad frente a variables del bloque 2 de estudiantes	135
4.3.1.3.	Análisis comparativo de la especialidad frente a variables del bloque 3 de estudiantes	146
4.3.2.	Análisis comparativo en el cuestionario de profesores	158
4.3.2.1.	Análisis comparativo de la especialidad frente a variables del bloque 1 de profesores	158
4.3.2.2.	Análisis comparativo de la especialidad frente a variables del bloque 2 de profesores	161
4.3.2.3.	Análisis comparativo de la especialidad frente a variables del bloque 3 de profesores	179
4.4.	Análisis de resultados mediante el modelo TAM	187
4.5.	Discusión de resultados con expertos	189
5.	Dimensión tecnológica	193
5.1.	Estudio del estado del arte	194
5.1.1.	Virtual Photonics Experiments Network (V-PEN)	195

5.1.2.	Javaoptics (JOptics)	195
5.1.3.	UNEDLABs	198
5.1.4.	WebLab-Deusto	199
5.1.5.	MOOC Fundamentos de Comunicaciones Ópticas	200
5.1.6.	Ibercivis	201
5.1.7.	Sistema Gestor del Aprendizaje	201
5.2.	Visión global de la dimensión tecnológica	202
5.2.1.	NI LABWINDOWS™/CVI	203
5.2.2.	MATLAB®	204
5.2.3.	Java™	205
5.3.	Simulaciones en NI LABWINDOWS™/CVI y PSPICE y experimentación presencial	206
5.3.1.	Módulo evaluador de transmisión en enlaces de fibra óptica	207
5.3.1.1.	Bloque de control de emisión	209
5.3.1.2.	Bloque de control de temperatura	211
5.3.1.3.	Bloque de protección de temperatura	211
5.3.1.4.	Bloque de detección y adquisición de datos	213
5.3.1.5.	Simulaciones	216
5.4.	Simulaciones en MATLAB® y experimentación presencial	216
5.4.1.	Estudio de la difracción	217
5.4.1.1.	Módulo teórico	220
5.4.1.2.	Módulo de simulación	224
5.4.1.3.	Módulo de experimentación en laboratorio	224
5.4.2.	Hologramas Generados por Ordenador	233
5.4.2.1.	Módulo teórico	235
5.4.2.2.	Módulo de simulación	241
5.4.2.3.	Módulo de experimentación en laboratorio	241
5.4.3.	Estudio de la interacción acusto-óptica	251
5.4.3.1.	Módulo teórico	255
5.4.3.2.	Módulo de simulación	257
5.4.3.3.	Módulo de experimentación en laboratorio	259
5.4.4.	Modelo radiométrico de un enlace emisor-detector	267
5.4.4.1.	Módulo teórico	267
5.4.4.2.	Módulo de simulación	271
5.4.5.	Estudio del fenómeno Moiré	274
5.4.5.1.	Módulo teórico	277
5.4.5.2.	Módulo de simulación	279
5.4.5.3.	Módulo de experimentación	283
5.5.	Simulaciones en Java™ y experimentación virtual	285
5.5.1.	Teoría del Color	285
5.5.1.1.	Módulo teórico	288
5.5.1.2.	Módulo de simulación	292
5.6.	Plataforma OPTILAB basada en la web	294
5.6.1.	Especificaciones técnicas y funcionales	294
5.6.2.	Migración a Java™ de aplicaciones en MATLAB®	295
5.6.3.	Diseño web	299

5.6.4.	Contenidos del portal web	300
5.6.4.1.	Inicio	300
5.6.4.2.	Proyectos	301
5.6.4.3.	Requisitos y FAQs	303
5.6.4.4.	Manuales	304
5.6.4.5.	Autoevaluación	306
5.6.4.6.	Galería	308
5.6.4.7.	Blog	309
5.6.4.8.	Créditos y política de privacidad	310
5.6.5.	Tecnologías utilizadas	311
5.6.5.1.	Eclipse	311
5.6.5.2.	DREAMWEAVER®	312
5.6.5.3.	Hoja de Estilo en Cascada (<i>Cascading Style Sheet</i>) (CSS)	314
5.6.5.4.	WordPress	314
6.	Conclusiones y líneas futuras	317
	Publicaciones del autor	321
	Bibliografía	323
A.	Cuestionario piloto para estudiantes	335
B.	Cuestionario de requisitos para estudiantes	337
B.1.	Bloque 0: Introducción	337
B.2.	Bloque 1: Preguntas sobre población encuestada	338
B.3.	Bloque 2: Preguntas generales sobre enseñanza virtual	341
B.4.	Bloque 3: Preguntas específicas y cultura colaborativa	347
C.	Cuestionario de requisitos para profesores	355
C.1.	Bloque 0: Introducción	355
C.2.	Bloque 1: Preguntas sobre población encuestada	357
C.3.	Bloque 2: Preguntas generales sobre enseñanza virtual	360
C.4.	Bloque 3: Preguntas específicas y cultura colaborativa	368
	Índice Alfabético	375

Convenciones tipográficas

«Las palabras son todo lo que tenemos»

Samuel Beckett

La [Tabla 1](#) describe las convenciones tipográficas usadas en este trabajo.

Tipo de letra	Uso	Ejemplo
<i>cursiva</i>	Palabras en idioma distinto al castellano. También para dar cierto énfasis a algún término	<i>e-learning, facilidad de uso percibida</i>
negrita	Expresiones con gran énfasis	competencia digital
VERSALITAS	Programas informáticos genéricos	SPSS STATISTICS®
helvética	Aplicaciones y productos que usan esta fuente, y otra similar	facebook®
monoespaciada	Comandos, botones y componentes	GUARDAR , RS232
palo seco	Variables en cuestionarios	VE1.1: Edad
caligráfica	Respuestas/valoraciones personales de encuestados, no contempladas inicialmente	Inclusión de herramientas colaborativas

Tabla 1 Convenciones tipográficas utilizadas

Lista de acrónimos

«Saber lo que eres y lo que no eres, ése es el verdadero conocimiento»

Confucio

- ANOVA** ANálisis de la Varianza (*ANalysis Of VAriance*)
- AOM** Modulador Acusto-Óptico (*Acousto-Optics Modulator*)
- AVI** Intercalado de Audio y Video (*Audio Video Interleave*)
- CCD** Dispositivo de Carga Acoplada (*Charge-Coupled Ddevice*)
- CGH** Holograma Generado por Ordenador (*Computer Generated Hologram*)
- CMYK** Cian, Magenta, Amarillo y Negro (*Cyan, Magenta, Yellow, black*)
- CSS** Hoja de Estilo en Cascada (*Cascading Style Sheet*)
- CU-Boulder** University of Colorado Boulder
- CULS** Czech University of Life Sciences Prague
- CUNI** Charles University in Prague
- DC** Componente Continua (*Direct Current*)
- DE** Eficiencia de Difracción (*Diffraction Efficiency*)
- DPI** Puntos Por Pulgada (*Dots Per Inch*)
- EEES** Espacio Europeo de Educación Superior
- EJS** *Easy Java Simulations*
- FAQ** Preguntas Frecuentes (*Frequently Asked Questions*)
- FPGA** Matriz de Puertas Programables en Campo (*Field-Programmable Gate Array*)
- FTP** Protocolo de Transferencia de Ficheros (*File Transfer Protocol*)
- FUNDEU** Fundación del Español Urgente
- GPL** Licencia de Libre Distribución (*General Public License*)
- GRIFO** Grupo de Ingeniería Fotónica de la Universidad de Alcalá
- GUI** Interfaz Gráfica de Usuario (*Graphical User Interface*)

HTML Lenguaje de Marcas de Hipertexto (*HyperText Markup Language*)

IDE Entorno Integrado de Desarrollo (*Integrated Development Environment*)

LED Diodo Emisor de Luz (*Light Emitting Diode*)

LMS Sistema Gestor del Aprendizaje (*Learning Management System*)

MOOC Curso En Línea, Abierto y Masivo (*Massive Open Online Course*)

MOODLE Entorno de Aprendizaje Dinámico Orientado a Objetos y Modular (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*)

NFC Comunicación de Campo Cercano (*Near Field Communication*)

PDF Formato de Documento Portable (*Portable Document Format*)

PID Proporcional-Integrador-Derivativo

RF Radio-Frecuencia

RGB Rojo, Verde, Azul (*Red, Green, Blue*)

RWD Diseño Web Adaptativo (*Responsive Web Design*)

SLU Saint Louis University

TAM Modelo de Aceptación de Tecnología (*Technology Acceptance Model*)

TFC Trabajo Fin de Carrera

TIC Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

TRA Teoría de la Acción Razonada (*Theory of Reasoned Action*)

TTL Lógica Transistor-Transistor (*Transistor-Transistor Logic*)

UAH Universidad de Alcalá

UAM Universidad Autónoma de Madrid

UC3M Universidad Carlos III de Madrid

UCM Universidad Complutense de Madrid

UMH Universidad Miguel Hernández de Elche

UNED Universidad Nacional de Educación a Distancia

UPM Universidad Politécnica de Madrid

UPV Universitat Politècnica de València

URJC Universidad Rey Juan Carlos

URL Localizador Uniforme de Recursos (*Uniform Resource Locator*)

V-PEN Virtual Photonics Experiments Network

VRL Laboratorio Virtual Remoto (*Virtual Remote Laboratory*)

Índice de Figuras

1.1. Diagrama de diseño de un VRL	7
1.2. Arquitectura de procesamiento cliente-servidor	8
2.1. Diagrama de bloques del modelo didáctico propuesto para OPTILAB	14
2.2. Bloque de conocimiento	15
2.3. Bloque socio-comunicativo	18
2.4. Bloque colaborativo	19
2.5. Bloque TIC	21
2.6. Vista de las instalaciones del campus de SLU en Madrid	27
3.1. Cuestionario piloto: ancho de banda disponible	38
3.2. Cuestionario piloto: experiencia e interés en cursos virtuales	40
3.3. Cuestionario piloto: hábitos preferentes de conexión a la plataforma VRL	41
3.4. Cuestionario piloto: herramientas preferidas en la plataforma VRL	42
3.5. Aspecto del cuestionario de requisitos para estudiantes	44
4.1. Número de encuestados que respondieron a los cuestionarios de requisitos	60
4.2. Resultado de la variable EVE1.1: Edad	71
4.3. Resultado de la variable EVE1.2: Género	71
4.4. Resultado de la variable EVP1.1: Universidad	72
4.5. Resultado de la variable EVP1.2: Especialidad	73
4.6. Resultado de la variable EVP1.3: Curso	74
4.7. Resultado de las variables EVE1.3: ¿Trabaja? y EVE1.4: Ocupación principal	75
4.8. Resultado de la variable EVP1.4: Estudios previos	75
4.9. Resultado de las variables EVE2.1: ¿Tiene conexión a internet en casa? y EVE2.2: Si es así, ¿qué tipo de conexión tiene?	76
4.10. Resultado de la variable EVP2.1: N ^o asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital	77
4.11. Resultado de las variables EVP3.1: N ^o asignaturas totalmente virtuales y EVP3.3: Razones por las que no ha realizado ningún curso virtual	79
4.12. Resultado de la variable EVP3.2: Plataforma digital utilizada	79

4.13. Resultado de la variable EVP4.1: N ^o horas semanales usando la plataforma digital	80
4.14. Resultado de la variable EVP4.2: Ubicación preferente de conexión a la plataforma	80
4.15. Resultado de la variable EVP4.3: Horario preferente de conexión a la plataforma	81
4.16. Resultado de la variable EVS1.1: Grado de satisfacción de asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital	81
4.17. Resultado de la variable EVS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es)	82
4.18. Resultado de la variable EVS2.2: Razones de menor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es)	83
4.19. Resultado de la variable EVS2.3: Grado de satisfacción de asignaturas totalmente virtuales	83
4.20. Resultado de la variable EVS3.2: ¿La asignatura permite algún tipo de experimentación virtual y/o remota?	84
4.21. Resultado de la variable EVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia, como apoyo a la enseñanza presencial en el laboratorio?	85
4.22. Resultado de la variable EVS3.4: Participación en diseño, prueba y/o validación de herramientas digitales para prácticas de VRL	89
4.23. Resultado de la variable EVS4.1: Contenidos a incluir en la plataforma VRL	90
4.24. Resultado de la variable EVS5.1: Herramientas más útiles de la plataforma VRL	90
4.25. Resultado de la variable EVS6.1: Conocimiento de herramientas colaborativas	91
4.26. Resultado de la variable EVS6.2: Uso de herramientas colaborativas	92
4.27. Resultado de la variable EVS6.3: Presencia en redes sociales	92
4.28. Resultado de la variable PVE1.1: Edad	94
4.29. Resultado de la variable PVE1.2: Género	94
4.30. Resultado de la variable PVP1.1: Universidad	95
4.31. Resultado de la variable PVP1.2: Especialidad (donde imparte docencia)	96
4.32. Resultado de la variable PVP1.3: Curso donde imparte docencia	97
4.33. Resultado de la variable PVE1.4: Ocupación principal	97
4.34. Resultado de las variables PVE2.1: ¿Tiene conexión a internet en casa? y PVE2.2: Si es así, ¿qué tipo de conexión tiene?	99
4.35. Resultado de la variable PVP2.1: N ^o asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital	100
4.36. Resultado de las variables (a) PVP3.1: N ^o asignaturas totalmente virtuales impartidas y (b) PVP3.3: Razones por las que no ha impartido ningún curso virtual	101
4.37. Resultado de las variables (a) PVP3.2.1: Plataforma en asignaturas presenciales, y (b) PVP3.2.2: Plataforma en asignaturas totalmente virtuales	103

4.38. Resultado de la variable PVP4.1: N ^o horas semanales usando la plataforma digital	104
4.39. Resultado de la variable PVP4.2: Ubicación preferente de conexión a la plataforma	104
4.40. Resultado de la variable PVP4.3: Horario preferente de conexión a la plataforma	105
4.41. Resultado de la variable PVS1.1: Grado de satisfacción de asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital	105
4.42. Resultado de la variable PVS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es)	106
4.43. Resultado de la variable PVS2.2: Razones de menor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es)	106
4.44. Resultado de la variable PVS2.3: Grado de satisfacción de asignaturas totalmente virtuales	107
4.45. Resultado de las variables PVP3.4: N ^o MOOCs como estudiante y PVP3.2.3: Plataforma de MOOC(s) cursados, en los últimos 12 meses	108
4.46. Resultado de la variable PVS3.1a: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC como alumno	108
4.47. Resultado de las variables PVP3.5: N ^o de MOOCs como instructor/coordinador y PVP3.2.4: Plataforma de MOOC(s) como instructor, en los últimos 12 meses	110
4.48. Resultado de la variable PVS3.1b: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC como instructor/coordinador	110
4.49. Resultado de la variable PVS3.2: ¿La asignatura permite algún tipo de experimentación virtual y/o remota?	111
4.50. Resultado de la variable PVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia, como apoyo a la enseñanza presencial en el laboratorio?	112
4.51. Resultado de la variable PVS3.4: Participación en diseño, prueba y/o validación de herramientas digitales para prácticas de VRL	116
4.52. Resultado de la variable PVS4.1: Contenidos a incluir en la plataforma VRL	116
4.53. Resultado de la variable PVS5.1: Herramientas más útiles de la plataforma VRL	117
4.54. Resultado de la variable PVS6.1: Conocimiento de herramientas colaborativas	118
4.55. Resultado de la variable PVS6.2: Uso de herramientas colaborativas	118
4.56. Resultado de la variable PVS6.3: Presencia en redes sociales	119
4.57. Gráfica de barras agrupadas por las variables EVE1.1: Edad y EVP1.2: Especialidad	126
4.58. Gráfica de barras agrupadas por las variables EVE1.2: Género y EVP1.2: Especialidad	128
4.59. Gráfica de barras agrupadas por las variables EVP1.1: Universidad y EVP1.2: Especialidad	129
4.60. Gráfica de barras agrupadas por las variables EVP1.3: Curso y EVP1.2: Especialidad	131

4.61. Gráfica de barras agrupadas por las variables EVE1.3: ¿Trabaja? y EVP1.2: Especialidad	132
4.62. Gráfica de barras agrupadas por las variables EVP1.4: Estudios previos y EVP1.2: Especialidad	134
4.63. Gráfica de barras agrupadas por las variables EVE1.4: Ocupación principal y EVP1.2: Especialidad	136
4.64. Gráfica de barras agrupadas por las variables EVE2.2: Tipo de conexión y EVP1.1: Universidad	138
4.65. Gráfica de barras agrupadas por las variables EVP2.1: N° de asignaturas presenciales y EVP1.2: Especialidad	139
4.66. Gráfica de barras agrupadas por las variables EVP4.1: N° horas semanales usando la plataforma digital y EVP1.2: Especialidad	144
4.67. Gráfica de barras agrupadas por las variables EVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota? y EVP1.2: Especialidad	147
4.68. Gráfica de barras agrupadas por las variables EVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota? y EVP1.1: Universidad	149
4.69. Gráfica de barras agrupadas por las variables EVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia de apoyo? y EVP1.2: Especialidad	151
4.70. Gráfica de medias de la variable EVS6.3.3: Presencia en redes sociales (tuenti) y EVP1.2: Especialidad	157
4.71. Gráfica de barras agrupadas por las variables PVE1.1: Edad y PVP1.1: Universidad	159
4.72. Gráfica de barras agrupadas por las variables PVE1.2: Género y PVP1.1: Universidad	161
4.73. Gráfica de barras agrupadas por las variables PVE1.4: Ocupación principal y PVP1.1: Universidad	162
4.74. Gráfica de barras agrupadas por las variables PVE2.2: Tipo de conexión y PVP1.1: Universidad	164
4.75. Gráfica de barras agrupadas por las variables PVP3.1: N° de asignaturas virtuales y PVP1.1: Universidad	166
4.76. Error en el cálculo de la relación entre las variables PVP3.2: Plataforma digital y PVP1.1: Universidad	167
4.77. Error en comparaciones múltiples de la variable PVP3.3.1: Los planes de estudio no contemplan asignaturas virtuales y PVP1.1: Universidad	168
4.78. Gráfica de medias de la variable PVP3.3.1: Los planes de estudio no contemplan asignaturas virtuales y PVP1.1: Universidad	169
4.79. Error en pruebas de comparaciones múltiples de la variable PVS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es) y PVP1.1: Universidad	171
4.80. Error en pruebas de comparaciones múltiples de la variable PVS2.1: Razones de menor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es) y PVP1.1: Universidad	171
4.81. Error en pruebas de comparaciones múltiples de las variables PVS1.1: Grado de satisfacción de asignaturas presenciales, PVS2.3: <i>idem</i> virtuales y PVP1.1: Universidad	174

4.82. Gráfica de barras agrupadas por las variables PVP3.4: Nº de MOOCs como estudiante en los últimos 12 meses y PVP1.1: Universidad	176
4.83. Error en el cálculo de la relación entre las variables PVS4.1.6: Realización de experimentos “en vivo” manejando instrumentación real de forma remota y PVP1.1: Universidad	182
4.84. Error en el cálculo de la relación entre las variables PVS5.1.3: Sesiones de <i>chat</i> con el profesor y PVP1.1: Universidad	183
4.85. Error en el cálculo de la relación entre las variables PVS6.3: Presencia en redes sociales y PVP1.1: Universidad	186
5.1. Experimento de Óptica de Fourier del proyecto V-PEN	196
5.2. Simulación del funcionamiento de un ojo miope en JavaOptics	197
5.3. Experimento de refracción de haz láser en UNEDLabs	198
5.4. Plataforma de experimentación remota de WebLab-Deusto	199
5.5. MOOC <i>Fundamentos de Comunicaciones Ópticas</i>	200
5.6. Proyecto Ibercivis de Ciencia Ciudadana	202
5.7. Evolución de los distitons modelos tecnológicos desarrollados	203
5.8. Diagrama de bloques y fotografía del módulo evaluador de enlace de fibra óptica	208
5.9. Curva potencia vs corriente en un láser de diodo	209
5.10. Diagrama de bloques de control de emisión del LED	210
5.11. Curvas típicas de emisión de potencia luminosa LED y láser de diodo	210
5.12. Diagrama de bloques de control de emisión del láser	211
5.13. Comportamiento del láser de diodo frente a la temperatura	212
5.14. Bloque de control de temperatura para el láser	212
5.15. Bloque de protección de temperatura para el láser	212
5.16. Tarjeta de adquisición de datos NI PCI-6013	214
5.17. Diagrama de bloques e interfaz principal de la aplicación desarrollada en NI LABWINDOWS™ /CVI	215
5.18. Simulación del bloque de control de emisión	216
5.19. Ejemplos de fenómenos de interferencia y difracción	218
5.20. Esquema experimental genérico para observar fenómenos difractivos	219
5.21. Ventana principal de la aplicación de difracción	221
5.22. Módulo de teoría de la aplicación de difracción	222
5.23. Manual de usuario de la aplicación de difracción	223
5.24. Módulo de simulación de la aplicación de difracción	225
5.25. Perfil de intensidad de un patrón de difracción calculado mediante el Módulo de simulación	226
5.26. Montaje experimental en laboratorio para estudiar la difracción	227
5.27. Dispositivo de medición de colimación de haz	229
5.28. Ventana de captura y comparación de imágenes de difracción del módulo de experimentación en laboratorio	231
5.29. Procedimiento de comparación de imágenes mediante correlación cruzada	232
5.30. Red de difracción simple	233
5.31. Esquema de reproducción de unCGH transformada de Fourier	234

5.32. Módulo de teoría de la aplicación de CGHs	236
5.33. Ejemplo de cálculo de una máscara CGH	238
5.34. Celda base de un CGH tipo <i>detour</i>	240
5.35. CGH de tipo <i>detour</i> , y detalle de la celda base	241
5.36. Módulo de simulación de CGHs	242
5.37. Ventana de parámetros del Módulo de simulación de CGHs	243
5.38. Montaje experimental en laboratorio para reproducir CGHs	247
5.39. CGH de 300×300 <i>pixeles</i>	248
5.40. CGH de matriz de puntos luminosos sobre película fotográfica mon- tada en diapositiva	248
5.41. Replicación de celda base para contruir el CGH	248
5.42. Reproducción de CGHs implementados sobre acetato transparente y película fotográfica	249
5.43. Ventana de captura y comparación de CGHs del Módulo de experi- mentación en laboratorio	250
5.44. Régimen Raman-Nath de interacción acusto-óptica	252
5.45. Régimen de Bragg de interacción acusto-óptica	253
5.46. Diagrama de bloques del sistema de estudio de la interacción acusto- óptica	254
5.47. Módulo teórico de la aplicación sobre la interacción acusto-óptica	256
5.48. Ventana principal del Módulo de simulación de la aplicación sobre la interacción acusto-óptica	257
5.49. Ángulo de desviación teórico en la interacción acusto-óptica	258
5.50. Imagen del vídeo 3D descriptivo de la interacción acusto-óptica	258
5.51. Pantalla de ayuda a la navegación en el Módulo de simulación de la interacción acusto-óptica	259
5.52. Control de activación mediante RS232 del Módulo de experimentación en laboratorio de la interacción acusto-óptica	260
5.53. AOM utilizado para la comprobación experimental de la interacción acusto-óptica	261
5.54. Láser de diodo utilizado para la comprobación experimental de la interacción acusto-óptica	262
5.55. Adaptación de niveles de tensión RS232-TTL	263
5.56. Señal RF amplificada, una vez inyectada sobre el AOM	264
5.57. Haz de salida tras el modulador acusto-óptico, bajo régimen Raman- Nath y Bragg	265
5.58. Esquema general del paso de una radiación óptica desde una superficie emisora A_1 a otra receptora A_2	267
5.60. Botones de navegación de la aplicación sobre radiometría y fotometría	268
5.59. Módulo teórico de la aplicación sobre radiometría y fotometría	269
5.61. Manual de usuario de la aplicación de radiometría y fotometría	270
5.62. Módulo de simulación de la aplicación de radiometría y fotometría	272
5.63. Secuencia de vídeo, mostrando la interacción emisor-receptor desde diversas perspectivas espaciales	273
5.64. Ejemplo de patrón Moiré	274
5.65. Ejemplo de patrón Moiré	275

5.66. (a) Pantalla principal y (b) Módulo teórico de la aplicación para el estudio del fenómeno Moiré	278
5.67. Módulo de simulación de la aplicación para el estudio del fenómeno Moiré	279
5.68. Parámetros de configuración de los patrones superpuestos en el fenómeno Moiré	280
5.69. Ejemplo de patrón Moiré formado por 2 patrones de líneas girados	281
5.70. Ventana de análisis del Módulo de simulación del fenómeno Moiré	282
5.71. Supresión de Moiré en imágenes utilizando diversos filtros digitales	284
5.72. Espectro electromagnético, resaltando la zona visible	286
5.73. Mezcla de colores aditiva y substractiva	286
5.74. Diagrama de cromaticidad, en el espacio de color xyY	287
5.75. Ventana principal de la aplicación sobre teoría del color	290
5.76. Modelo de ojo humano, dentro de la aplicación sobre teoría del color	291
5.77. Simulación del espacio RGB en la aplicación sobre teoría del color	292
5.78. Comportamiento de distintos dispositivos en la aplicación sobre teoría del color	293
5.79. Herramienta MATLAB BUILDER JA	296
5.80. Pantalla inicial de introducción a todos los proyectos Java™	297
5.81. Pantalla principal y parámetros de la aplicación Java™ para el estudio de la difracción	298
5.82. Barra de menú superior del portal OPTILAB	300
5.83. Pantalla principal del portal OPTILAB	301
5.84. Proyectos de simulación del portal OPTILAB	302
5.85. Requisitos y FAQs del portal OPTILAB	303
5.86. Menú de manuales del portal OPTILAB: vista general	304
5.87. Menú de manuales del portal OPTILAB: ejemplo de explicación teórica	305
5.88. Menú de autoevaluación del portal OPTILAB: vista general	306
5.89. Menú de autoevaluación del portal OPTILAB: ejemplo	307
5.90. Galería de imágenes del portal OPTILAB	308
5.91. Pantalla principal del blog del portal OPTILAB	309
5.92. Política de privacidad del portal OPTILAB	310
5.93. Herramientas y tecnologías utilizadas en la construcción del portal OPTILAB	311
5.94. Entorno Eclipse utilizado para la programación Java™ del portal OPTILAB	312
5.95. Entorno DREAMWEAVER® de desarrollo del portal web OPTILAB	313
5.96. Diseño del blog desarrollo bajo WordPress en el portal OPTILAB	315
5.97. Protocolo de transferencia FTP para almacenamiento de los contenidos del blog del portal OPTILAB	316
B.1. Pantalla de bienvenida en la encuesta de estudiantes	338
B.2. Variables del bloque 1 (parte 1)	339
B.3. Variables del bloque 1 (parte 2)	340
B.4. Variables del bloque 2 (parte 1)	341
B.5. Variables del bloque 2 (parte 2)	341

B.6. Variables del bloque 2 (parte 3)	342
B.7. Variables del bloque 2 (parte 4)	343
B.8. Variables del bloque 2 (parte 5)	344
B.9. Variables del bloque 2 (parte 6)	344
B.10. Variables del bloque 2 (parte 7)	345
B.11. Variables del bloque 2 (parte 8)	346
B.12. Variables del bloque 2 (parte 9)	347
B.13. Variables del bloque 3 (parte 1)	348
B.14. Variables del bloque 3 (parte 2)	349
B.15. Variables del bloque 3 (parte 3)	349
B.16. Variables del bloque 3 (parte 4)	350
B.17. Variables del bloque 3 (parte 5)	351
B.18. Variables del bloque 3 (parte 6)	352
B.19. Variables del bloque 3 (parte 7)	353
C.1. Pantalla de bienvenida en la encuesta de profesores	356
C.2. Variables del bloque 1 (parte 1)	358
C.3. Variables del bloque 1 (parte 2)	359
C.4. Variables del bloque 2 (parte 1)	360
C.5. Variables del bloque 2 (parte 2)	360
C.6. Variables del bloque 2 (parte 3)	361
C.7. Variables del bloque 2 (parte 4)	362
C.8. Variables del bloque 2 (parte 5)	363
C.9. Variables del bloque 2 (parte 6)	363
C.10. Variables del bloque 2 (parte 7)	364
C.11. Variables del bloque 2 (parte 8)	364
C.12. Variables del bloque 2 (parte 9)	365
C.13. Variables del bloque 2 (parte 10)	366
C.14. Variables del bloque 2 (parte 11)	366
C.15. Variables del bloque 2 (parte 12)	367
C.16. Variables del bloque 2 (parte 13)	367
C.17. Variables del bloque 2 (parte 14)	367
C.18. Variables del bloque 3 (parte 1)	368
C.19. Variables del bloque 3 (parte 2)	369
C.20. Variables del bloque 3 (parte 3)	370
C.21. Variables del bloque 3 (parte 4)	370
C.22. Variables del bloque 3 (parte 5)	371
C.23. Variables del bloque 3 (parte 6)	372
C.24. Variables del bloque 3 (parte 7)	373

Índice de Tablas

1.	Convenciones tipográficas utilizadas	v
1.1.	Renovación e innovación en la universidad del siglo XXI	5
1.2.	Comparación entre laboratorio físico, remoto y virtual	8
2.1.	Revisión de plan de asignaturas experimentales sobre Óptica y Fotónica	16
2.2.	Titulaciones ofertadas en SLU	29
3.1.	Preguntas incluidas en cuestionario piloto para estudiantes	37
3.2.	Grupo de expertos participantes en el diseño de los cuestionarios	45
3.3.	Preguntas incluidas en el bloque 1 de los cuestionarios de requisitos .	51
3.4.	Preguntas incluidas en el bloque 2 de los cuestionarios de requisitos .	53
3.5.	Preguntas incluidas en el bloque 3 de los cuestionarios de requisitos .	58
4.1.	Evaluación por expertos de las variables de los cuestionarios de re- quisitos	61
4.2.	Variables con varianza nula del cuestionario de requisitos de estudiantes	64
4.3.	Coefficiente α de Cronbach del cuestionario de requisitos de estudiantes	65
4.4.	Coefficiente α de Cronbach basado en elementos tipificados del cues- tionario de requisitos de estudiantes	65
4.5.	Coefficiente α de Cronbach basado en elementos tipificados del cues- tionario de requisitos de estudiantes (cont.)	66
4.6.	Variables con varianza nula del cuestionario de requisitos de profesores	67
4.7.	Coefficiente α de Cronbach del cuestionario de requisitos de profesores	67
4.8.	Coefficiente α de Cronbach basado en elementos tipificados del cues- tionario de requisitos de profesores	68
4.9.	Coefficiente α de Cronbach basado en elementos tipificados del cues- tionario de requisitos de profesores (cont.)	69
4.10.	Profesores procedentes de instituciones no contempladas inicialmente	95
4.11.	Relación entre las variables EVE1.1: Edad y EVP1.2: Especialidad . .	124
4.12.	Medidas direccionales entre las variables EVE1.1: Edad y EVP1.2: Especialidad	125
4.13.	Relación entre las variables EVE1.2: Género y EVP1.2: Especialidad .	126
4.14.	Medidas de asociación para las variables EVE1.2: Género y EVP1.2: Especialidad	127
4.15.	Relación entre las variables EVP1.1: Universidad y EVP1.2: Especia- lidad	128

4.16. Medidas de asociación para las variables EVP1.1: Universidad y EVP1.2: Especialidad	129
4.17. Relación entre las variables EVP1.3: Curso y EVP1.2: Especialidad	130
4.18. Medidas direccionales para las variables EVP1.3: Curso y EVP1.2: Especialidad	130
4.19. Relación entre las variables EVE1.3: ¿Trabaja? y EVP1.2: Especialidad	132
4.20. Relación entre las variables EVP1.4: Estudios previos y EVP1.2: Especialidad	133
4.21. Medidas de asociación para las variables EVP1.4: Estudios previos y EVP1.2: Especialidad	133
4.22. Relación entre las variables EVE1.4: Ocupación principal y EVP1.2: Especialidad	134
4.23. Medidas de asociación para las variables EVE1.4: Ocupación principal y EVP1.2: Especialidad	135
4.24. Relación entre las variables EVE2.2: Tipo de conexión y EVP1.1: Universidad	136
4.25. Medidas de asociación para las variables EVE2.2: Tipo de conexión y EVP1.1: Universidad	137
4.26. Relación entre las variables EVP2.1: N ^o de asignaturas presenciales y EVP1.2: Especialidad	138
4.27. Medidas de asociación para las variables EVP2.1: N ^o de asignaturas presenciales y EVP1.2: Especialidad	139
4.28. Relación entre las variables EVP3.1: N ^o de asignaturas virtuales y EVP1.2: Especialidad	140
4.29. Tabla ANOVA de las variables EVP3.3: Razones por las que no ha realizado ningún curso totalmente virtual y EVP1.2: Especialidad	141
4.30. Tabla ANOVA de las variables EVP3.3: EVS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es) y EVP1.2: Especialidad	141
4.31. Tabla ANOVA de las variables EVP3.3: EVS2.1: Razones de menor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es) y EVP1.2: Especialidad	142
4.32. Relación entre las variables EVP4.1: N ^o horas semanales usando la plataforma digital y EVP1.2: Especialidad	143
4.33. Medidas de asociación para las variables EVP4.1: N ^o horas semanales usando la plataforma digital y EVP1.2: Especialidad	143
4.34. Tabla ANOVA de la variable EVP4.2: Ubicación preferente de conexión a la plataforma y EVP1.2: Especialidad	145
4.35. Tabla ANOVA de la variable EVP4.3: Horario preferente de conexión a la plataforma y EVP1.2: Especialidad	145
4.36. Tabla ANOVA de las variables EVS1.1: Grado de satisfacción de asignaturas presenciales, EVS2.3: <i>idem</i> virtuales y EVP1.2: Especialidad	146
4.37. Relación entre las variables EVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota? y EVP1.2: Especialidad	146
4.38. Medidas de asociación para las variables EVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota? y EVP1.2: Especialidad	147

4.39. Relación entre las variables EVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota? y EVP1.1: Universidad	148
4.40. Medidas de asociación para las variables EVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota? y EVP1.1: Universidad	149
4.41. Relación entre las variables EVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia de apoyo? y EVP1.2: Especialidad	150
4.42. Medidas de asociación para las variables EVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia de apoyo? y EVP1.2: Especialidad	150
4.43. Relación entre las variables EVS3.4: Participación en diseño, prueba y/o evaluación de alguna herramienta de VRL y EVP1.2: Especialidad	152
4.44. Tabla ANOVA de las variables EVS4.1: Contenidos más interesantes a incluir en la plataforma digital y EVP1.2: Especialidad	152
4.45. Tabla ANOVA de las variables EVS5.1: Herramientas más útiles de la plataforma virtual y EVP1.2: Especialidad	153
4.46. Tabla ANOVA de las variables (a) EVS6.1: Conocimiento y (b) EVS6.2: Uso de aplicaciones colaborativas, frente a EVP1.2: Especialidad	154
4.47. Tabla ANOVA de las variables EVS6.3: Presencia en redes sociales y EVP1.2: Especialidad	155
4.48. Prueba de homogeneidad de varianzas de las variables EVS6.3.3: Presencia en redes sociales (tuenti) y EVP1.2: Especialidad	155
4.49. Prueba de comparaciones múltiples de la variable EVS6.3.3: Presencia en redes sociales (tuenti) y EVP1.2: Especialidad	156
4.50. Relación entre las variables EVS6.4: ¿Escribe en algún blog? y EVP1.2: Especialidad	157
4.51. Relación entre las variables PVE1.1: Edad y PVP1.1: Universidad	159
4.52. Relación entre las variables PVE1.2: Género y PVP1.1: Universidad	160
4.53. Medidas de asociación para las variables PVE1.2: Género y PVP1.1: Universidad	160
4.54. Relación entre las variables PVE1.4: Ocupación principal y PVP1.1: Universidad	162
4.55. Relación entre las variables PVE2.2: Tipo de conexión y PVP1.1: Universidad	163
4.56. Medidas de asociación para las variables PVE2.2: Tipo de conexión y PVP1.1: Universidad	163
4.57. Relación entre las variables PVP2.1: N ^o de asignaturas presenciales y PVP1.1: Universidad	165
4.58. Relación entre las variables PVP3.1: N ^o de asignaturas virtuales y PVP1.1: Universidad	165
4.59. Medidas de asociación para las variables PVP3.1: N ^o de asignaturas virtuales y PVP1.1: Universidad	166
4.60. Tabla ANOVA de las variables PVP3.3: Razones por las que no ha impartido ningún curso totalmente virtual y PVP1.1: Universidad	167
4.61. Prueba de homogeneidad de varianzas de las variables PVP3.3.1: Los planes de estudio no contemplan asignaturas virtuales y PVP1.1: Universidad	168

4.62. Tabla ANOVA de las variables PVS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es) y PVP1.1: Universidad	170
4.63. Prueba de homogeneidad de varianzas de las variables PVS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es) y PVP1.1:Universidad	170
4.64. Relación entre las variables PVP4.1: N ^o horas semanales usando la plataforma digital y PVP1.1: Universidad	172
4.65. Tabla ANOVA de la variable PVP4.2: Ubicación preferente de conexión a la plataforma y PVP1.1: Universidad	172
4.66. Tabla ANOVA de la variable PVP4.3: Horario preferente de conexión a la plataforma y PVP1.1: Universidad	173
4.67. Tabla ANOVA de las variables PVS1.1: Grado de satisfacción de asignaturas presenciales, PVS2.3: <i>idem</i> virtuales y PVP1.1: Universidad	174
4.68. Relación entre las variables PVP3.4: N ^o de MOOCs como estudiante en los últimos 12 meses y PVP1.1: Universidad	175
4.69. Medidas de asociación para las variables PVP3.4: N ^o de MOOCs como estudiante en los últimos 12 meses y PVP1.1: Universidad	175
4.70. Relación entre las variables PVP3.5: N ^o de MOOCs como instructor/coordinador en los últimos 12 meses y PVP1.1: Universidad	176
4.71. Tabla ANOVA de las variables PVS3.1a: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC como alumno y PVP1.1: Universidad	177
4.72. Tabla ANOVA de las variables PVS3.1a: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC como instructor/coordinador y PVP1.1: Universidad	178
4.73. Relación entre las variables PVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota? y PVP1.1: Universidad	179
4.74. Relación entre las variables PVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia de apoyo? y PVP1.1: Universidad	180
4.75. Relación entre las variables PVS3.4: Participación en diseño, prueba y/o evaluación de alguna herramienta de VRL y PVP1.1: Universidad	180
4.76. Tabla ANOVA de las variables PVS4.1: Contenidos más interesantes a incluir en la plataforma digital y PVP1.1: Universidad	181
4.77. Prueba de homogeneidad de varianzas de las variables PVS4.1.6: Realización de experimentos “en vivo” manejando instrumentación real de forma remota y PVP1.1:Universidad	181
4.78. Tabla ANOVA de las variables PVS5.1: Herramientas más útiles de la plataforma virtual y PVP1.1: Universidad	182
4.79. Prueba de homogeneidad de varianzas de las variables PVS5.1.3: Sesiones de <i>chat</i> con el profesor y PVP1.1:Universidad	183
4.80. Tabla ANOVA de las variables (a) PVS6.1: Conocimiento y (b) PVS6.2: Uso de aplicaciones colaborativas, frente a PVP1.1: Universidad	184
4.81. Tabla ANOVA de las variables PVS6.3: Presencia en redes sociales y PVP1.1:Universidad	185
4.82. Prueba de homogeneidad de varianzas de las variables PVS6.3: Presencia en redes sociales y PVP1.1:Universidad	185

4.83. Relación entre las variables PVS6.4: ¿Escribe en algún blog? y PVP1.1: Universidad	186
4.84. Resultados los constructos TAM	188
5.1. Especificaciones técnicas más relevantes del AOM utilizado	261
5.2. Eficiencia de Difracción (<i>Diffraction Efficiency</i>) medida experimental- mente sobre el sistema acusto-óptico implementado	266
5.3. Nombres y símbolos de las magnitudes radiométricas	268

Capítulo 1

Introducción

«Las raíces de la educación son amargas, pero el fruto es dulce»

Aristóteles

El presente trabajo trata de indagar sobre el paradigma del Laboratorio Virtual Remoto (*Virtual Remote Laboratory*) ([VRL](#)) en la enseñanza universitaria de especialidades científico-técnicas.

El modelo didáctico-tecnológico que da soporte a todo este trabajo se desarrolla en el [Capítulo 2](#); como veremos, este modelo contiene elementos de diversos modelos didácticos, desde el Modelo de Mejora de la Escuela de [Leitwood *et al.*](#) y el aprendizaje colaborativo [[Johnson y Johnson, 1999](#)], pasando por el Modelo de Aceptación de Tecnología (*Technology Acceptance Model*) ([TAM](#)) [[Davis, 1993](#)]. Además, el modelo planteado contiene un fuerte componente tecnológico relacionado con la competencia digital, tal como requiere la naturaleza del tema abordado.

En el [Capítulo 3](#) se explica en el diseño de la investigación realizada; en este capítulo, se identifica el objetivo concreto de la investigación, y se definen la población y muestra sobre la que se va llevar a cabo la investigación en [VRLs](#). Como se verá en dicho capítulo, las herramientas fundamentales para obtener información serán sendos cuestionarios de requisitos, dirigidos a las poblaciones de interés (profesores y estudiantes de especialidades científico-técnicas universitarias). Los cuestionarios intentarán recabar las expectativas y necesidades de ambos colectivos, acerca de los [VRLs](#).

Los resultados obtenidos en la fase de investigación se describen en el [Capítulo 4](#). Se realizará un análisis descriptivo de los datos obtenidos en los **cuestionarios de requisitos** para estudiantes y profesores, así como un análisis comparativo entre parejas de variables, con objeto de contrastar las hipótesis planteadas en la fase de investigación. Los resultados obtenidos se enlazarán con los constructos definidos en el modelo [TAM](#). Finalmente, se establecerá un grupo de discusión de expertos, para debatir sobre las conclusiones extraídas en el análisis de datos.

Este trabajo no se limita a tratar el concepto de [VRL](#) desde una visión teórica, sino que también se aproxima al concepto de [VRL](#) desde un punto de vista práctico, fruto de varios años de desarrollo de aplicaciones didácticas para la enseñanza de la Óptica y la Fotónica en el ámbito universitario. Los desarrollos prácticos acometidos conforman la **dimensión tecnológica** de este trabajo, descrita en el [Capítulo 5](#). Como se verá, estos desarrollos han evolucionado a lo largo del tiempo, utilizando diversas herramientas y tecnologías, hasta converger en un portal web, denominada OPTILAB, que condensa los trabajos de experimentación virtual llevados a cabo (convenientemente adaptados para poder funcionar a través de la web). En el portal OPTILAB, se incluyen además los requisitos y necesidades de los colectivos identificados como usuarios de la plataforma [VRL](#), que fueron identificados en la fase de investigación teórica. De esta forma, se establece una realimentación entre el modelo didáctico y la dimensión tecnológica, que entendemos, deberá servir para corroborar el éxito del trabajo de investigación acometido.

Finalmente, el [Capítulo 6](#) describe las conclusiones de este trabajo, así como las posibles líneas abiertas para futuros desarrollos.

Comenzaremos este capítulo introductorio, describiendo en la [Sección 1.1](#) el marco contextual en el que se inscribe este trabajo, que no es otro sino el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones ([TIC](#)) en la enseñanza universitaria; a continuación, se presenta el concepto de [VRL](#), objeto principal de estudio de investigación, el cual, como ya se ha comentado, se abordará desde una doble vertiente: didáctica por una parte, y tecnológica por otra.

A continuación, la [Sección 1.2](#) describe las motivaciones que han llevado a este autor a interesarse por el tema de los [VRLs](#), fruto del ejercicio de la docencia universitaria a lo largo de más de una década, en asignaturas impartidas en diversas titulaciones de ingeniería.

Por último, en la [Sección 1.3](#) se realiza una aproximación al modelo didáctico-tecnológico planteado, comenzando con una breve descripción de los elementos

didácticos utilizados, y continuando con las herramientas tecnológicas desarrolladas.

1.1. Marco contextual

En plena Sociedad del Conocimiento en la que estamos inmersos, no es ninguna novedad que la aparición de internet ha revolucionado prácticamente todas las facetas de actividad del ser humano: artes, ciencias, negocios, relaciones personales ... todo se ha visto agitado por este nuevo paradigma de comunicación, que permite un acceso democrático y universal a contenidos de toda índole.

La evolución que ha sufrido internet en los últimos años, ha cambiado además la forma en que los usuarios utilizan la red. En el nuevo marco que representa la web 2.0, los internautas han pasado de ser simples consumidores pasivos de información, a participar activamente en la construcción de la Sociedad del Conocimiento . La publicación de opiniones en blogs y redes sociales ya no está circunscrita a expertos en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), sino que empieza a hablarse de un *periodismo colaborativo* , donde el ciudadano medio puede participar en prensa, radio y televisión, difundiendo su opinión en tiempo real. De igual forma, los dispositivos y sistemas de realidad aumentada abren un mundo de posibilidades hasta hace poco impensable, desde la previsualización de cualquier tipo de adquisición antes de decidir la compra [Pascual, 2013], hasta visitas virtuales a museos y exposiciones, con una potente sensación inmersiva. El nuevo modelo de economía colaborativa, hace que surjan nuevas formas para adquirir y/o compartir bienes y servicios entre particulares (vehículos, alojamiento, etc.) [Touríño, 12 de enero de 2015].

Una de las facetas más beneficiadas de esta evolución de internet hacia el concepto web 2.0 es la educación. Hoy día, se puede acceder a una ingente cantidad de recursos didácticos interactivos, que abarcan absolutamente todas las ramas del saber. Empresas y centros educativos han visto aquí una gran oportunidad para universalizar el acceso a la formación, con ventajas evidentes en ahorro de costes, flexibilización de horarios para el seguimiento de los cursos, cooperación entre entidades de todo el planeta, etc.

En el ámbito universitario, la declaración de Bolonia respecto al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) refuerza el uso de procesos de aprendizaje-enseñanza basados en competencias [Education, Audiovisual and Culture Executive

[Agency, 2012b,a]. La **competencia digital** es uno de los aspectos clave para poder acceder hoy día a un mercado laboral, que demanda con mayor profusión que nunca el uso intensivo de las TIC, para poder operar con clientes y proveedores en un escenario que cada vez es más global.

Por otra parte, las TIC están cambiando la forma en que se imparte la educación [Alberca *et al.*, 2010]. Como bien señala Dormido, “la tecnología por sí sola no puede ser la solución, pero en las manos de un docente con conocimientos, la tecnología diseñada apropiadamente puede convertirse en una herramienta útil” [Dormido, 2004].

A juicio de Bautista *et al.*, el uso de tecnología en el aula “tiene más de replanteamiento y de innovación que de novedad tecnológica, más de aprovechar la oportunidad y actualizar el rol docente que de hacer lo que el resto de instituciones, y «ofrecer también cursos en línea para no perder el tren». En suma, es la adaptación de la Universidad a la Sociedad de la Información, no sólo utilizando las TIC sino también, y sobre todo, renovando pedagógicamente e innovando conceptualmente” [Bautista *et al.*, 2011, p. 23].

Según estos mismos autores, el modo en que se utilicen y asuman las TIC por parte del mundo universitario, puede producir cambios superficiales o profundos, en la forma de enseñanza. En la Tabla 1.1, Bautista *et al.* resumen las distintas actitudes ante las TIC, tanto del profesor individual como del mundo académico en general, y el grado de resultados obtenidos en cada caso.

Muchos de los contenidos de las asignaturas se imparten (al menos parcialmente) a través de plataformas de aprendizaje *on-line*, permitiendo al estudiante complementar la tradicional enseñanza en clase presencial, con el aprendizaje desde casa. Esta modalidad de enseñanza mixta,¹ que está explotando con el auge de las TIC, produce que las tradicionales universidades presenciales deban actualizarse, para retener a los estudiantes que ven en la enseñanza *on-line* una forma de compaginar el desarrollo formativo con el desempeño de una carrera profesional, y una mejor conciliación con la vida familiar y personal.

Los estudios universitarios de carácter científico-técnico son buenos candidatos para implementar innovaciones educativas relacionadas con las TIC. Los estudiantes de carreras científico-técnicas están habituados al uso de las TIC, por lo que pueden adoptar rápidamente nuevas tecnologías para el aprendizaje.

¹También llamada híbrida o *blended*.

CAMBIOS SUPERFICIALES	
MERA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	
Un docente solo	La comunidad universitaria
Utilización individual de las TIC para perpetuar los métodos tradicionales. <i>El docente no aprovecha el potencial de las TIC</i>	Cambios formales pero sin transformación pedagógica, sin cambios de actitud ni de procedimiento (e.g. <i>presencia en la web, gestiones y trámites</i>)
CAMBIOS PROFUNDOS	
INNOVACIONES METODOLÓGICAS DURADERAS	
Un docente solo	La comunidad universitaria
Empleo individual de las TIC para actualizar la formación: renovación del rol docente, del rol del estudiante, de la metodología. <i>Docentes que innovan por su cuenta, llaneros solitarios</i>	Nueva cultura universitaria: énfasis en el estudiante, en el aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes; también en la adquisición de competencias. <i>Innovación docente holística por parte de facultades o instituciones</i>

Tabla 1.1 Renovación e innovación en la universidad del siglo XXI [Bautista *et al.*, 2011]

Por otra parte, muchas de las asignaturas de disciplinas científicas y técnicas requieren la realización de *prácticas de laboratorio*. Numerosos estudios de psicología cognitiva demuestran claramente que las personas adquieren habilidades al *hacer* las cosas y *reflexionar* sobre el resultado, no por *ver y escuchar* a otra persona que les dicen qué se supone que deben saber [Dormido, 2004]. El viejo adagio de “aprender haciendo” sigue estando, por tanto, de plena actualidad.

De la confluencia de las **TIC** con la experimentación práctica, surge el Laboratorio Virtual Remoto (*Virtual Remote Laboratory*) (**VRL**), concepto sobre el que se está realizando una gran investigación en los últimos tiempos, tanto en el ámbito de la enseñanza secundaria [Dziabenko y García-Zubía, 2013], como en la universitaria [García-Zubía y Alves, 2012].

La idea de realizar simulaciones en ciencias e ingeniería no es algo nuevo. Ya en el año 1928, Edwin Link desarrolló lo que se considera el primer simulador de vuelo mundial, denominado *Link Trainer*, que fue utilizado para entrenar a miles de pilotos militares, antes y durante la Segunda Guerra Mundial [Feisel y Rosa, 2005]. Desde entonces, los simuladores en particular, y la experimentación virtual/remota

en general, han sido objeto de un gran desarrollo, extendiéndose a multitud de industrias y áreas de conocimiento distintas, entre las que destacan la aviación, química, nuclear y telecomunicaciones, por mencionar sólo algunas [Balamuralithara y Woods, 2008].

Aunque su inicio se sitúa a principios de los años 90 [Shor *et al.*, 2011], no ha sido hasta bien entrado el siglo XXI cuando el concepto de Laboratorio Virtual Remoto (*Virtual Remote Laboratory*) (VRL) ha comenzado a despertar cierto interés en la comunidad educativa. Podemos definir un VRL como una plataforma para realizar experimentos científico-técnicos, mediante la utilización de las TIC [Gamo, 2013]. La Figura 1.1 ilustra los elementos que, típicamente, conforman un VRL [Andújar y Mateo, 2010].

En torno al concepto de VRL, existen dos tipos básicos de aproximaciones [Balamuralithara y Woods, 2008]:

Laboratorio virtual: permite la simulación de experimentos mediante las TIC.

Para ello, se recurre a modelos matemáticos implementados en ordenador, que simulan los fenómenos a experimentar [Mitchell-Waldrop, 2013]. El estudiante puede acceder al *software* de simulación mediante un navegador web (suele ser la opción preferida), o bien instalarlo en su propio ordenador. En el primer caso, existen dos modalidades, en función de dónde se ejecute el *software* de simulación:

Procesamiento en el lado del cliente: la arquitectura de esta modalidad se muestra en la Figura 1.2. Por lo general, el *software* suele consistir en *applets* de Java™ que se ejecutan sobre los navegadores más comunes, de forma interactiva.

Procesamiento en el lado del servidor: en este caso, la simulación se ejecuta en el lado del servidor, y el estudiante accede remotamente, mediante una interfaz basada en la web.

Laboratorio remoto: se realiza una interacción efectiva, con equipos e instrumentos presentes en una ubicación física distinta desde donde se controla el experimento [Chaos *et al.*, 2013]. Los laboratorios remotos permiten a los estudiantes enviar comandos, que pueden ser pre-procesados en la ubicación donde se halla el estudiante. Los comandos llegan a través del servidor, y ejecutan el experimento en el laboratorio presencial, sobre equipos físicos reales. Los resultados de los experimentos aparecen representados en la ubicación donde se encuentra el estudiante.

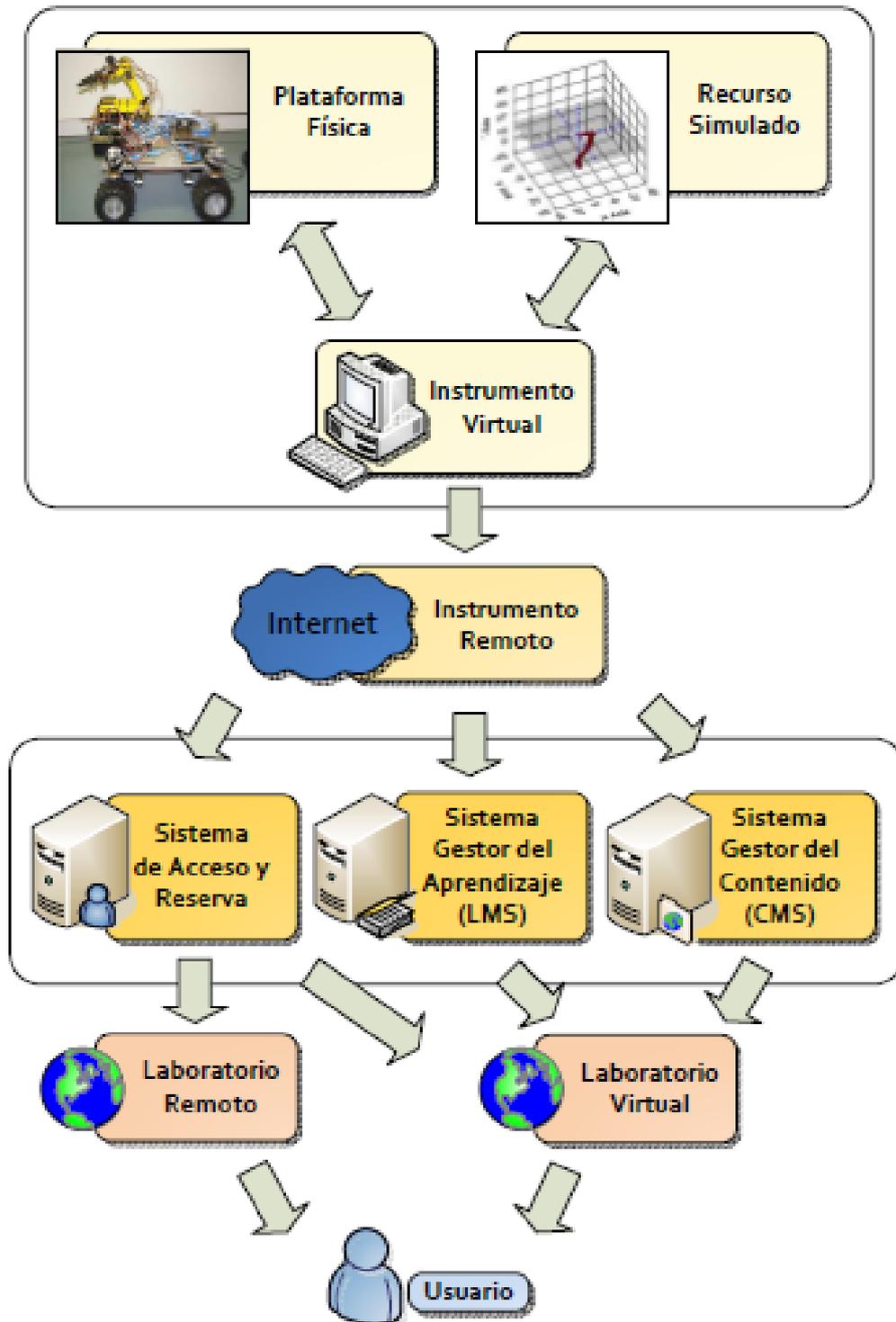


Figura 1.1 Diagrama de diseño de un VRL, según [Andújar y Mateo, 2010]

Por otra parte, la [Tabla 1.2](#) muestra una comparativa entre laboratorios físico, virtual y remoto, según [Balamuralithara y Woods](#). A pesar de que estamos de acuerdo en la mayor parte de esta clasificación, no hay que olvidar que, hoy día, los

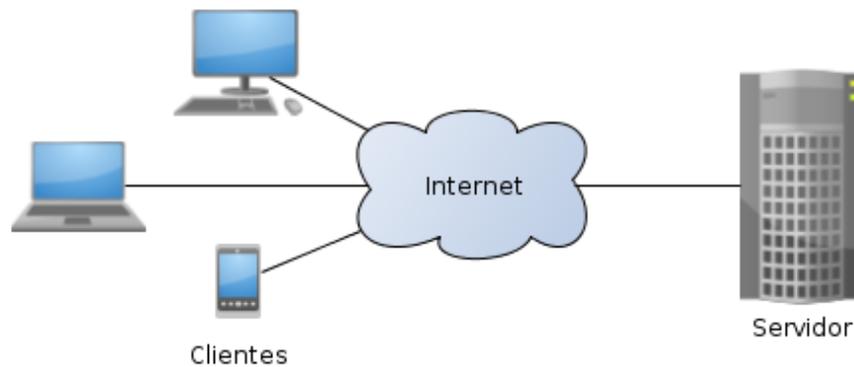


Figura 1.2 Arquitectura de procesamiento cliente-servidor

VRL también incluyen conceptos como el aprendizaje colaborativo, como se irá descubriendo a lo largo de este trabajo.

Parámetro	Lab físico	Lab remoto	Lab virtual
Coste		Alto	Bajo
Equipamiento y recursos	Necesita equipamiento y espacio	Necesita equipamiento y espacio (relativamente bajo)	No
Experiencia manual	Máxima exposición	Cercana al laboratorio real	Completamente virtual
Realidad y control efectivo	Muy alto	Razonablemente alto, en función del GUI	Bajo para 2D
Accesibilidad	Limitada	Limitada en función del horario	Ilimitada
Supervisión del instructor	Instructor presente durante las sesiones prácticas	<i>On-line (chat/correo-e)</i>	
Apoyo y trabajo en equipo	Apoyo por el asistente de laboratorio y por el compañero de puesto	Independiente	Independiente
Beneficios educativos	Experiencias reales y destrezas prácticas	Interacción <i>on-line</i> con el equipamiento real	Buena exposición al aprendizaje conceptual
Normas seguridad	Sí	No	No
Mantenimiento / actualización	Equipos	Equipos y <i>software</i>	<i>software</i>

Tabla 1.2 Comparación entre laboratorio físico, remoto y virtual, según [Balamuralithara y Woods, 2008]

Las ventajas de los **VRL** en enseñanzas científico-técnicas son múltiples. Podemos destacar algunas de ellas:

- Acceso al **VRL** desde múltiples localizaciones geográficas (*e.g.* estudiantes de distintas ciudades, países, etc.).
- Compartición eficiente de recursos entre distintos centros de enseñanza, lo que redundaría en economías de escala.
- Mejora de la calidad, a través de la especialización (*e.g.* cada centro puede centrarse en desarrollar de forma óptima una/varias prácticas, en lugar de acometer el desarrollo de todas las que correspondan a una misma asignatura).
- Seguridad y prevención (*e.g.* los experimentos pueden realizarse sin peligro para los estudiantes, en caso de fallo).

Sin embargo, hay que mencionar que los **VRL** no son la panacea; algunos docentes han señalado inconvenientes que también deben tenerse en cuenta [Balamuralithara y Woods, 2008]:

- La simulación no es una substitución de un experimento real; el *software* representa un *modelo matemático* del experimento real, y por tanto, no proporciona los resultados *reales*.
- Revisar/añadir nuevos experimentos al programa de una asignatura conlleva, a veces, una revisión completa del *software* de simulación, lo que puede no ser atractivo, por el alto coste que conlleva.
- Los estudiantes pueden ignorar los procedimientos de seguridad y precaución en el manejo de equipos, dado que los **VRL** no necesitan interacción real con dichos equipos.
- La simulación introduce ciertos elementos de “irrealidad”. El estudiante puede ser menos diestro cuando se enfrenta al manejo de equipamiento real.
- Los laboratorios basados en simulación pueden limitar la curiosidad por el aprendizaje, al poner al estudiante en un entorno acotado, con entradas predefinidas, y parámetros restringidos.

Estas opiniones, totalmente lícitas, no hacen sino corroborar la tesis que defendemos desde el primer momento, a saber; que **un VRL nunca debe ser un sustituto de un laboratorio real, sino un complemento del mismo**. Como se verá, esta idea será defendida (y corroborada) en sucesivas ocasiones, a lo largo de este trabajo.

1.2. Motivaciones de este trabajo

La presente tesis tiene como objeto analizar, desde las vertientes didáctica y tecnológica, lo que supone la implementación de un **VRL** en el entorno de enseñanza universitaria de carreras científico-técnicas, concretamente en el ámbito de la Óptica y la Fotónica.

El sistema objeto de este trabajo se denomina OPTILAB, y consiste en una plataforma digital que contiene una serie de recursos *on-line* para la experimentación virtual de fenómenos ópticos. A través de la plataforma OPTILAB, los estudiantes de carreras universitarias científico-técnicas podrán simular desde casa las prácticas relacionadas con la Óptica y la Fotónica, antes de enfrentarse a la realización física de los experimentos en un laboratorio presencial.

Como bien señalan *Bautista et al.*, “para la transformación de la metodología docente universitaria es muy importante que el profesor entienda la importancia de la diferenciación conceptual entre alumno y estudiante [...]. Utilizamos «estudiantes» para referirnos a los discentes que mantienen unas pautas de funcionamiento fundamentadas en la autonomía y la madurez. Estas actitudes difícilmente se darán en el alumno tradicional, el cual está «conformado» desde un tamiz jerárquicamente dependiente de la acción docente” [*Bautista et al., 2011*, p. 34]. En este sentido, la plataforma OPTILAB, objeto de este trabajo, está claramente orientada hacia **estudiantes**, los cuales quieren tener un papel activo en su propio proceso formativo.

Todo **VRL** precisa de una serie de elementos técnicos para su implementación. Pero, por encima de los recursos técnicos, y como cualquier otro tipo de enseñanza que se precie de serlo, el **VRL** debe apoyarse en un **modelo didáctico eficaz**, que garantice el éxito y satisfacción tanto del profesorado, como de los estudiantes, siendo éstos últimos los principales destinatarios del proceso de enseñanza-aprendizaje.

El nuevo paradigma suscitado recientemente en la enseñanza es el Curso En Línea, Abierto y Masivo (*Massive Open Online Course*) (**MOOC**). Se trata de cursos, por lo general de corta duración, normalmente impartidos por universidades de prestigio, que pretenden introducir al estudiante en alguna disciplina, como complemento a la enseñanza presencial. OPTILAB compartirá con los **MOOCs** algunas de sus características, especialmente la universalidad en el acceso y el aprendizaje colaborativo, tal como se describe en los siguientes capítulos.

1.3. Aproximación al modelo didáctico utilizado

El [Capítulo 2](#) describe en detalle el marco teórico en que se sustenta el presente trabajo. El núcleo fundamental lo constituye el **Modelo de Mejora de la Escuela** desarrollado por [Leitwood *et al.* \[2006\]](#), al que se han añadido elementos procedentes de otros modelos. Como adelanto, se pueden señalar los componentes más destacados que presenta el modelo desarrollado:

- Por un lado, el asunto tratado requiere lógicamente de un fuerte *componente tecnológico* [[Medina y Domínguez, 2009](#), p. 54], que sirva para la implementación práctica del **VRL** desarrollado.
- Por otra parte, el **VRL** desarrollado implementará elementos del *modelo colaborativo* [[Medina y Domínguez, 2009](#), p. 61] [[Johnson y Johnson, 1999](#)], como complemento al aprendizaje autónomo, el cual entendemos que sigue siendo indispensable en el estudio de cualquier disciplina en general, y del área científico-técnica en particular.
- Además, la plataforma OPTILAB utilizará elementos del Modelo de Aceptación de Tecnología (*Technology Acceptance Model*) (**TAM**) para su diseño y evaluación [[Davis, 1993](#)].

Uno de los aspectos metodológicos que resultan claves para el desarrollo de este modelo lo constituyen las herramientas de recogida de datos, y más concretamente, los cuestionarios realizados a los dos colectivos implicados (estudiantes y profesores de enseñanzas científico-técnicas). Estos cuestionarios servirán para definir la estructura y funcionalidad del **VRL** finalmente implementado.

Dada la importancia que tiene en este trabajo la identificación de requisitos y expectativas de profesores y estudiantes acerca de los **VRLs**, se han reservado sendos capítulos completos, para desarrollar respectivamente el diseño de la investigación ([Capítulo 3](#)), y el análisis de resultados de dicha fase de investigación ([Capítulo 4](#)).

Como bien señala [López \[2010\]](#), “Los ingenieros no pueden avanzar sin sus compañeros psicólogos y pedagogos; pero al mismo tiempo, psicólogos y pedagogos no pueden avanzar en educación para ingenieros sin los propios ingenieros. *La investigación en educación es, por definición, un área multidisciplinar*”. De ahí que, en el diseño y validación del contenido de los cuestionarios de requisitos para estudiantes y profesores, descritos en el [Capítulo 3](#), se haya contado con expertos en Ciencias e Ingenierías por un lado (tecnólogos), y profesionales en Educación (pedagogos)

por otra. Con la inclusión de expertos tecnológicos y pedagogos, pensamos que se enriquecen los resultados del proyecto de investigación educativa perseguido en este trabajo.

Por otra parte, la dimensión tecnológica se desarrolla en el [Capítulo 5](#), donde se analizan las distintas alternativas tecnológicas utilizadas, los desarrollos acometidos para generar las herramientas de simulación de fenómenos ópticos mediante las tecnologías seleccionadas (NI LABWINDOWS[™]/CVI, MATLAB[®], Java[™]), y finalmente, la plataforma [VRL](#) construida, accesible mediante la web, cuya estructura y funcionalidad estarán íntimamente ligadas a los resultados derivados del modelo didáctico desarrollado.

Capítulo 2

Modelos Didácticos: marco teórico

«Si los hechos no encajan en la teoría, cambia los hechos»

Albert Einstein

En este capítulo, se abordará el marco teórico que sustenta todos los desarrollos realizados, en relación al ámbito de investigación de este trabajo.

La [Sección 2.1](#) plantea el modelo didáctico utilizado, que como se verá, está estructurado a lo largo de distintas *dimensiones*, cada una de las cuales está basada en el desarrollo de una o varias *competencias*.

Una vez planteado el modelo didáctico, la [Sección 2.2](#) propone las distintas fases para el desarrollo efectivo del mismo, siempre teniendo como objetivo final la implementación de una plataforma [VRL](#) de experimentación en Óptica y Fotónica, como apoyo a la enseñanza universitaria en titulaciones de ciencias e ingeniería.

2.1. Planteamiento del modelo

La filosofía subyacente en el desarrollo de la plataforma OPTILAB de experimentación en Óptica y Fotónica, reside en la idea de que un Laboratorio Virtual Remoto (*Virtual Remote Laboratory*) ([VRL](#)) no pretende *sustituir* completamente a la enseñanza tradicional en aula; más bien se utilizará la enseñanza remota de prácti-

cas de laboratorio como un *complemento a la enseñanza presencial*, permitiendo al estudiante realizar alguna/s de las prácticas desde casa, de forma complementaria a la realización de las prácticas reales en el aula presencial.

En ambos casos, se pretende que “el alumno no esté solo”, sino que pueda recibir la ayuda del instructor y del resto de compañeros de clase también en la distancia, para resolver las posibles dudas que puedan plantearse, y así desarrollar de forma efectiva su proceso de aprendizaje.

Con esta idea en mente, el modelo teórico elegido para el desarrollo de la plataforma OPTILAB se inspira en el **Modelo de Mejora de la Escuela** [Leitwood *et al.*, 2006], con algunos elementos adicionales, como muestra la [Figura 2.1](#).

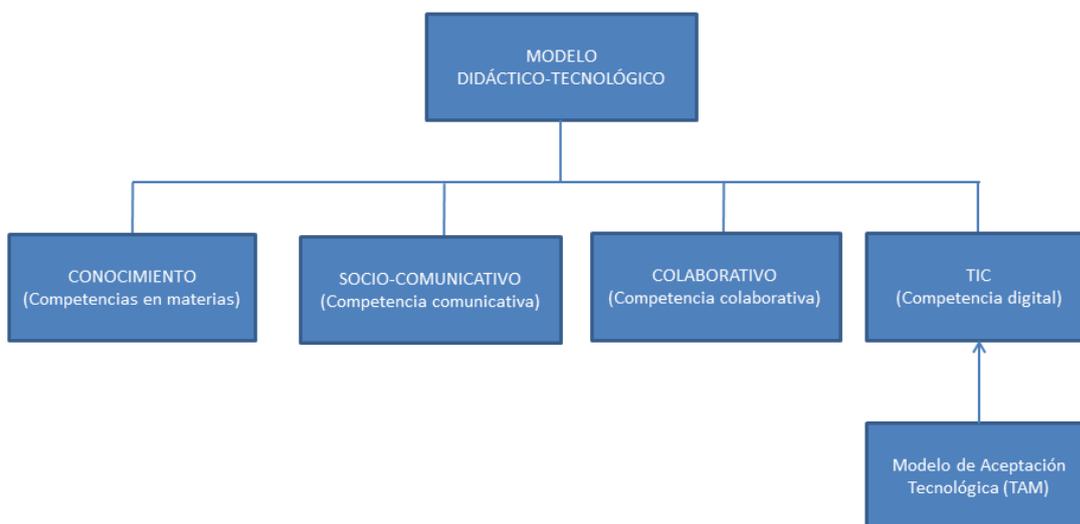


Figura 2.1 Diagrama de bloques del modelo teórico propuesto para OPTILAB

Como puede observarse, el modelo diseñado pivota en torno a diferentes *dimensiones*, cada una de ellas encargada de desarrollar aquellas competencias que se han identificado como claves para este trabajo. Las dimensiones contempladas en el modelo, con sus correspondientes competencias asociadas, son las siguientes:

- Dimensión de Conocimiento.
- Dimensión Socio-Comunicativa.
- Dimensión Colaborativa.
- Dimensión **TIC**, alimentada por el Modelo de Aceptación de Tecnología (*Technology Acceptance Model*) (**TAM**).

Las siguientes secciones de este capítulo, describen en detalle los contenidos de cada uno de los bloques (dimensiones) que conforman el modelo planteado. En la última sección, se describen las fases previstas para el desarrollo efectivo del modelo.

2.1.1. Dimensión de Conocimiento (competencias en materias)

Este bloque condensa las competencias que el estudiante debe adquirir para poder superar las asignaturas de Óptica y Fotónica, ámbito de conocimiento en que se centrará la plataforma [VRL](#) objeto de este trabajo.

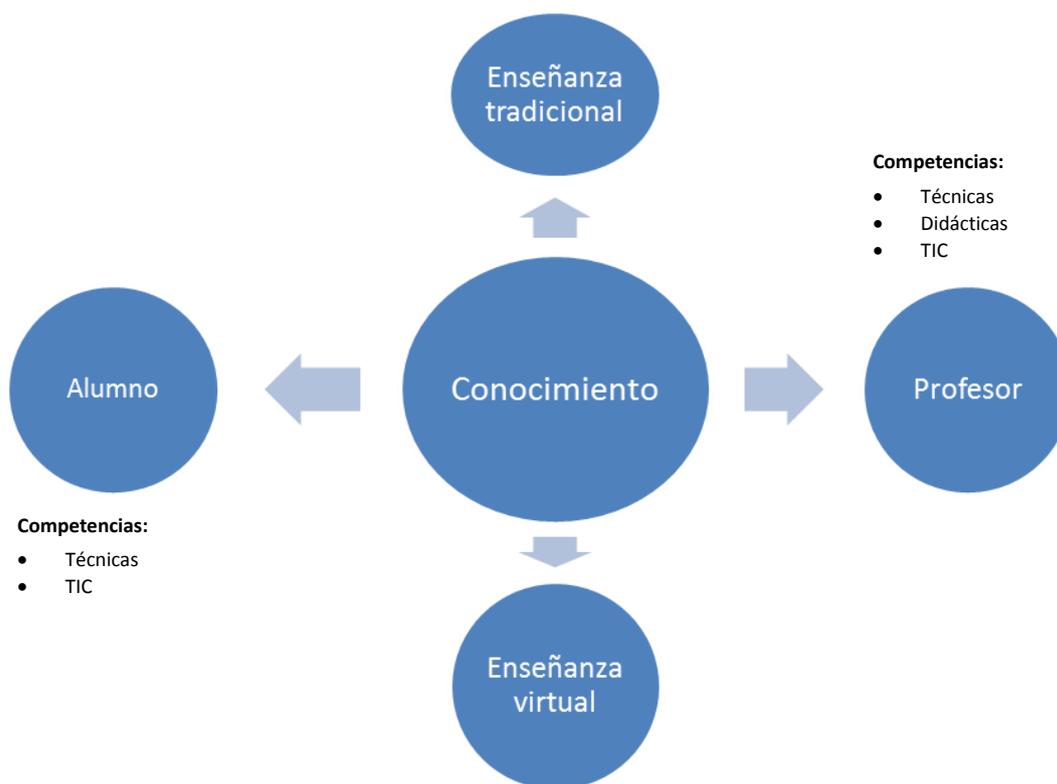


Figura 2.2 Bloque de conocimiento

El punto de partida será el plan actual de estudio de las materias señaladas, incidiendo en las prácticas experimentales. Habrá que revisar el modelo curricular de todos los agentes implicados, *i.e.* profesores y estudiantes [Gil-Chaveznava, 2007], e incluir la nueva competencia necesaria en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [Medina, 2009; Trujillo *et al.*, 2010], para poder utilizar de forma efectiva las distintas funcionalidades del [VRL](#) finalmente desarrollado.

Se han escogido tres universidades, con titulaciones en ciencias e ingeniería, y asignaturas prácticas relacionadas con la Óptica y la Fotónica. La [Tabla 2.1](#) resume el estudio realizado. Las prácticas identificadas inspirarán los contenidos de las simulaciones llevadas a cabo, las cuales se detallan en el [Capítulo 5](#).

Universidad	Asignatura	Titulación	Prácticas
SLU	Engineering Physics II	Ingeniería ⁽¹⁾	Longitud focal. Índice de refracción. Polarización de luz. Interferencia y difracción
UAH	Laboratorio de Optoelectrónica y Fotónica	Ingeniería ⁽¹⁾	Reflexión y refracción. Formación de imagen con lentes delgadas. Emisores y detectores. Dispositivos ópticos de acoplamiento
UPM	Comunicaciones Ópticas	Ing. Telecomunicación	Enlace de comunicaciones ópticas. Caracterización de fuentes ópticas. Balances de Tiempo y Potencia de un enlace. Reflectómetro Óptico en el Dominio del tiempo. Soldadura de Fibras Ópticas
UCM	Laboratorio de Física	Física	Potencia de lentes delgadas. Índice de refracción.
UAM	Técnicas Experimentales III	Física	Interferencia y difracción. Óptica Electrónica. Polarización de la luz
UNED	Técnicas Experimentales III	Física	Interferometría. Difracción. Laboratorio virtual y remoto de Óptica (experiencia piloto)

⁽¹⁾ Diversas titulaciones

Tabla 2.1 Revisión de plan de asignaturas experimentales sobre Óptica y Fotónica

Como fuentes adicionales de información, se revisarán experiencias similares en [VRLs](#) que ya se estén llevando a cabo en otros centros educativos, tal y como indica la [Sección 5.1](#).

Dada la importancia de la *competencia digital* en el marco de este trabajo, la [Sección 2.1.4](#) desarrolla en exclusiva el bloque [TIC](#) incluido en este modelo.

2.1.2. Dimensión Socio-Comunicativa (competencia comunicativa)

En esta dimensión, se incluyen las competencias necesarias para que las comunicaciones entre los distintos agentes (profesor-profesor, profesor-estudiante), se

establezcan de forma adecuada, y así garantizar el éxito en la implantación del modelo innovador. Aparte de los canales habituales de comunicación de la enseñanza presencial (tutorías en despacho, resolución de dudas en aula . . .), se potenciará la comunicación electrónica, utilizando las herramientas y servicios que se implementen en la plataforma OPTILAB, una vez analizados los requisitos y preferencias de los usuarios.

En una plataforma virtual, se pueden implementar herramientas comunicativas tanto *síncronas* como *asíncronas*. Por herramientas de comunicación síncronas, entendemos aquellas donde la comunicación se realiza directamente entre los interlocutores. Ejemplos de tales herramientas son el *chat*, y la audio/video-conferencia. Las herramientas asíncronas son aquellas donde los interlocutores dejan sus mensajes (normalmente en forma escrita), para que otros puedan leerlos a posteriori, y realizar comentarios sobre ellos. Algunas de las herramientas asíncronas más comunes son el correo electrónico y los foros públicos.

Se resumen a continuación las herramientas/servicios de comunicación que, previsiblemente, se incluirán en la plataforma [VRL](#):

- Correo-e
- *Chats*
- Foros públicos (blogs)
- Preguntas Frecuentes (*Frequently Asked Questions*)

2.1.3. Dimensión Colaborativa (competencia colaborativa)

Muy ligado al bloque anterior, en esta dimensión se engloban todas las competencias y capacidades colaborativas entre los agentes, para que se pueda llevar a cabo la actividad innovadora.

El concepto de colaboración se está extendiendo a muchos ámbitos de la sociedad; así, se habla de una nueva *economía colaborativa* [[Touriño, 12 de enero de 2015](#)], impulsada por el uso eficiente de las [TIC](#), que pone en contacto a usuarios que ofrecen y demandan bienes y servicios de todo tipo (electrodomésticos, automóviles, viviendas, . . .).

En lo que se refiere al proceso de enseñanza y aprendizaje, el modelo colaborativo o cooperativo “intenta crear un clima del aula opuesto a la competitividad

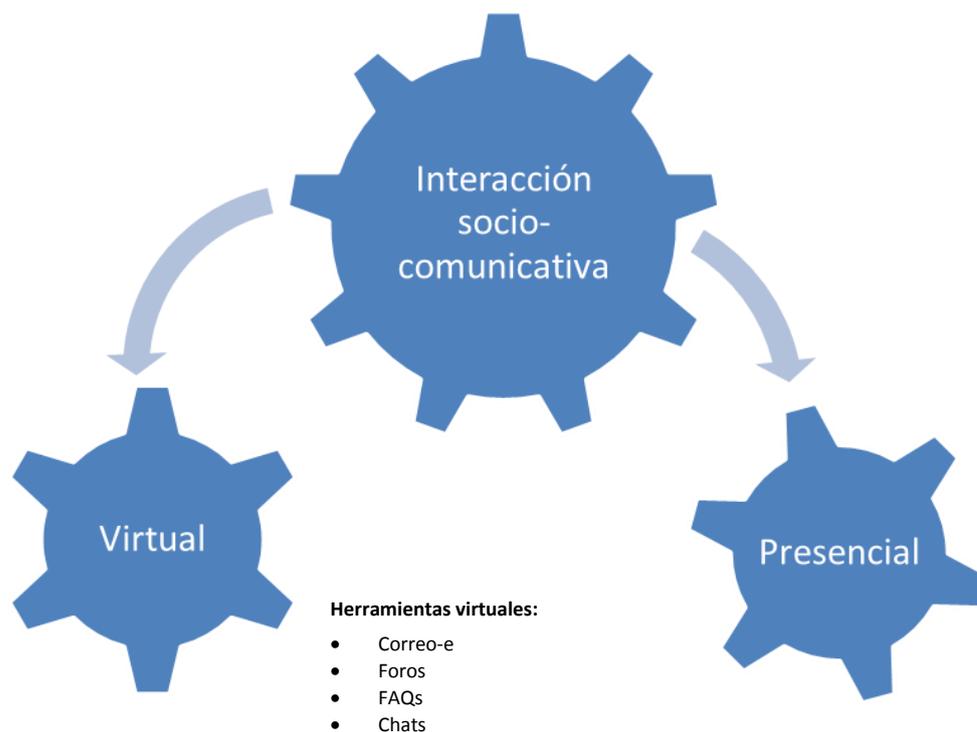


Figura 2.3 Bloque socio-comunicativo

que promueve unas actitudes solidarias mediante el trabajo en grupo” [Medina y Domínguez, 2009, p. 61].

Según Johnson y Johnson, el aprendizaje colaborativo es “un sistema de interacciones cuidadosamente diseñado que organiza e induce la influencia recíproca entre los integrantes de un equipo” [Johnson y Johnson, 1999].

En la realización de prácticas experimentales en ciencias e ingeniería, es muy habitual que los estudiantes trabajen en parejas (a veces, en grupos más numerosos), para compartir de forma eficiente los recursos del laboratorio presencial, que suelen ser escasos. Además, este trabajo en equipo puede extenderse fuera del aula, especialmente con las herramientas colaborativas que ofrecen las TIC (foros, FAQ, sistemas de intercambio de ficheros, etc.), para que los estudiantes puedan apoyarse unos en otros, y construir un conocimiento que sirva a todos.

Como bien señalan Medina y Domínguez, “la clave del trabajo cooperativo es buscar el beneficio de todos los miembros del equipo: todos salen ganando, nadie pierde (...) Como principal ventaja, la participación fomenta el compromiso de cada estudiante con su propio proceso instructivo y formativo. La participación en equipo fomenta además el sentimiento de pertenencia al grupo”.



Figura 2.4 Bloque colaborativo

Es importante diseñar encuestas y recopilar opiniones, tanto de profesores como de estudiantes, para que el **VRL** objeto de este trabajo se desarrolle de forma efectiva, incluyendo aquellas herramientas de aprendizaje autónomo y colaborativo que demanden los dos colectivos.

En este sentido, sería deseable establecer *mecanismos de incentivación*, que aumenten la participación de estudiantes y profesores, especialmente en la fase de implantación y evaluación las experiencias piloto de las plataformas **VRL**.

El **Capítulo 3** describe en detalle el diseño de la investigación, donde la herramienta clave son los cuestionarios dirigidos a estudiantes y profesores, cuyo objetivo precisamente es recopilar las expectativas y necesidades de ambos colectivos, en lo referente al diseño y funcionalidad de la plataforma **VRL** de experimentación.

2.1.4. Dimensión **TIC** (competencia digital)

Una de las competencias a adquirir por el estudiante (y también por el profesorado) es la **competencia digital**. Hoy en día, las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (**TIC**), además de constituir por si mismas una extraordinaria fuente de información para el profesorado, son también fuente de información, formación y entretenimiento para el alumnado [Castillo y Cabrerizo, 2010, p. 180].

Como señalan [Castillo y Cabrerizo \[2010, p. 181-182\]](#), “las **TIC** ofrecen un mayor contenido educativo y cultural de cualquier parte del mundo, siendo capaces de salvar las distancias entre el hecho producido y la persona receptora, lo que facilita el abaratamiento de costes. De esta forma se facilita el acceso a la cultura a personas de lugares remotos que en otras condiciones les sería muy difícil hacerlo, por lo que no es extraño que las **TIC** puedan llegar a ser consideradas por algunos «resistentes» a su utilización como recursos didácticos competidores directos de la educación”.

En otro párrafo, [Castillo y Cabrerizo \[2010, p. 182\]](#) continúan: “Esta serie de hechos dan una idea del importantísimo papel que juegan las **TIC** en la actualidad en el proceso formativo de los estudiantes, ya que la cultura que viven actualmente los estudiantes es básicamente audiovisual (hoy todo esta en la red). Se ha sustituido en buena parte la lectura por la recepción de informes audiovisuales (correo electrónico), aunque esperemos nunca aquella llegue a ser sustituida por estos. Se habla de una *educación para la imagen* propiciada por los *mass media*, y de una *alfabetización audiovisual*, como complemento de la tradicional”.

Por último, [Castillo y Cabrerizo \[2010, p. 182\]](#) concluyen: “No obstante, y aunque las posibilidades formativas que ofrecen actualmente las **TIC** para facilitar la adquisición y desarrollo de competencias, son extraordinarias, existen ciertas «resistencias», que han llevado a que a veces algunos profesores se sientan inseguros ante la novedad que supone la irrupción de esas tecnologías en su tradicional ámbito de trabajo, teniendo que convivir con ellas e instándoles a su uso, sin haber sido convenientemente preparados para su utilización en las aulas, lo que ha propiciado a veces, ciertas actitudes de rechazo hacia la utilización de las **TIC**. Esas actitudes podrían verse superadas, si el profesorado se iniciase en su conocimiento de forma progresiva con la finalidad de utilizarlas de forma profesional”. No podemos estar más de acuerdo con estas afirmaciones.

La [Figura 2.5](#) esboza el diagrama del bloque digital del modelo teórico. El objetivo final es construir una plataforma **VRL** que sea realmente efectiva y eficaz para estudiantes y profesores, como complemento experimental a las prácticas desarrolladas en el laboratorio presencial, en asignaturas relacionadas con la Óptica y la Fotónica.

Tenemos, por tanto, dos aspectos clave a considerar: por una parte, se debe llevar a cabo un diseño de la plataforma eficaz desde el punto de vista tecnológico (multiplataforma, rápido y ágil de usar); por otra parte, el diseño debe ser atractivo y

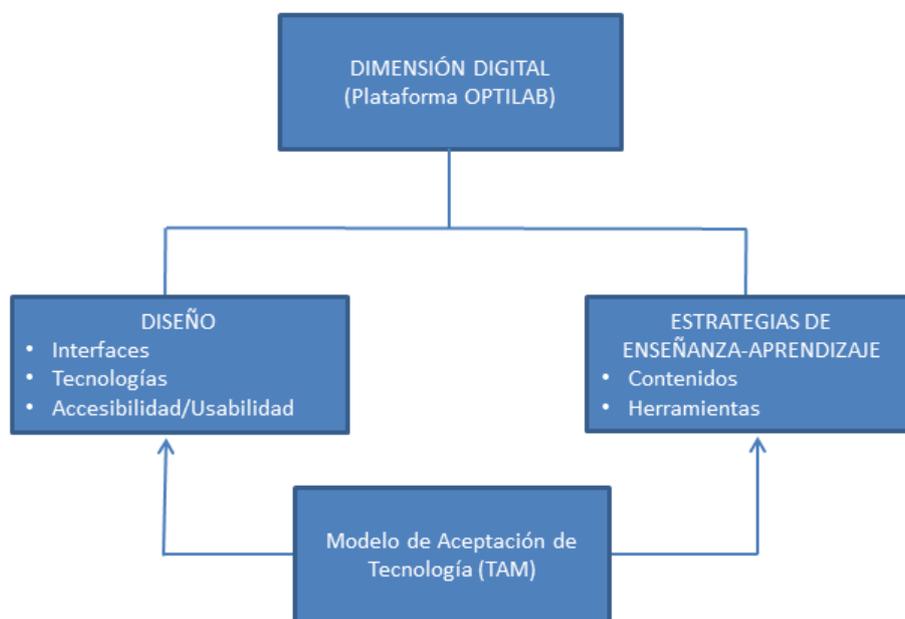


Figura 2.5 Bloque TIC

operativo. Aspectos como la *usabilidad* y la *accesibilidad* del sistema son primordiales a la hora de diseñar la plataforma OPTILAB.

Para intentar conseguir estos objetivos marcados para la dimensión digital, se utilizarán nociones del Modelo de Aceptación de Tecnología (*Technology Acceptance Model*) (TAM), como base teórica sobre la que construir nuestro modelo [Davis, 1993]. El TAM está basado en la Teoría de la Acción Razonada (*Theory of Reasoned Action*) (TRA) introducida por Fishbein y Ajzen [1975], y toma paradigmas de actitudes de la Psicología para tratar de predecir y explicar la aceptación por parte de los usuarios de un elemento tecnológico dado [Morris *et al.*, 1997].

El TAM considera la *utilidad* y *facilidad de uso* percibidas por parte de los usuarios finales, como los factores clave a la hora de decidir sobre el uso de las TIC. La *utilidad percibida* la define Davis como “el grado con el que un individuo cree que, utilizando un sistema particular, aumentará su desempeño laboral”. Por otra parte, la *facilidad de uso percibida* es definida por el mismo autor como “el grado con el que un individuo cree que, usando un sistema particular, se verá liberado de esfuerzo físico y mental” [Davis, 1993].

Dado que el modelo TAM original no estaba concebido para la evaluación de sistemas de enseñanza a distancia, han surgido distintas adaptaciones del mismo,

incluyendo indicadores adicionales que juegan un papel determinante en este tipo de enseñanza [Persico *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2010]. Algunos autores incluyen la *efectividad* como un factor clave, a la hora de evaluar un sistema de aprendizaje [Novo-Corti *et al.*, 2013].

En este sentido, los cuestionarios elaborados para estudiantes y profesores, descritos en la [Sección 3.2](#), tratarán de indagar sobre distintos aspectos de la utilidad y facilidad de uso de la plataforma [VRL](#), como son, entre otros:

- Preferencia acerca de los *contenidos* que debiera tener la plataforma [VRL](#).
- Percepción sobre la *utilidad* de las herramientas que la plataforma debiera incluir.
- *Hábitos de uso* de la plataforma (horarios y ubicación preferentes de conexión, tiempos promedio de utilización semanal, etc.).

2.2. Fases para el desarrollo del modelo

Para el desarrollo del modelo de innovación anterior, elegiremos las siguientes fases, inspiradas parcialmente en [Gairín \[2002\]](#):

Fase previa: esta fase inicial servirá para centrar el problema, y definir los requisitos iniciales y características generales que tendrá el futuro Laboratorio Virtual Remoto (*Virtual Remote Laboratory*) ([VRL](#)). Asimismo, se realizará un estudio bibliográfico sobre experiencias similares en plataformas [VRLs](#) para enseñanza universitaria científico-técnica, preferentemente en Óptica/Fotónica.

Diseño de la investigación: esta etapa, junto con la siguiente, constituyen las fases más importantes de todo el trabajo de investigación didáctica. Durante esta fase, se recabarán las preferencias y necesidades de los dos colectivos (estudiantes y profesores) respecto al [VRL](#) finalmente desarrollado (plataforma OPTILAB).

Análisis de resultados: en esta fase, se analizarán los resultados obtenidos de la etapa anterior, extrayendo conclusiones válidas que permitan acometer el diseño adecuado de la plataforma OPTILAB.

Aplicación piloto: consiste en la puesta en práctica de la versión inicial de la plataforma OPTILAB, mediante experiencias piloto voluntarias, con un grupo reducido de estudiantes y profesores.

Evaluación y revisión: tanto cuantitativa como cualitativa, de las innovaciones realizadas en la aplicación piloto anterior. El plan inicialmente propuesto será revisado y analizado en función de la evaluación realizada en esta etapa, para tratar de identificar aquellos aspectos susceptibles de mejora.

Institucionalización: finalmente, se realizará una propuesta de incorporación de las innovaciones realizadas en una institución académica de enseñanza superior.

2.2.1. Fase previa

Como se ha comentado, OPTILAB pretende implementar un Laboratorio Virtual Remoto (*Virtual Remote Laboratory*) ([VRL](#)), que contenga diversas prácticas relacionadas con la Óptica/Fotónica, para la enseñanza de dichas disciplinas en carreras científico-técnicas del ámbito universitario.

A continuación, se describen los requisitos generales que inspirarán la construcción de la plataforma OPTILAB.

Sistema abierto: OPTILAB pretende ser un sistema de experimentación **abierto**, al que puedan acceder estudiantes desde cualquier lugar geográfico, únicamente disponiendo de una conexión a internet, y utilizando un navegador convenientemente actualizado. Inicialmente, se tiene previsto que el proceso de registro en la plataforma sea utilizado únicamente para contabilizar el número de accesos y la localización geográfica de los usuarios, de forma que sirva para identificar tendencias y hábitos de uso (horarios de conexión, tiempos de utilización de la plataforma, contenidos y herramientas más demandados, etc.), así como para proporcionar contenidos extras (acceso a manuales, participación en el blog, etc.).

Con el tiempo, si se observa una utilización masiva del sistema que pueda poner en compromiso la *usabilidad* del portal, se podrán establecer mecanismos para limitar el uso de la plataforma (por ejemplo, tiempo límite de sesión y/o número de intentos de acceso a determinados contenidos, etc.).

Sistema multiplataforma: el concepto de sistema abierto afecta también al aspecto tecnológico; la plataforma OPTILAB deberá ser compatible con los distin-

tos sistemas operativos y navegadores más populares del mercado, tal y como se describe en el [Capítulo 5](#). Especial atención deberá prestarse a la *usabilidad* del sistema implementado. En este sentido, el Modelo de Aceptación de Tecnología (*Technology Acceptance Model*) ([TAM](#)) juega un papel fundamental, para garantizar que el diseño de la plataforma OPTILAB cumpla realmente con los criterios de facilidad de uso y utilidad percibidas.

Sistemas colaborativo y autónomo: una de las máximas que guiará el proceso de construcción de la plataforma OPTILAB será el espíritu colaborativo. Cada vez más, el *modelo colaborativo* se está imponiendo en todos los ámbitos de la sociedad actual: las redes sociales están absolutamente presentes en la vida personal y profesional; la *innovación abierta*, como “una estrategia bajo la cual las empresas van más allá de los límites internos de su organización y donde la cooperación con profesionales externos pasa a tener un papel fundamental para posicionar sus productos y tecnologías innovadoras” [[Neos, 2014](#)], empieza a ser una realidad en empresas realmente innovadoras. En este sentido, el nuevo paradigma de Curso En Línea, Abierto y Masivo (*Massive Open Online Course*) ([MOOC](#)) es un buen ejemplo de enseñanza colaborativa, tal y como se ha comentado en el [Capítulo 1](#). OPTILAB no será ajeno a esta tendencia, e incluirá desde la fase de diseño herramientas encaminadas a promover e incentivar la colaboración en el proceso de enseñanza-aprendizaje, al estilo de lo que sucede en los [MOOCs](#). No obstante, el aprendizaje de cualquier disciplina conlleva siempre un componente de trabajo autónomo importante, por lo que OPTILAB deberá incluir también herramientas que faciliten este tipo de aprendizaje.

Por tanto, y como resumen, se han identificado los siguientes **requisitos** del sistema de experimentación OPTILAB:

- Los experimentos deben realizarse sin peligro para los estudiantes, ni para las instalaciones.
- Se debe garantizar el acceso desde múltiples localizaciones geográficas (e.g. estudiantes de distintas ciudades, países, etc.)
- El entorno debe ser multiplataforma, es decir: independiente del tipo de sistema operativo/navegador utilizado.
- Se pretende que el sistema sea altamente colaborativo, en la línea del paradigma [MOOC](#).

En la [Sección 5.1](#) del [Capítulo 5](#) se describe el estudio del estado del arte realizado sobre propuestas tecnológicas existentes en la actualidad, relacionadas con el ámbito de los [VRLs](#).

2.2.2. Diseño de la investigación

Con carácter previo al diseño de la plataforma OPTILAB, se debe llevar a cabo un estudio que recoja las expectativas y necesidades de los usuarios finales de dicha plataforma. De otra forma, se puede realizar el mejor desarrollo técnico del mundo, pero éste servirá de poco, si al final no resulta útil para los usuarios finales a quienes está destinado.

En este sentido, se entiende por **usuarios finales** tanto a los estudiantes (últimos destinatarios de todo proceso de enseñanza-aprendizaje), como a los profesores que utilicen la plataforma como complemento a la enseñanza presencial en el aula.

Por tanto, el núcleo del problema que se pretende resolver se puede formular como sigue: *comprobar las expectativas y necesidades de los colectivos de profesores y estudiantes de titulaciones de ciencias e ingenierías respecto al uso de un Laboratorio Virtual Remoto (Virtual Remote Laboratory) (VRL), como complemento a la enseñanza experimental realizada en el laboratorio presencial*

Para acometer la resolución de este problema, se han diseñado sendos **cuestionarios de requisitos**: uno para estudiantes [[Gamo, 2014a](#)], otro para profesores [[Gamo, 2014b](#)]. Antes de redactar los cuestionarios de requisitos, y como paso previo, se realizó un **cuestionario piloto** entre un grupo reducido de estudiantes de ciencias e ingeniería, en dos instituciones distintas (Universidad de Alcalá ([UAH](#)), y Charles University in Prague ([CUNI](#))). El propósito de este cuestionario piloto era “tomar el pulso” a los estudiantes acerca de su opinión respecto a la experimentación virtual, antes de acometer un estudio más en profundidad y sistemático, que incluya a los dos colectivos involucrados (profesores y estudiantes).

Dada la relevancia de esta fase, se ha reservado el [Capítulo 3](#) para explicar detalladamente el diseño de la investigación llevada a cabo.

2.2.3. Análisis de resultados. Evaluación y revisión

La fase de análisis de resultados es, junto con el diseño de la investigación descrito en el [Capítulo 3](#), una de las piezas clave de todo el trabajo. Esta fase, explicada en detalle en el [Capítulo 4](#), describe los resultados obtenidos en la etapa de investigación, que serán la base para diseñar adecuadamente la plataforma OPTILAB de experimentación en Óptica y Fotónica.

Los resultados obtenidos de la fase de investigación descrita en la [Sección 2.2.2](#), serán objeto de revisión por parte de un grupo de discusión. El grupo de discusión estará formado por docentes universitarios familiarizados con el uso de las TIC en el ámbito educativo, y su papel será analizar las necesidades y preferencias de estudiantes y profesores, detectadas en la fase de investigación, para así poder realizar un diseño de la plataforma OPTILAB realmente acorde con las expectativas de ambos colectivos.

2.2.4. Aplicación piloto

Una vez analizados los resultados en la fase anterior, se implementará una primera versión de la plataforma OPTILAB, que será accesible mediante la web. La [Sección 5.6](#) describe en detalle la plataforma OPTILAB basada en la web, que conjugará las vertientes didáctica y tecnológica que motivan todo este trabajo.

Una vez construida la primera versión operativa del portal OPTILAB, ésta será validada por un conjunto de estudiantes y profesores, utilizando para ello un nuevo cuestionario, basado en el TAM. Los resultados que se extraigan de dicho cuestionario, servirán para refinar el diseño y funcionalidad de la plataforma OPTILAB.

2.2.5. Institucionalización

El desarrollo de OPTILAB se pretende utilizar en Saint Louis University (SLU), dentro de su campus en Madrid, donde el autor de este trabajo colabora como profesor a tiempo parcial, en el Departamento de Ciencias e Ingeniería [[SLU, 2014](#)].

Fundada en 1818, SLU es una de las 100 mejores instituciones de enseñanza e investigación de los Estados Unidos de América (de las casi 3000 existentes) y una de las 5 mejores universidades jesuitas de los Estados Unidos [[US News and World Report, 2015](#)]. SLU está acreditada por la [North Central Association of Colleges](#)

and Secondary Schools, y reconocida desde 1996 por la [Consejería de Educación, Juventud y Deporte de la Comunidad de Madrid](#).

SLU tiene dos sedes: la principal está en la ciudad de Saint Louis (Missouri, Estados Unidos de América), y alberga unos 14.000 estudiantes anuales. En Madrid existe otra sede, con unos 700 - 800 estudiantes anuales provenientes de los Estados Unidos (50%), España (20%) y otros países (30%). El 60% de los estudiantes son mujeres. En las carreras de ciencias e ingeniería, los estudiantes tienen la posibilidad de venir a Madrid y cursar uno o dos años de sus estudios. También vienen estudiantes de otras universidades del mundo (incluidas universidades españolas), con las que se tienen convenios de colaboración. El 75% de los estudiantes de SLU recibieron algún tipo de ayuda financiera, en forma de becas al mérito académico o de becas de colaboración en el campus para estudiantes. Todos los solicitantes con intención de graduarse en SLU (en Madrid o en Missouri) pueden solicitar becas. Los estudiantes americanos pueden solicitar ayuda financiera del Gobierno Federal.

En total, en SLU - Madrid conviven estudiantes de 35 nacionalidades distintas, lo cual hace de esta universidad un marco perfecto para estudiar la interculturalidad. El idioma principal de enseñanza es el inglés, aunque algunas asignaturas se enseñan en español.

El campus madrileño se ubica cerca de la Ciudad Universitaria de Madrid, y consta de 3 edificios, como muestra la [Figura 2.6](#). Además de cafetería, biblioteca y conexión a internet de alta velocidad, la universidad también cuenta con dos laboratorio para la realización de prácticas en biología, física, química, y aulas de informática.



Figura 2.6 Vista de las instalaciones del campus de SLU en Madrid

La mayoría de los estudiantes de [SLU](#) - Madrid se alojan en Colegios Mayores universitarios, y con familias que acogen estudiantes durante su estancia en Madrid. Las familias suelen ser de origen anglosajón residentes en España, o bien familias españolas que tienen hijos de edad similar, y aprovechan para que puedan practicar el inglés con los estudiantes acogidos, los cuales, a su vez, practican el español con los miembros de la familia que acoge.

El profesorado de [SLU](#) - Madrid lo forman 110 profesores, de los que el 40 % trabajan a tiempo completo, y el resto (60 %) son profesores contratados a tiempo parcial. Aproximadamente la mitad del profesorado es español, y la otra mitad anglosajón (fundamentalmente norteamericano y británico, aunque también hay profesores de otras nacionalidades). El 75 % de todo el profesorado tiene doctorado, o la más alta titulación existente en su campo. La relación estudiantes/profesores es 7:1. El tamaño medio de los grupos es de 15 estudiantes.

Las titulaciones ofertadas en [SLU](#) se describen en la [Tabla 2.2](#). Como puede observarse, existen varias titulaciones científico-técnicas, en las que OPTILAB puede tener cabida perfectamente.

El calendario académico sigue el sistema americano, donde el curso se divide en dos semestres principales: *fall* (septiembre - diciembre) y *spring*: (enero - mayo), con otro semestre opcional: *summer* (mayo - julio), dividido en dos ciclos, donde se imparten algunas asignaturas intensivas.

Las calificaciones también siguen el modelo americano, a saber:

A (90-100 %)	A- (87-89 %)	B+ (84-86 %)
B (80-83 %)	B- (77-79 %)	C+ (74-76 %)
C (70-73 %)	C- (66-69 %)	D (60-65 %)
F (< 60 %)		

La nota mínima para aprobar es un 6 sobre 10. El mero aprobado (D) se considera un fracaso, pues no permite acceder a becas, transferencia a otras universidades, etc. Esto, unido a lo costoso que resulta estudiar en esta universidad, hace que los estudiantes, por lo general, suelen tener una gran preocupación por su carrera, y se esfuercen en obtener buenas notas.

La existencia de hasta 35 nacionalidades distintas en un campus relativamente reducido, unido a la gran variedad de estudios impartidos, origina una tremenda riqueza cultural, en clara consonancia con la universalidad que se pretende dotar a la plataforma OPTILAB.

<p>Titulaciones de grado en Madrid</p> <ul style="list-style-type: none"> • Historia del Arte • Administración de Empresas • Comunicación • Económicas • Inglés • Estudios Internacionales • Ciencias Políticas • M.A. en Inglés • M.A. en Español 		<p>Programas Internacionales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ciencias de la Aviación/ Piloto Profesional • Ingeniería Internacional 	
<p>Parks College</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingeniería Aeroespacial • Aviación • Ingeniería Biomédica • Ingeniería Química • Ingeniería Civil • Ingeniería Informática • Informática • Ingeniería Eléctrica • Ingeniería Mecánica • Física 		<p>Escuelas y Colleges</p> <ul style="list-style-type: none"> • John Cook Escuela de Negocios • Contabilidad • Económicas • Empresariales • Gestión de Tecnologías de la Información • <i>International Business</i> • Liderazgo y Gestión del Cambio • <i>Marketing</i> • <i>Sports Business</i> 	
<p>College de Artes y Ciencias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alemán • Baile • Ciencias Políticas • Estudios de la Mujer y de Género • Historia • Matemáticas • Psicología 		<p>Escuela de Enfermería</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enfermería <p>Escuela de Salud Pública</p> <ul style="list-style-type: none"> • Salud Pública 	
<ul style="list-style-type: none"> • Antropología • Biología • Comunicación • Español • Filosofía • Historia del Arte • Música • Sociología • Química 	<ul style="list-style-type: none"> • Árabe • Chino • Económicas • Estudios Iberoamericanos • Francés • Informática • Portugués • Teatro 	<ul style="list-style-type: none"> • Arte • Ciencias Medioambientales • Estudios Internacionales • Griego y Latín • Inglés • Pre-Medicina • Teología 	

Tabla 2.2 Titulaciones ofertadas en SLU

Por otra parte, esta mezcla de culturas tan distintas añade factores de complejidad en la gestión del aula. Entre estos factores, cabe citar los siguientes:

- La mayoría de los estudiantes de [SLU](#) - Madrid pasan todo el semestre a miles de kilómetros de distancia de sus familias y entorno habitual.
- Algunos estudiantes tienen una *cultura del esfuerzo* distinta a la occidental: les cuesta cumplir con las fechas de entrega de ejercicios, son poco participativos en clase, etc.
- Unido a lo anterior, en general todos los estudiantes de [SLU](#) tienen un alto poder adquisitivo; algunos de ellos, piensan que tienen su vida solucionada, y no siempre suelen esforzarse conforme a su talento.

- Aun sin ser totalmente excluyentes con el resto de compañeros, los estudiantes de nacionalidades/culturas más afines, suelen relacionarse más entre ellos que con el resto de estudiantes. Así, por ejemplo, es más común que los estudiantes anglo-sajones (americanos, británicos, australianos, etc.) se relacionen más entre sí que con el resto de compañeros de otras nacionalidades; lo mismo ocurre entre los españoles y latinoamericanos; otro tanto sucede entre los estudiantes árabes, etc.
- Existe aún la creencia, entre algunos de los estudiantes que vienen al campus madrileño, de que España es algo “exótico”, y que la vida del español medio viene asociada irremediablemente a la fiesta y la buena vida; este tópico suele desmoronarse cuando realizan alguna visita a un centro de investigación organizada por la [SLU](#), o reciben una charla sobre temas punteros, por parte de investigadores españoles.

A pesar de los aspectos anteriormente mencionados, en [SLU](#) - Madrid se detectan factores culturales positivos, por ejemplo:

- La educación suele predominar por encima de todo; los estudiantes suelen abandonar el aula agradeciendo al profesor la clase recibida; en general, los estudiantes se suelen disculpar los días que no pueden asistir a clase, etc.
- La posible barrera idiomática entre estudiantes y profesores cuya lengua materna no es el inglés, en la práctica no es tal; siempre se encuentran vías alternativas por ambas partes, para comunicarse de forma efectiva, y solventar posibles malentendidos.
- [SLU](#) suele realizar bastantes actividades extra-escolares (*e.g.* excursiones los fines de semana a Madrid y alrededores, actividades deportivas, ciclos de conferencias, concursos de escritura, visitas a instalaciones europeas de interés, etc.). Estas actividades favorecen muy positivamente la interacción entre culturas.

Capítulo 3

Diseño de la investigación

«Reconocer la necesidad es la principal condición para el diseño»

Charles Eames

Tras haber introducido en el [Capítulo 2](#) la base teórica que sustenta el presente trabajo, la [Sección 3.1](#) comienza contextualizando la investigación a realizar, esto es: identificando el objetivo de la misma, la población a la que vamos a dirigirnos, y la muestra que tomaremos para realizar dicha investigación. A continuación, la [Sección 3.2](#) define las técnicas e instrumentos de recogida de información, utilizados para llevar a cabo la investigación. Como se verá, los instrumentos más relevantes utilizados, serán sendos cuestionarios de requisitos, dirigidos a las dos poblaciones de interés para este trabajo.

La [Sección 3.2.1](#) describe las distintas variables de investigación de interés, y su clasificación. Seguidamente, la [Sección 3.2.2](#) detalla el cuestionario piloto realizado, que fue contestado por un grupo reducido de estudiantes de dos universidades (una nacional, otra extranjera). Los resultados de este cuestionario piloto, descritos en la [Sección 3.2.3](#), sirvieron para afinar el diseño de los cuestionarios de requisitos de estudiantes y profesores, descrito en la [Sección 3.2.4](#).

La [Sección 3.2.5](#) describe los criterios de validez y fiabilidad establecidos para los cuestionarios de requisitos. El diseño de los cuestionarios, con los distintos bloques que los forman, se detalla en la [Sección 3.2.6](#). El análisis de los resultados obtenidos en los cuestionarios de requisitos, se deja para el siguiente capítulo.

3.1. Contexto de la investigación: objetivos, población y muestra

En todo proceso de investigación en ciencias sociales, es necesario identificar claramente el público objetivo a quien va dirigido dicho estudio, así como los instrumentos que se utilizarán para llevar a cabo la investigación. En el primer caso, hablamos de **población** y **muestra**; en el segundo, nos referiremos a las técnicas de recogida de información, que en nuestro caso, serán sendos **cuestionarios** dirigidos a las dos poblaciones identificadas.

Como se anticipó en la [Sección 2.2.2](#), nuestro objetivo primordial en el diseño de esta investigación es *comprobar las expectativas y necesidades de los colectivos de profesores y estudiantes de titulaciones de ciencias e ingenierías, respecto al uso de un Laboratorio Virtual Remoto (Virtual Remote Laboratory) (VRL), como complemento a la enseñanza experimental en el laboratorio presencial*. Por tanto, parece claro que la población a la que debemos dirigir nuestra investigación, son los docentes y estudiantes de carreras científico-técnicas, susceptibles de utilizar un [VRL](#).

Dado que los intereses de ambos colectivos pueden diferir (e incluso ser contrapuestos), se ha decidido separar la investigación para cada colectivo. Por tanto, la población a la que nos referimos en esta investigación, estará compuesta por dos colectivos bien diferenciados:

- Por una parte, nos dirigiremos a los **profesores** de enseñanza universitaria, que imparten docencia en áreas científico-técnicas.
- Por otro lado, analizaremos a los **estudiantes** universitarios de dichas disciplinas científico-técnicas, quienes son, en última instancia, los destinatarios de cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje.

Respecto a la muestra elegida, siendo coherentes con el espíritu abierto, colaborativo y universal que inspira el desarrollo de la plataforma OPTILAB (*vid.* [Sección 2.2.1](#)), se intentará obtener respuestas de estudiantes y profesores, tanto nacionales como internacionales. De esta forma, se podrá realizar un diseño de la plataforma OPTILAB, acorde con las expectativas y necesidades de usuarios procedentes de diversos entornos socio-culturales.

Una vez fijado el objetivo principal, y la población a la que vamos a dirigirnos, conviene fijar **objetivos específicos u operativos**, que sirvan para ir acotando más

el problema de investigación que se quiere resolver. En este sentido, como objetivos específicos se han fijado los siguientes:

1. Identificar el tipo de potenciales usuarios que podrán beneficiarse del **VRL** diseñado.
2. Conocer la cultura existente entre los potenciales usuarios sobre el uso de recursos digitales de aprendizaje.
3. Averiguar el grado de conectividad a internet de que disponen los potenciales usuarios, para realizar un diseño apropiado de los contenidos del **VRL** que requieran cierto ancho de banda.
4. Conocer los hábitos de conexión a internet de los potenciales usuarios, de forma que se puedan anticipar problemas de acceso concurrente a la plataforma.
5. Indagar sobre las preferencias de los potenciales usuarios en lo referido a los contenidos del **VRL**, en concreto respecto al concepto de Laboratorio Virtual, o Laboratorio Remoto.
6. Identificar las herramientas que los potenciales usuarios desearían tener accesibles en la plataforma **VRL**.
7. Conocer el grado de *cultura colaborativa* de los potenciales usuarios, y de esta forma, desarrollar las herramientas apropiadas que faciliten dicho aprendizaje colaborativo.

3.2. Técnicas e instrumentos de recogida de información

Una vez identificados los objetivos de la investigación, así como la población y muestra de interés, el siguiente paso es diseñar los instrumentos de recogida de información más adecuados para resolver el problema de investigación.

Parece claro que el instrumento más efectivo de recogida de la información necesaria para acometer esta investigación es el **cuestionario**. Como es sabido, los cuestionarios son una herramienta altamente utilizada en investigación, especialmente en el ámbito de las ciencias sociales y educativas. El cuestionario estructurado representa el principal instrumento de recogida de datos, teniendo en cuenta el alto volumen de los mismos, y la previsible dispersión de la muestra [Frey *et al.*, 2000, cap. 8].

En este sentido, se han diseñado sendos **cuestionarios de requisitos**: uno para estudiantes [Gamo, 2014a], otro para profesores [Gamo, 2014b].

Como paso previo al diseño de los cuestionarios de requisitos, se elaboró un **cuestionario piloto**, que fue distribuido entre un grupo reducido de estudiantes de ciencias e ingeniería, en dos instituciones distintas: Universidad de Alcalá (UAH), y Charles University in Prague (CUNI). El propósito de este cuestionario piloto era “tomar el pulso” a la opinión que tienen los estudiantes respecto a la experimentación virtual, antes de acometer un estudio sistemático y más profundo, que incluyese a los dos colectivos de interés (profesores y estudiantes).

3.2.1. Variables de la investigación

Antes de acometer el diseño de los cuestionarios, conviene definir las **variables** sobre las que construir el resto de la investigación. Según García *et al.* [2001, vol. I p. 195], “*la variable es aquella característica que admite diversos valores, dos o más modalidades, por lo que admite una única forma de manifestarse, una única modalidad de presencia*”.

Dada la cantidad de variables que se utilizarán en la investigación, conviene establecer cierta clasificación sobre las mismas. A continuación, se describen las tres categorías en que se han clasificado las variables:

Variables de Entrada (VE): también llamadas variables categóricas, son aquellas que dependen de su propia naturaleza, y no son alterables. Normalmente sirven para identificar de forma unívoca las características de la población encuestada. Las variables de entrada serán agrupadas como sigue:

VE1 Datos personales

VE2 Datos de disponibilidad de TIC

Variables de Proceso (VP): son las que recogen la parte esencial del trabajo de investigación; pretenden recabar la opinión de la población encuestada sobre los aspectos más relevantes del estudio. En nuestro caso, las variables de proceso se clasificarán en los siguientes grupos:

VP1 Datos académicos generales

VP2 Datos sobre enseñanza presencial con apoyo virtual

VP3 Datos sobre enseñanza totalmente virtual

VP4 Datos de utilización de [TIC](#)

VP5 Datos sobre aprendizaje autónomo

VP6 Datos sobre aprendizaje colaborativo

Variables de Salida (VS): también llamadas variables de producto, son las que condensan el resultado final del trabajo de investigación. En ellas, se pretende constatar las tesis defendidas inicialmente, o por el contrario, reconducir la investigación posterior hacia los requisitos y necesidades detectadas en dichas variables. Las variables de salida se clasificarán como sigue:

VS1 Datos sobre satisfacción de la enseñanza presencial con apoyo virtual

VS2 Datos sobre satisfacción de la enseñanza totalmente virtual

VS3 Confluencia de los modelos de enseñanza presencial y virtual

VS4 Datos sobre contenidos de la plataforma [VRL](#)

VS5 Datos sobre herramientas de aprendizaje autónomo del [VRL](#)

VS6 Datos sobre herramientas colaborativas del [VRL](#)

VS7 Otros datos no contemplados inicialmente

3.2.2. Cuestionario piloto para estudiantes

La [Tabla 3.1](#) muestra de forma resumida el cuestionario piloto, descrito en detalle en el [Apéndice A](#). Tal y como se ha mencionado anteriormente, este cuestionario piloto no pretendía ser en absoluto exhaustivo, ni en la muestra elegida, ni en los contenidos del mismo. Únicamente, se trataba de realizar una primera aproximación al problema de investigación, sondeando a una pequeña muestra de estudiantes en dos países distintos, de forma que sirviera para poder perfilar mejor los cuestionarios definitivos. Por esta razón, en la [Sección 3.2.3](#) siguiente, se muestran los resultados obtenidos de este cuestionario piloto, dejándose para el [Capítulo 4](#) el análisis de los resultados de los cuestionarios de requisitos descritos en la [Sección 3.2.4](#).

Como se ha comentado, los estudiantes encuestados pertenecían a dos universidades de países distintos ([UAH](#) - España, y [CUNI](#) - República Checa). Así pues, y con el objetivo de ahorrar esfuerzos, se editó un único cuestionario en inglés para

todos los estudiantes, independientemente de su procedencia, en el convencimiento de que esto facilitaría el trabajo de edición y distribución del cuestionario.¹

La primera columna de la [Tabla 3.1](#) hace referencia a la codificación seguida para las variables del cuestionario piloto. Dicha nomenclatura es la siguiente:

$$[E][VE/VP/VS][N.M]$$

donde:

E indica que el cuestionario está dirigido a los estudiantes

$VE/VP/VS$ identifica si se trata de una variable de entrada (VE), de proceso (VP), o de salida (VS)

N denota el subgrupo dentro de cada clase de variable, como se detalla en la [Sección 3.2.1](#)

M es el número de orden de la variable de tipo N

Por ejemplo: $EVE4.1$ se refiere a la primera (.1) variable de entrada de tipo $VE4$ (Datos de disponibilidad de TIC) del cuestionario piloto de estudiantes (E).

Los ítems de valoración incluidos en este cuestionario piloto, presentaban una escala de Likert de 5 puntos [[Likert, 1932](#)], como sigue:

1. Muy satisfecho/Muy de acuerdo
2. Satisfecho/De acuerdo
3. Ni satisfecho ni insatisfecho/Neutro
4. Insatisfecho/En desacuerdo
5. Muy insatisfecho/Muy en desacuerdo

¹A la postre, se comprobó que la edición de un único cuestionario en inglés para las dos poblaciones de estudiantes no fue todo lo satisfactorio que hubiera sido deseable, como se explica en las conclusiones de este apartado.

Nº	Variable	Valores posibles
<i>EVE2.1</i>	Do you have internet connection at home?	Yes / No
<i>EVE2.2</i>	If so, what type of connection do you have?	ADSL 20 MB ADSL 10 MB ADSL 6 MB ADSL < 4 MB Do not know
<i>EVP4.1</i>	How much time per week devoted to remotely connect to the platform?	< 1 h 1 – 3 h 3 – 6 h > 6 h
<i>EVP4.2</i>	Rate the preferred time slot to connect to the platform	8.00h – 14.00h 14.00 – 20.00h After 20.00h
<i>EVP4.3</i>	From which location would you preferably connect to the platform?	From University facilities From home From work
<i>EVP3.1</i>	Have you ever taken a course using a virtual teaching platform?	Yes / No
<i>EVS3.1</i>	Would you be in favour of using a remote data acquisition platform, in support of classroom teaching in the laboratory?	Yes / No
<i>EVS5.1</i>	Rate what you consider most useful tools	E-mail with professor and other students Open forums to raise doubts Chat sessions with Professor Tutorials and examples
<i>EVS7.1</i>	Additional comments / suggestions	<i>free text</i>

Tabla 3.1 Preguntas incluidas en el cuestionario piloto para estudiantes

3.2.3. Resultados del cuestionario piloto

Un total de 83 estudiantes participaron en el cuestionario piloto, realizado durante principios de 2012. Los participantes cursaban diferentes carreras técnicas en el Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá (UAH) (51 estudiantes) y en el IT & Technical Education Department, Faculty of Education, Charles University in Prague (CUNI) (32 estudiantes).

Algunos de los estudiantes encuestados, especialmente de la UAH, encontraron problemas a la hora de entender las preguntas escritas en inglés. Este hecho, ha motivado que el cuestionario de requisitos definitivo, se haya editado en inglés y español, de forma que el estudiante pueda elegir el idioma de cumplimentación, como se verá en la [Sección 3.2.4](#).

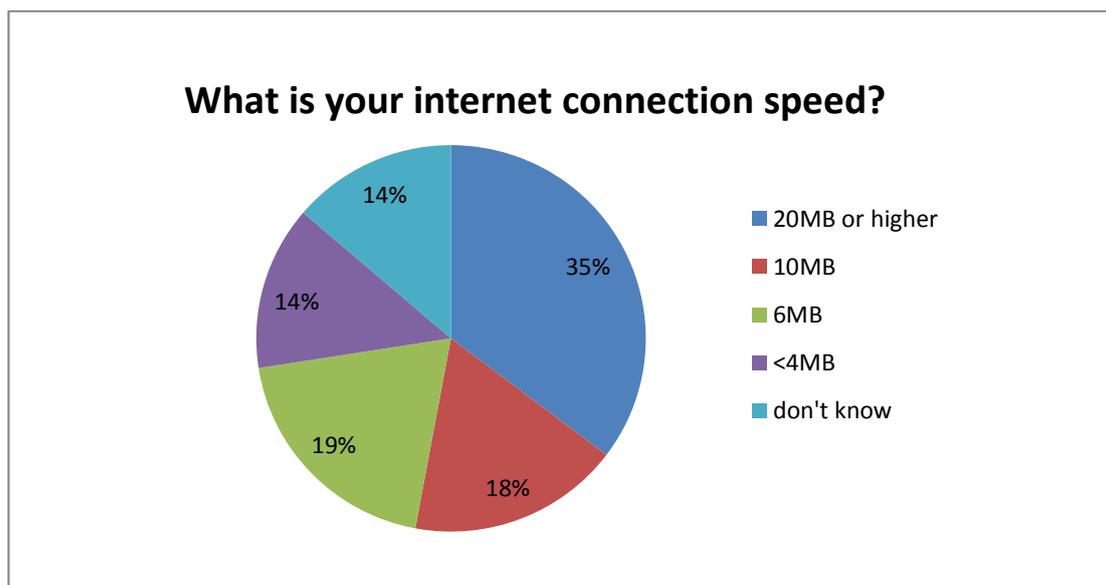


Figura 3.1 Cuestionario piloto: ancho de banda disponible

En el análisis de datos, no se ha hecho distinción entre la entidad de procedencia de los estudiantes; como se ha comentado, este primer cuestionario pretende servir como una primera “toma de contacto” con las necesidades, expectativas y hábitos de uso de los estudiantes respecto a una potencial plataforma VRL. Por tanto, todas las respuestas se mezclaron y contabilizaron sin distinguir a la institución donde estudiaban los encuestados.

Todos los estudiantes que participaron, salvo uno, confirmaron que disponen de conexión a internet desde casa. Tal y como indica la [Figura 3.1](#), muchos de ellos

(35 %) conocen que su conexión es de banda ancha (20 Mbits o mayor), lo que facilita el desarrollo de aplicaciones con gran tráfico de datos (*i.e.* transmisión por vídeo de experimentos reales, tutorías por *video-chat*, etc.).²

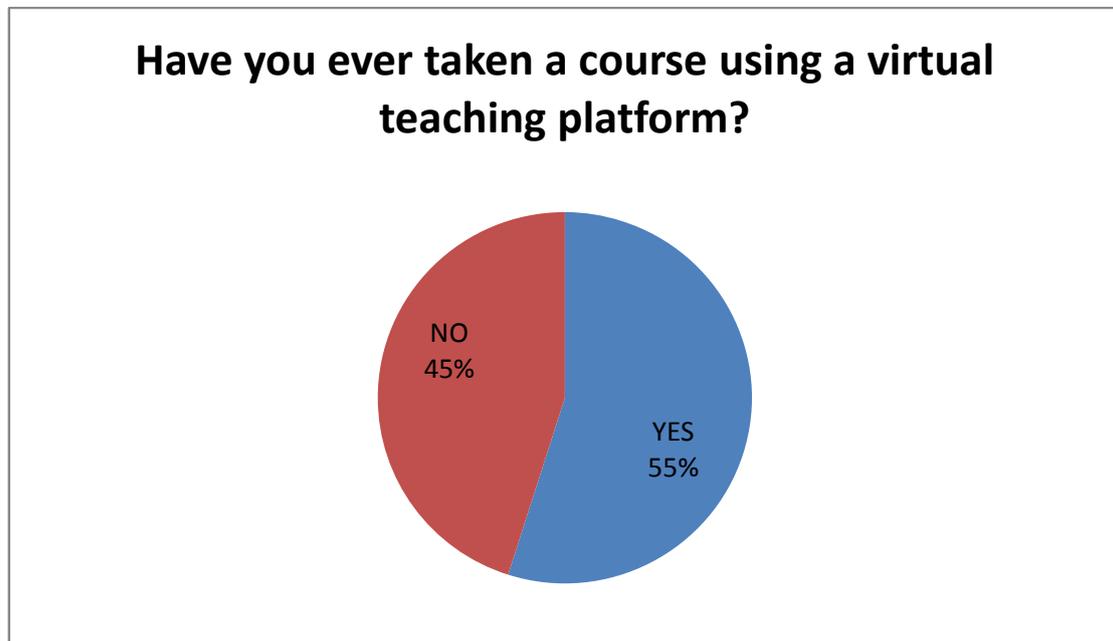
Sorprende que una parte considerable de los encuestados (14 %) no conoce el tipo de conexión que poseen, probablemente debido a que, o bien viven aún en casa de sus padres (que son quienes contratan la conexión), o bien viven en lugares donde el arrendador es quien proporciona el acceso a internet (*e.g.* pisos compartidos, residencias universitarias, etc.).

A tenor de estos resultados mostrados en la [Figura 3.2](#), el 28 % de los estudiantes entrevistados nunca han realizado un curso de enseñanza a distancia. Evidentemente, este resultado puede variar en función de la muestra elegida (recordemos que los estudiantes encuestados pertenecen a dos instituciones de enseñanza presencial). En todo caso, parece que, a fecha de realización de este cuestionario piloto, la enseñanza totalmente virtual es una práctica más popular en otros tipos de colectivos (aprendizaje profesional, por ejemplo) que en la educación superior.

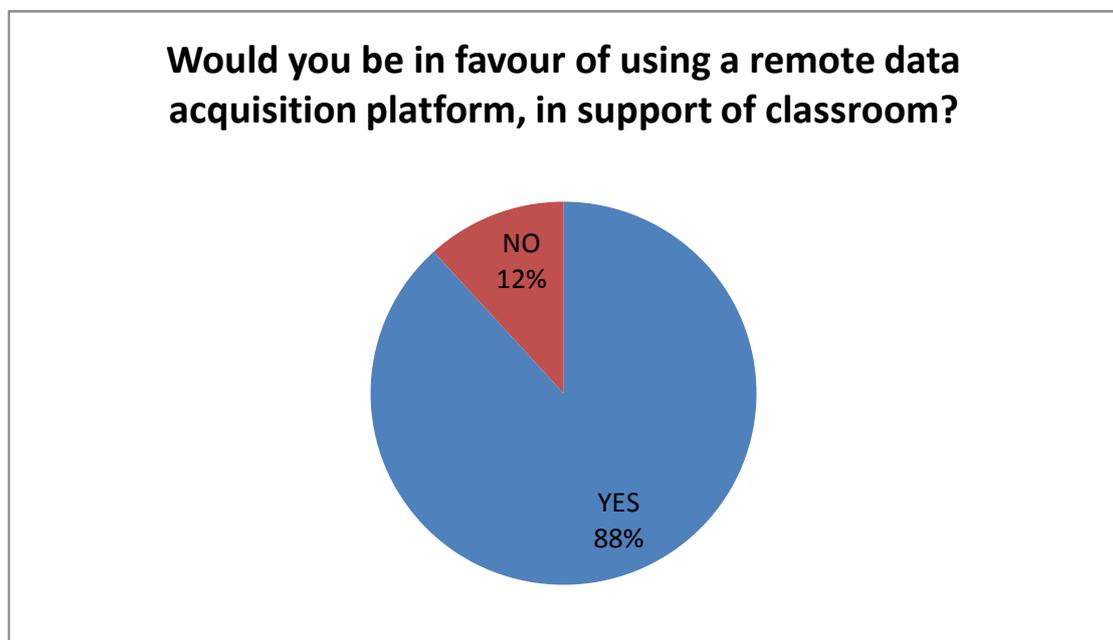
No obstante, la utilización de una plataforma [VRL](#) sería muy apreciada por una gran mayoría de la población encuestada (88 %), lo que parece confirmar el posible interés de este colectivo en la utilización de las [TIC](#) para la experimentación a distancia en enseñanzas científico-técnicas.

Como refleja la [Figura 3.3](#), un 57 % estaría dispuesto a utilizar la plataforma virtual de 1 a 3 horas semanales, preferentemente desde casa (36 % están muy de acuerdo con esta afirmación), y por las tardes (63 % afirman preferir la conexión después de las 20.00h). Esto debe ser muy tenido en cuenta a la hora de diseñar la arquitectura de la plataforma [VRL](#), para gestionar la posibilidad de accesos concurrentes. Además, la plataforma deberá ser suficientemente robusta para evitar labores de mantenimiento durante horas nocturnas, donde previsiblemente se espera una mayor utilización de la plataforma, a tenor de los resultados preliminares obtenidos en el cuestionario piloto.

²Nótese que esta encuesta se realizó a principios del año 2012, por lo que las capacidades de conexión a internet han mejorado desde entonces, como se verá en los resultados de los cuestionarios de requisitos del [Capítulo 4](#).



(a)



(b)

Figura 3.2 Cuestionario piloto: (a) experiencia en cursos virtuales (b) interés en la utilización de la plataforma [VRL](#)

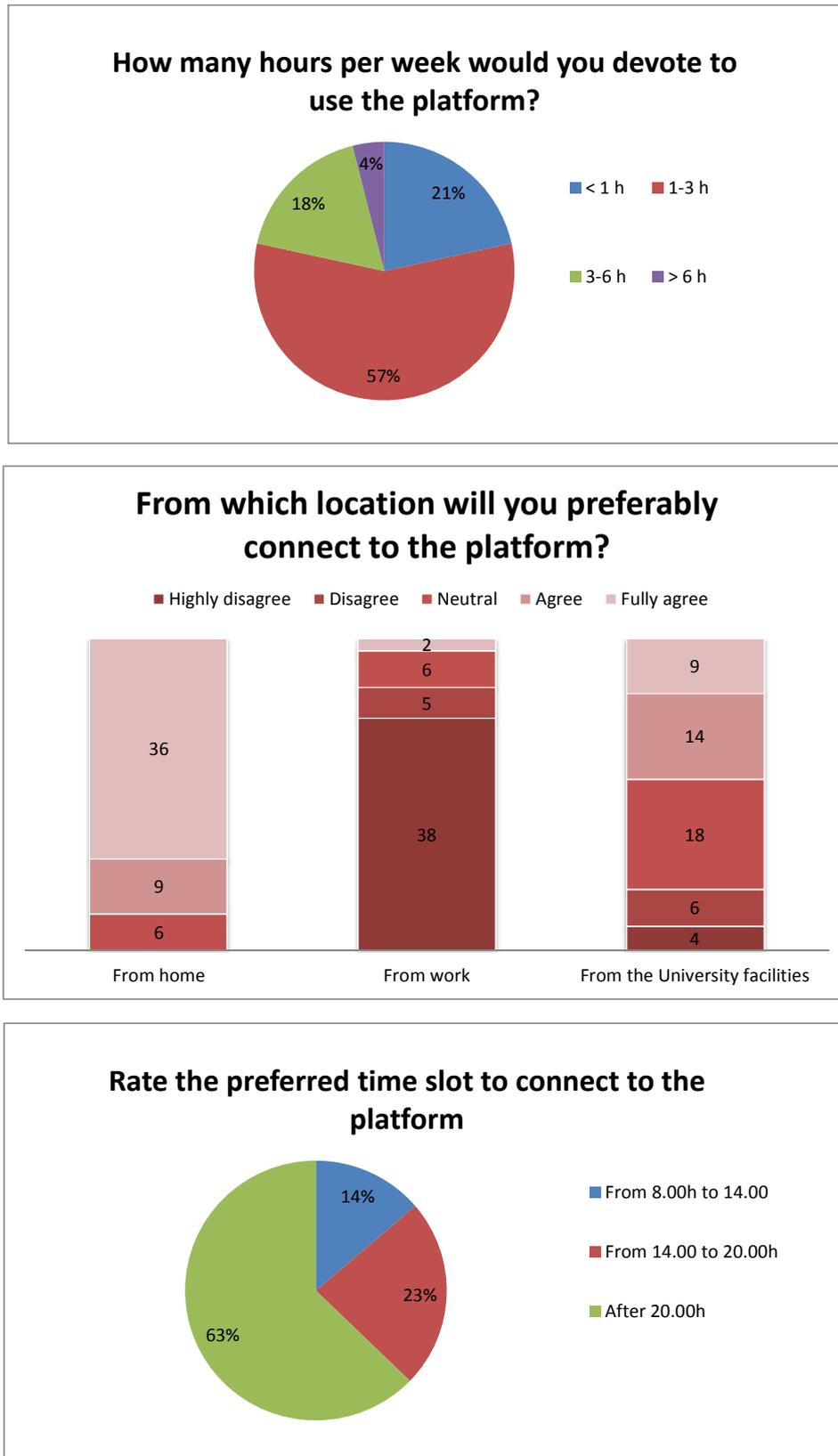


Figura 3.3 Cuestionario piloto: hábitos preferentes de conexión a la plataforma [VRL](#)

Tal y como muestra la [Figura 3.4](#), los ejemplos y tutoriales son las herramientas más demandadas por los estudiantes (39 % afirman que están muy de acuerdo con incluir dicha herramienta en la plataforma [VRL](#)), lo que indica cierta preferencia por el aprendizaje autónomo. Sin embargo, el correo electrónico con el profesor y, especialmente, con los compañeros, es el segundo servicio más popular (28 % están muy de acuerdo con incluir esta herramienta); el tercero de los servicios más demandados son los foros abiertos para resolver dudas (16 % afirman estar muy de acuerdo con incluir esta herramienta). Estos resultados denotan cierto interés también por el aspecto colaborativo del proceso de enseñanza-aprendizaje, por parte de los estudiantes encuestados. Por tanto, podemos concluir que, a priori, ambos modelos de aprendizaje (autónomo y colaborativo) debieran coexistir en la futura plataforma [VRL](#), hipótesis que deberemos confirmar con los resultados derivados de los cuestionarios de requisitos, descritos a continuación.

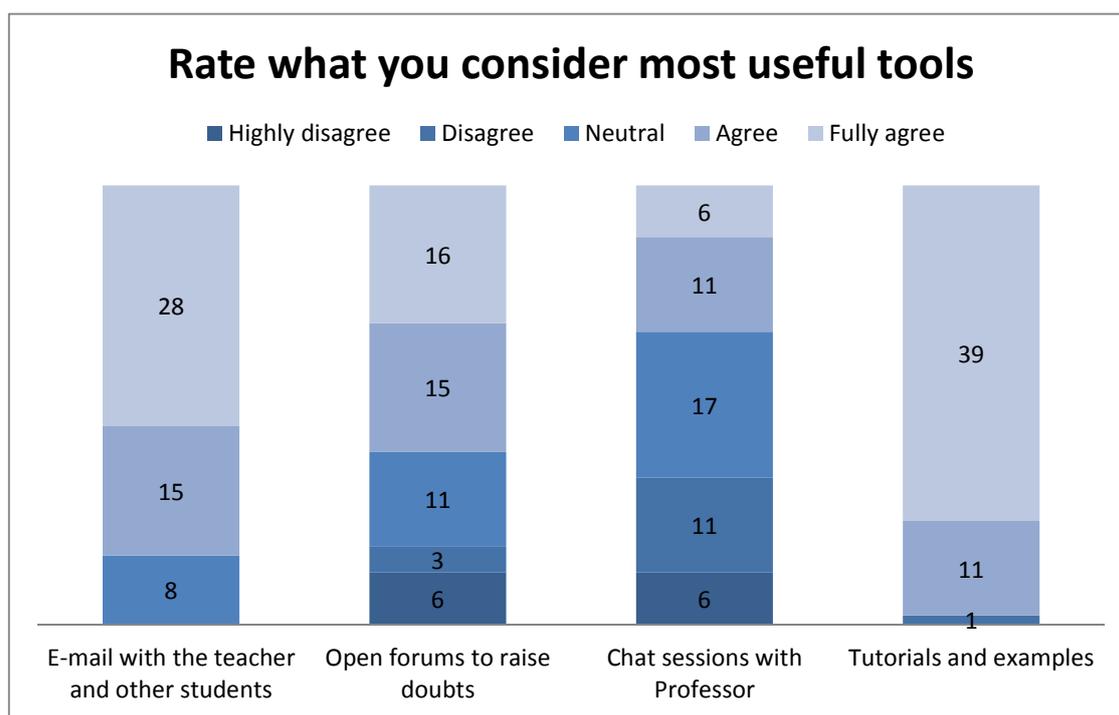


Figura 3.4 Cuestionario piloto: herramientas preferidas en la plataforma [VRL](#)

3.2.4. Cuestionarios de requisitos

Los cuestionarios de requisitos se han editado en inglés y español, pues se pretenden distribuir entre estudiantes y profesores de universidades españolas y extranjeras. Para facilitar su cumplimentación, los cuestionarios se han construido sobre la web, mediante la herramienta QUALTRICS disponible en Saint Louis University [Snow, 2012], distribuyéndose el enlace (URL) mediante correo electrónico entre profesores y estudiantes de universidades españolas y extranjeras.

La Figura 3.5 muestra el aspecto del cuestionario de requisitos para estudiantes, tanto en modo edición (mediante la herramienta QUALTRICS), como en modo cumplimentación (tal y como finalmente lo ven los encuestados). El cuestionario de requisitos para profesores presenta un aspecto similar.

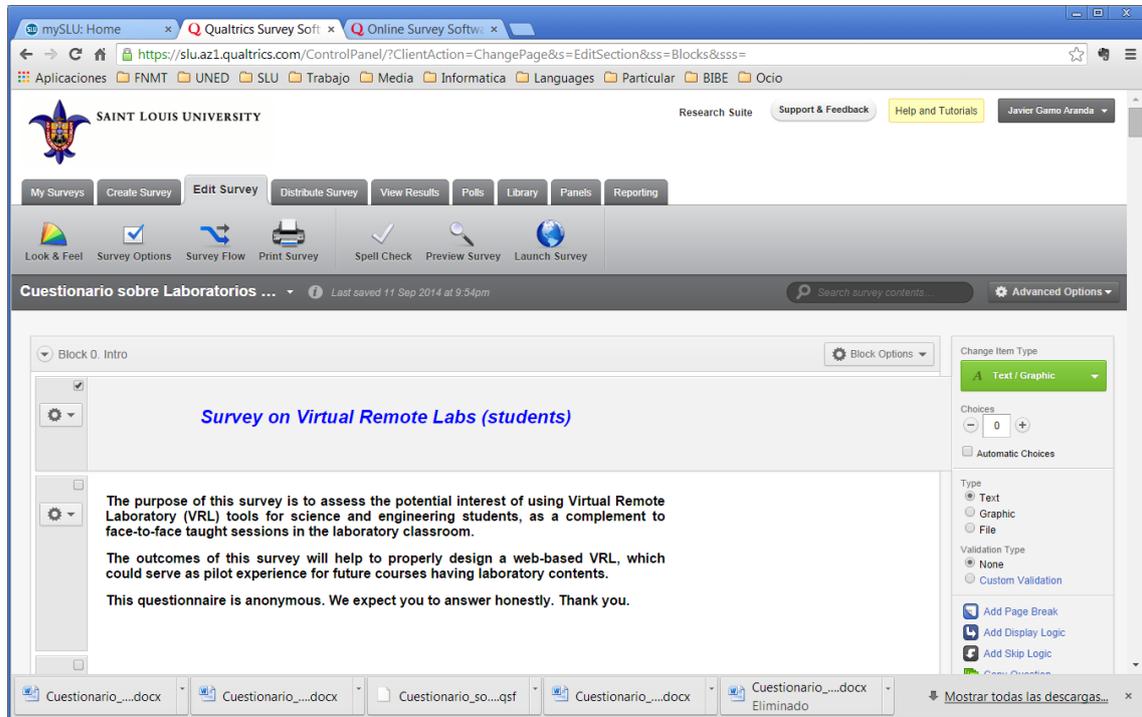
3.2.5. Criterios de validez y fiabilidad de los cuestionarios de requisitos

Por **validez** de una investigación, entendemos el “grado de confianza que puede adoptarse respecto a la veracidad de la información obtenida de una determinada investigación” [Ato, 1991, p. 224].

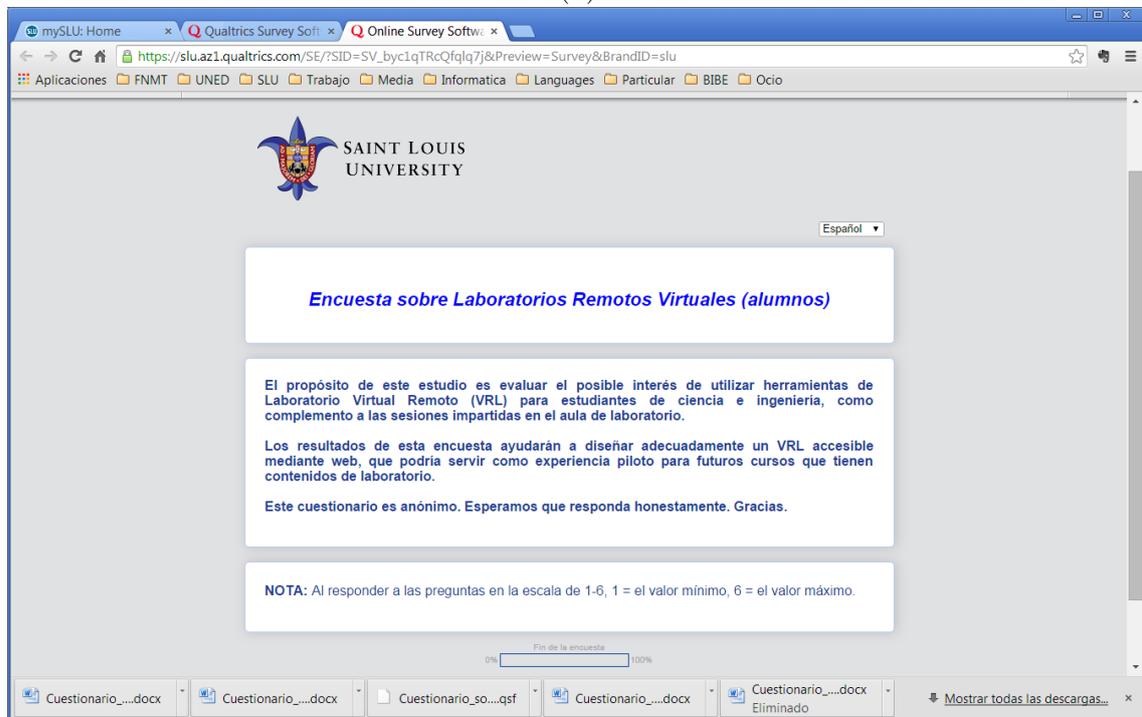
Dado que el instrumento fundamental que hemos elegido para realizar esta investigación es el cuestionario, identificaremos la validez de nuestra investigación con la validez de los cuestionarios de requisitos.

En concreto, estableceremos la validez del cuestionario como la *validez de contenido* del mismo, o dicho en otras palabras, “el grado en que el contenido de un cuestionario es apropiado para los propósitos perseguidos” [Frey *et al.*, 2000, p. 116].

En este sentido, la validez de contenido será mayor cuanto mejor esté representada la población de ítems relevantes. Como describe la Sección 3.2.5.1, recurriremos a la opinión de expertos para determinar la validez de contenido de nuestros cuestionarios.



(a)



(b)

Figura 3.5 Aspecto del cuestionario de requisitos para estudiantes (a) modo edición (b) modo cumplimentación

Procedencia expertos	Área de conocimiento	Número expertos
Españoles	Ciencias e Ingeniería	7
	Educación	3
Extranjeros	Ciencias e Ingeniería	7
	Educación	2

Tabla 3.2 Grupo de expertos participantes en el diseño de los cuestionarios

Asociado al concepto de validez, está el término **fiabilidad**. Según la Real Academia Española, por fiabilidad se entiende la *cualidad de fiable*, o bien la *probabilidad de buen funcionamiento de algo*.³ La fiabilidad del cuestionario se refiere a su exactitud y constancia [Frey *et al.*, 2000, p. 111]. En definitiva, “un instrumento resulta fiable si aplicado dos veces en situaciones similares conduce a los mismos resultados” [García *et al.*, 2001, vol. II p. 366].

La fiabilidad del cuestionario se mide utilizando algún estadístico, que estudia la intercorrelación de ítems para, a la postre, determinar numéricamente si el cuestionario es fiable o no. En nuestro caso, utilizaremos el conocido coeficiente α de Cronbach, como se describe en la [Sección 3.2.5.2](#).

3.2.5.1. Validez de contenido de los cuestionarios de requisitos

Como bien señalan García *et al.*, “es importante a la hora de estudiar la validez de los contenidos propuestos en un instrumento de recogida de datos, contar con el apoyo y asesoramiento de personas expertas en el tema. Su opinión resulta de gran ayuda para obtener un conocimiento más amplio y contrastado sobre la adecuación de los elementos que integran la prueba” [García *et al.*, 2001, vol. II p. 392].

Por tanto, para determinar la validez de contenido de los dos cuestionarios de requisitos, se ha contado con la participación de un **grupo de experto** en el objeto de la investigación, que recordamos nuevamente, es *comprobar las expectativas y necesidades de los colectivos de profesores y estudiantes de titulaciones de ciencias e ingenierías respecto a los VRLs*. El grupo de expertos ha estado formado por profesores españoles y extranjeros, procedentes de distintas áreas de conocimiento, tal y como muestra la [Tabla 3.2](#). La elección de expertos de distintas áreas obedece al hecho de intentar recoger la doble visión perseguida en este trabajo (didáctica por una parte, y tecnológica por otra).

³Fuente: *Diccionario de la lengua española*. 23.^a edición (2014). Real Academia Española, <http://lema.rae.es/drae/?val=fiabilidad>.

El trabajo de revisión de los contenidos de los cuestionarios de requisitos por parte de los expertos, perseguía un doble objetivo:

- Por una parte, evaluar la pertinencia de las distintas preguntas para el objeto de investigación, sugiriendo las modificaciones correspondientes.
- Por otra parte, depurar aquellos apartados del cuestionario que pudiesen dar lugar a confusión, a la hora de ser respondidos por los encuestados.

A todos estos expertos, se les remitió una *versión preliminar* de ambos cuestionarios; una vez recabadas sus opiniones, se construyó la versión definitiva de los mismos. La [Sección 3.2.4](#) describe la estructura final de ambos cuestionarios, detallándose las opiniones más relevantes de los expertos, que sirvieron para configurar los cuestionarios en su formato definitivo.

3.2.5.2. Fiabilidad de los cuestionarios de requisitos

Para analizar la fiabilidad de los cuestionarios, se utilizó el conocido programa SPSS STATISTICS® en su versión 17.0, programa informático muy utilizado en ciencias sociales y estudios de investigación de mercado, entre otras muchas aplicaciones [[IBM, 2014](#)].

Habitualmente, el **método de consistencia interna** es la forma más usual para estimar la fiabilidad de las pruebas, escalas o tests. La consistencia interna de un instrumento puede definirse como “la medida en que los ítems en un instrumento de medición dan resultados similares” [[Frey et al., 2000](#), p. 113].

Este método es útil cuando se utilizan conjuntos de ítems que, teóricamente, deben medir el mismo atributo o campo de contenido.

Existen diversas técnicas para medir la fiabilidad mediante consistencia interna. Dentro de esta categoría, el coeficiente α de Cronbach es, sin duda, el que mayor popularidad tiene entre la comunidad científica [[Cronbach, 1951](#)]. El coeficiente α de Cronbach se define como describe la [Ecuación 3.1](#) [[García et al., 2001](#), vol. II p. 371]:

$$\alpha = \frac{n_e}{n_e - 1} \left(1 - \frac{\sum_1^n S_e^2}{S_i^2} \right) \quad (3.1)$$

donde:

n_e : número de ítems o elementos
 S_e^2 : varianza de cada uno de los ítems
 S_i^2 : varianza de la prueba total

Los valores del coeficiente α de Cronbach están en el intervalo $[0 - 1,00]$, si bien puede tomar valores negativos (lo que indicaría que, en la escala, existen ítems que miden lo opuesto al resto).

Existen distintas opiniones sobre el valor del umbral mínimo en el valor del coeficiente α de Cronbach, a partir del cual se considera que la medida es fiable. Así, [Grady y Wallston \[1988\]](#) afirma que “en general, un valor de 0,60 es aceptable para la confiabilidad medida con el alfa de Cronbach”; [Nunnally \[1978\]](#) por su parte, señala que: “el alfa de Cronbach, en pruebas de consistencia interna, es bueno por encima de 0,7”. En esta misma línea argumental, [George y Mallery \[1994\]](#) defiende que “el alfa de Cronbach (...) entre 0,7 y 0,8 haría referencia a un nivel aceptable; en el intervalo (0,8 - 0,9) se podría calificar de un buen nivel, y si tomara valores superiores a 0,9 sería excelente”.

En nuestro caso, consideraremos que, cuando se supere el umbral dado por la [Ecuación 3.2](#):

$$\alpha \geq 0,7 \tag{3.2}$$

entonces el valor es estadísticamente aceptable para dar fiabilidad a la escala evaluada en ese caso. Los resultados del análisis de fiabilidad y validez de los cuestionarios de requisitos se describen en el [Capítulo 4](#).

3.2.6. Diseño de los cuestionarios de requisitos

A continuación, se describen en detalle la estructura y contenidos de los dos cuestionarios de requisitos elaborados, para estudiantes y profesores respectivamente. Dada la similitud entre ambos cuestionarios, se realizará una descripción conjunta de los mismos, distinguiendo cuando proceda las preguntas que atañen sólo a uno de los dos colectivos.

La versión final del cuestionario para estudiantes se describe de forma exhaustiva en el [Apéndice B](#). Por su parte, el [Apéndice C](#) muestra el contenido completo del cuestionario de profesores.

En ambos casos, la estructura del cuestionario contiene una sección de introducción, y tres bloques de preguntas diferenciados. A continuación, se describen en detalle cada uno de los apartados de los dos cuestionarios, con las opciones de respuestas en cada caso, así como los comentarios más relevantes aportados por los expertos consultados.

3.2.6.1. Bloque 0: Introducción

El propósito de esta sección es presentar el objetivo de la encuesta, es decir, *comprobar las expectativas y necesidades de los colectivos de profesores y estudiantes de titulaciones de ciencias e ingenierías respecto a los VRLs*. Además de mostrar el título “ENCUESTA SOBRE LABORATORIOS REMOTOS VIRTUALES” en el encabezado,⁴ se informa al encuestado de que los resultados de esta encuesta ayudarán a diseñar adecuadamente un VRL basado en la web, que podría servir como experiencia piloto para futuros cursos que tienen contenidos de laboratorio.

Muchos de los expertos consultados coincidieron en que la preservación de la *confidencialidad* de los datos personales de los encuestados es altamente recomendable, como una manera de alentar a la población contactada a participar en la encuesta. Por lo tanto, el carácter anónimo de las encuestas se menciona explícitamente en esta sección introductoria.

Asimismo, en esta sección de introducción, se indica al encuestado que, al responder a las preguntas con escala de valoración de 1 a 6, el valor 1 corresponde al valor mínimo, mientras que 6 hace referencia al valor máximo. Evidentemente, se está utilizando una **escala Likert** de 6 puntos (1 - 6) [Likert, 1932], donde los valores de dicha escala vienen representados gráficamente por estrellas (★) en los cuestionarios *on-line*. Sin embargo, el encuestado no tiene por qué conocer este tecnicismo, por lo que se obvió utilizar la palabra “Likert” en el texto de la encuesta.

Al respecto de la escala de Likert, existen diversas opiniones sobre el número de niveles a utilizar en la escala [Edmondson, 2005]. Normalmente, el formato más popular consiste en una escala de Likert de 5 puntos, como sigue:

⁴El título va seguido del sustantivo ESTUDIANTES o PROFESORES, según el colectivo a quien se dirija el cuestionario.

1. Muy satisfecho
2. Satisfecho
3. Ni satisfecho ni insatisfecho
4. Insatisfecho
5. Muy insatisfecho

Otra versión de la escala que se puede encontrar utiliza 6 niveles, a saber:

1. Extremadamente satisfecho
2. Muy satisfecho
3. Algo satisfecho
4. Algo insatisfecho
5. Muy insatisfecho
6. Extremadamente insatisfecho

Existen versiones con distinto número de niveles, pero en definitiva, todas ellas las podemos agrupar en dos grandes tipos: las que tienen un **número impar** de puntos (*i.e.* niveles de cuantización), y las que contienen un **número par** de puntos.

He aquí algunas de las razones que esgrimen los partidarios de tener un número impar de niveles de cuantificación [Infosurv, Inc., 2011]:

- Los encuestados pueden realmente sentirse neutrales acerca de un tema determinado. La presentación a estos encuestados de una escala sin un punto medio neutral, puede introducir cierto sesgo hacia los encuestados, que se ven obligados a elegir una respuesta más positiva o negativa. Algunos investigadores señalan que, en muchos casos, los encuestados acentuarán la experiencia negativa.
- La respuesta neutra es una opinión legítima que existe entre los encuestados. En general, si solicitamos todas las opiniones de las personas que fueron encuestadas, la calificación neutra necesita ser incluida en la escala. Si no nos interesa la opinión neutra, no tenemos que incluirla en la escala.
- Con una escala de 5 puntos, se tiene un buen punto medio. La calificación 3 está justo en el centro, e indica neutralidad o satisfacción mixta. En el cálculo de la media ponderada, se tiene un punto estándar de comparación. De esta

forma, se sabe de inmediato que una calificación promedio de 3,4 está por encima del punto neutro, y un 2,8 está por debajo.

Por el contrario, los partidarios de una escala Likert con un número par de puntos, suelen argumentar las siguientes razones:

- Prefieren disponer de un número par de calificaciones en la escala, para así tener a los encuestados “comprometidos” hacia algunos de los extremos (positivo o negativo) de la escala. Estos investigadores están en desacuerdo con proporcionar al encuestado una opción de respuesta neutra o ambivalente.
- También argumentan que las respuestas neutras son raras de todos modos, porque en la mayoría de los casos, sólo aquellos encuestados que tuvieron una experiencia/opinión positiva o negativa querrán participar en un estudio de investigación.

Algunos investigadores señalan que en el diseño del cuestionario, los investigadores deben tener en cuenta el conocimiento que los encuestados tienen del tema que nos ocupa. La falta de conocimiento del tema puede dar lugar a un abuso de los puntos extremos de la escala, lo que produce una menor fiabilidad que con escalas más cortas.

Si el encuestado está muy familiarizado con el objeto de investigación (por ejemplo, un estudiante calificando el desempeño de un profesor), una calificación neutral puede no ser tan necesaria, en comparación con una situación en la que estamos pidiendo al estudiante evaluar las políticas de ayuda financiera a su escuela. Se podría argumentar que en este último caso, el encuestado podría verdaderamente tener una actitud neutral hacia el tema en cuestión.

En nuestro caso, somos partidarios de adoptar una escala de Likert de 6 puntos en las preguntas de valoración. Además de las razones anteriormente citadas, existe otra más, y es el hecho de que, mediante una escala con un número par de niveles, los resultados pueden analizarse por segmentos (1 - 2, 3 - 4, 5 - 6), lo cual puede servir de ayuda en el análisis de las respuestas.

A continuación, se describen los tres bloques que definen el cuestionario en sí. Respecto a la codificación de variables, seguiremos un criterio similar al del cuestionario piloto, usando ahora un tipo de letra **de palo seco (sans serif)** en la codificación de preguntas, para diferenciar del cuestionario piloto (*cursiva*).

[E/P].[VE/VP/VS][N.M]

donde:

E/P se refiere a que el cuestionario está dirigido a estudiantes (E) o profesores (P).
VE/VP/VS distingue entre variable de entrada (VE), de proceso (VP), o de salida (VS).

N denota el subgrupo dentro de cada clase de variable, como se detalla en la [Sección 3.2.1](#).

M es el número de orden de la variable de tipo N.

3.2.6.2. Bloque 1: Preguntas sobre población encuestada

El objetivo de este bloque es determinar las variables de identificación (género, edad, universidad, etc.) de las dos poblaciones encuestadas en cada caso (profesores y estudiantes). El propósito es poder establecer intercomparaciones entre variables, sobre los resultados recogidos en los siguientes bloques. De esta forma, se podrán estudiar tendencias en las respuestas obtenidas, en función de dichas variables de identificación.

Nº	Variable	Estudiantes	Profesores
VE1.1	Edad	18 ... > 30	20 – 30 ... > 60
VE1.2	Género	Hombre / Mujer / Prefiero no especificar	
VE1.3	¿Trabaja?	Sí / No	<i>No aplica</i>
VE1.4	Ocupación principal	Estudiante Estudio y busco empleo Estudio y tengo trabajo fijo Estudiante jubilado Otra (especificar)	Profesor tiempo completo Profesor tiempo parcial + empleo fuera universidad
VP1.1	Universidad	<i>listado de universidades (vid. Apéndice B)</i>	
VP1.2	Especialidad ⁽¹⁾	<i>listado de especialidades (vid. Apéndice B)</i>	
VP1.3	Curso ⁽²⁾	1 ... 5, > 5	
VP1.4	Estudios previos	Primarios Bachiller, C.O.U, F.P 2º Ciclo Graduado, Diplomado o Ingeniero técnico Máster, Licenciado, o Ingeniero Superior DEA, Doctor	<i>No aplica</i>

⁽¹⁾ *Estudiantes*: especialidad donde se encuentra matriculado; *Profesores*: especialidad(es) donde imparte docencia

⁽²⁾ *Estudiantes*: curso más alto donde se encuentra matriculado; *Profesores*: cursos donde imparte docencia

Tabla 3.3 Preguntas incluidas en el bloque 1 de los cuestionarios de requisitos

La [Tabla 3.3](#) resume las variables de identificación incluidas en ambos cuestionarios, así como las respuestas esperadas en cada caso. Por simplicidad, la tabla sintetiza ambas encuestas, donde se agrupan las respuestas comunes en cada caso, y se señalan las opciones particulares cuando proceda (mediante *cursiva* en el caso de estudiantes, y **[entre corchetes]** para profesores). Además, las variables se han ordenado atendiendo a la clasificación establecida en la [Sección 3.2.1](#).⁵ También se ha eliminado el indicativo [E/P] correspondiente a estudiantes o profesores, para aligerar el contenido de la tabla-resumen.

En algunos países (como Estados Unidos), los expertos dijeron que algunas personas prefieren no especificar el género, por las posibles implicaciones a la hora de interpretar los resultados en función del género del encuestado; de ahí que se incluyese la opción “**Prefiero no especificar**” a la pregunta **VE1.2: Género**.

Por otra parte, el grado académico del profesor también es visto por algunos expertos como irrelevante, pues piensan que esto podría ser utilizado para discriminar entre los diferentes grupos de profesores, en función de su formación académica (doctores frente a licenciados, por ejemplo).

3.2.6.3. Bloque 2: Preguntas generales sobre enseñanza virtual

Este bloque tiene como objetivo conocer la cultura existente, entre estudiantes y profesores universitarios de estudios científico-técnicos, sobre el uso de recursos didácticos digitales. Resulta interesante descubrir las posibles diferencias que, sobre el empleo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el ámbito educativo, pudieran existir entre distintos grupos de profesores y estudiantes, según las distintas variables de identificación descritas en la [Sección 3.2.6.2](#).

La [Tabla 3.4](#) resume las preguntas incluidas en este bloque para ambas encuestas (profesores y estudiantes), con las aclaraciones pertinentes, en función de la encuesta de que se trate.

⁵El orden de clasificación de las variables en las tablas siguientes, difiere ligeramente del orden de presentación de las preguntas a los encuestados, tal y como se describe en el [Apéndice B](#) y en el [Apéndice C](#), respectivamente.

Nº	Variable	Estudiantes	Profesores
VE2.1	¿Tiene conexión a internet en casa?	Sí/No	
VE2.2	Si es así, ¿qué tipo de conexión tiene?	Fibra Óptica (80 MB o más) Banda ancha (hasta 20 MB) Básica (hasta 6 Mb)) No lo sé	
VP2.1	Nº asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital ⁽¹⁾	0, 1, 2 - 3, 4 - 5, > 5	
VP3.1	Nº asignaturas/cursos totalmente virtuales ⁽¹⁾	0, 1, 2 - 3, 4 - 5, > 5	
VP3.2	Plataforma digital que alojaba la(s) asignatura(s) presencial(es)/virtual(es) ⁽¹⁾	web de la Universidad/courseera UDACITY/edX/ KHAN ACADEMY miriada X/UNED-COMA/Otra (indicar)	
VP3.3	Razones por las que no ha realizado/impartido ningún curso totalmente virtual ⁽¹⁾	<i>vid. Pág. 54</i>	
VP3.4	Nº de MOOCs como estudiante ⁽²⁾	<i>No aplica</i>	0, 1, 2 - 3, 4 - 5, > 5
VP3.5	Nº de MOOCs como instructor/coordinador ⁽²⁾	<i>No aplica</i>	0, 1, 2 - 3, 4 - 5, > 5
VP4.1	Nº horas semanales usando la plataforma digital	1 - 6 h, 6 - 12 h, 12 - 18 h, > 18 h	
VP4.2	Ubicación preferente de conexión a la plataforma	Casa / Universidad / Trabajo fuera de la Universidad / Otra (indicar)	
VP4.3	Horario preferente de conexión a la plataforma	8.00 h - 14.00 h / 14.00 h - 18.00h 18.00 h - 20.00 h / Después de 20.00 h	
VS1.1	Grado de satisfacción de asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital	* . . . * * * * * *	
VS2.1	Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es) ⁽¹⁾	<i>vid. Pág. 55</i>	
VS2.2	Razones de menor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es) ⁽¹⁾	<i>vid. Pág. 55</i>	
VS2.3	Grado de satisfacción de asignaturas totalmente virtuales ⁽¹⁾	* . . . * * * * * *	
VS3.1	Razones por las que no ha participado en ningún MOOC hasta ahora ⁽²⁾⁽³⁾	<i>No aplica</i>	<i>vid. Pág. 56</i>

⁽¹⁾ *Estudiantes*: asignaturas cursadas; *Profesores*: asignaturas impartidas (en ambos casos, en últimos 12 meses)

⁽²⁾ *Estudiantes*: se considera similar a VP4.1; *Profesores*: durante los últimos 12 meses

⁽³⁾ VS3.1 se muestra automáticamente si la respuesta a VP3.4 o VP3.5 es 0

Tabla 3.4 Preguntas incluidas en el bloque 2 de los cuestionarios de requisitos

Por consejo de algunos expertos, la pregunta VP3.1: En los últimos 12 meses, ¿cuántas asignaturas/cursos totalmente virtuales (es decir, aprendizaje electrónico, completamente en línea, sin asistencia presencial requerida, etc), ha realizado a través de alguna plataforma digital? incluida en el cuestionario de estudiantes, se considera similar a la pregunta VP3.4: Indique cuantos Cursos En Línea Abiertos Masivos (MOOC) ha realizado como estudiante en los últimos 12 meses. La razón es que, a juicio de estos expertos, los estudiantes no tienen por qué saber la distinción entre un MOOC y un curso virtual habitual. Por tanto, esta pregunta se ha eliminado del cuestionario de requisitos de estudiantes.

En el caso de los profesores, dicha pregunta no sólo se ha mantenido, sino que se ha desdoblado en dos: la primera, trata de averiguar el número de MOOCs a los que los profesores encuestados han accedido como estudiantes (VP3.4); la segunda, pregunta sobre los MOOCs donde el profesor encuestado ha participado como instructor o coordinador (VP3.5).

De igual forma, la pregunta VP3.2: Plataforma digital que alojaba la(s) asignatura(s) presencial(es)/virtual(es), en el caso del cuestionario de profesores, se ha desdoblado como sigue:

- PVP3.2.1 Plataforma digital que alojaba la(s) asignatura(s) presencial(es)
- PVP3.2.2 Plataforma digital que alojaba la(s) asignatura(s) virtual(es)
- PVP3.2.3 Plataforma digital que alojaba el(los) MOOC(s) cursado(s) como estudiante
- PVP3.2.4 Plataforma digital que alojaba el(los) MOOC(s) como instructor/ coordinador

A la pregunta VP3.3: Razones por las que no ha realizado/impartido ningún curso totalmente virtual , las opciones propuestas al encuestado son las siguientes:

- VP3.3.1 *Mi plan de estudios* [Los planes de estudios donde imparto docencia] no contempla[n] la realización de asignaturas no presenciales
- VP3.3.2 Aunque existen asignaturas no presenciales en *mi plan de estudios* [los planes de estudios donde imparto docencia], he optado por *cursar* [impartir] la asignatura equivalente de forma presencial
- VP3.3.3 No tengo tiempo para realizar cursos on-line, adicionales a mis actuales obligaciones académicas/profesionales

- VP3.3.4 No creo en la enseñanza totalmente no presencial. Necesito la interacción en clase con *el profesor* [los estudiantes] *y/o con el resto de compañeros*
- VP3.3.5 Otras razones (por favor indicar)

Por otra parte, las opciones dadas al encuestado en la pregunta VS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es), y que deben valorarse entre 1 y 6, son:

- VS2.1.1 Área temática
- VS2.1.2 Formato y presentación del curso
- VS2.1.3 Actividades obligatorias
- VS2.1.4 Actividades voluntarias
- VS2.1.5 Flexibilidad de horario para [que los estudiantes puedan] seguir el curso a *mi* [su] propio ritmo
- VS2.1.6 Actitud *del docente/coordinador* [de los estudiantes] del curso
- VS2.1.7 *Participación de los compañeros* [Colaboración con otros colegas]
- VS2.1.8 Otros aspectos (por favor indicar)

Las posibles respuestas a la pregunta VS2.2: Razones de menor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es), a valorar entre 1 y 6, son las siguientes:

- VS2.2.1 El contenido del curso no ha respondido a las expectativas que *tenía* [tenían los estudiantes]
- VS2.2.2 El formato y la presentación del curso no eran atractivos [para los estudiantes]
- VS2.2.3 Las fechas de entrega para la presentación de trabajos y/o terminación de módulos eran demasiado cortas, e impidieron completar adecuadamente el curso
- VS2.2.4 El curso era demasiado corto, y no permitía profundizar en algunos contenidos
- VS2.2.5 El curso era demasiado largo. Los mismos contenidos se podrían haber impartido en menos tiempo
- VS2.2.6 Las herramientas de la plataforma (foros, correo electrónico, etc) no permiten la resolución completa de las dudas por parte de los profesores y/o *compañeros* [estudiantes]

- VS2.2.7 Echo de menos la comunicación presencial con *el profesor* [los estudiantes]
- VS2.2.8 *Echo de menos la interacción personal con los compañeros*
- VS2.2.9 La plataforma era muy lenta, a menudo se perdía la conexión, etc.
- VS2.2.10 Otros aspectos (por favor indicar)

Por último, la pregunta VS3.1: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC hasta ahora, que aplica únicamente a los profesores (P), se desdobra en 2 (PVS3.1a y PVS3.1b), en función de si dicha participación es como estudiante o como instructor/profesor, es decir:

- PVS3.1a: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC como alumno (si PVP3.4 es igual a 0)
- PVS3.1b: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC como instructor/coordinador (si PVP3.5 es igual a 0)

En ambos casos, se ofrecen las siguientes opciones, nuevamente a valorar entre 1 y 6, donde $x = \{a, b\}$ identifica el papel que juega el profesor en el MOOC, bien como estudiante (a), bien como instructor/coordinador (b):

- VS3.1x.1 Aún no se ha dado la ocasión de cursar un MOOC, aunque estaría interesado en hacerlo
- VS3.1x.2 No creo en la utilidad de los MOOC como sistema de enseñanza, aunque venga avalado por instituciones de prestigio
- VS3.1x.3 Creo que los MOOC ponen en peligro el modelo de enseñanza en el que actualmente trabajo
- VS3.1x.4 No tengo tiempo para realizar cursos *on-line*, adicionales a mis actuales obligaciones académicas/profesionales
- VS3.1x.5 No creo en la enseñanza totalmente no presencial. Necesito la interacción de clase con el profesor y/o con otros compañeros
- VS3.1x.6 Otras razones (por favor indicar)

3.2.6.4. Bloque 3: Preguntas específicas y cultura colaborativa

Este bloque final pretende averiguar el grado de interés de los colectivos encuestados sobre la realización de prácticas virtuales remotas, como complemento a

los laboratorios presenciales, así como las herramientas y funcionalidades deseables para la plataforma virtual que aloje dichas prácticas.

También se pretende averiguar el grado de *cultura colaborativa* de los participantes (uso de herramientas cooperativas, presencia en redes sociales, participación en blogs, etc.), pues como se ha comentado anteriormente, la colaboración es uno de los pilares básicos en los que se pretende asentar la plataforma OPTILAB.

El bloque comienza con la frase “Piense en una asignatura de las que *course* [imparta], que contenga prácticas de laboratorio. Si no tiene ninguna, piense en alguna asignatura/carrera que requiera de algún tipo de práctica experimental”. A continuación, se presentan al encuestado las preguntas recogidas de forma esquemática en la [Tabla 3.5](#).

Las opciones dadas al encuestado en la pregunta VS4.1: ¿Qué contenidos encuentra más interesantes para ser incluidos en la plataforma digital?, a valorar entre 1 y 6, son las siguientes:

- VS4.1.1 Manual de prácticas, para llevar a cabo las sesiones reales en el aula de laboratorio
- VS4.1.2 Descarga de vídeos de experimentos reales
- VS4.1.3 Cuestiones previas, que sirvan para introducir la sesión experimental que realizará en el aula de laboratorio
- VS4.1.4 Ejercicios de autoevaluación que sirvan para fortalecer el conocimiento de las prácticas en el aula, una vez llevadas a cabo
- VS4.1.5 *Software* de simulación de los fenómenos en estudio (al que se pueda acceder en cualquier momento, antes/después de la sesión de práctica en el aula de laboratorio)
- VS4.1.6 Realización de experimentos “en vivo” manejando instrumentación real de forma remota, y visualizando los resultados en mi propio ordenador (requiere reservar una franja horaria entre las que estén disponibles)
- VS4.1.7 Otros contenidos (indicar)

Por último, a la pregunta VS5.1: Valore las herramientas que considere más útiles de la plataforma virtual, se ofrecen las siguientes alternativas:

- VS5.1.1 Correo electrónico con el instructor y otros estudiantes
- VS5.1.2 Foros abiertos para el debate, proponer dudas, etc.
- VS5.1.3 Sesiones de *chat* con el profesor

Nº	Variable	Estudiantes	Profesores
VS3.2	¿La asignatura en cuestión permite algún tipo de experimentación virtual y/o remota (<i>i.e.</i> simulaciones en línea, gestión remota de instrumentos, etc.)?		Sí / No
VS3.3	¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia, como apoyo a la enseñanza presencial en el laboratorio?	Sí / No. Justifique su respuesta	
VS3.4	¿Alguna vez ha participado en el diseño, prueba y/o validación de cualquier herramienta digital para la realización de prácticas de laboratorio virtuales y/o remotas?		Sí / No
VS4.1	¿Qué contenidos encuentra más interesantes para ser incluidos en la plataforma digital?		<i>vid.</i> Pág. 57
VS5.1	Valore las herramientas que considere más útiles de la plataforma virtual		<i>vid.</i> Pág. 57
VS6.1	Valore las aplicaciones siguientes, en relación con el <i>conocimiento</i> que tenga de las mismas	Dropbox/ EVERNOTE®/ Doodle®/	
VS6.2	Valore las aplicaciones siguientes, en relación con el <i>uso</i> que haga de las mismas	Google Drive/ SkyDrive®	
VS6.3	Valore su presencia en redes sociales ⁽¹⁾	facebook®/ twitter/ tuenti/ Google+/ LinkedIn®/ Instagram	
VS6.4	¿Escribe en algún blog? ⁽²⁾		<i>Texto libre</i>

⁽¹⁾Si no la conoce, no marque nada

⁽²⁾Si es así, especifique el tema del mismo, y si lo desea, la dirección [URL](#)

Tabla 3.5 Preguntas incluidas en el bloque 3 de los cuestionarios de requisitos

- VS5.1.4 Enlaces externos para ampliar información
- VS5.1.5 Otras herramientas (por favor indicar)

Capítulo 4

Análisis de resultados

«La pereza puede parecer atractiva, pero el trabajo da satisfacción»

Anne Frank

Este capítulo desgrana minuciosamente los resultados obtenidos sobre los cuestionarios de requisitos de profesores y estudiantes, cuyo diseño fue detallado en el [Capítulo 3](#) [[Gamo *et al.*, 2015](#)].

La [Sección 4.1](#) analiza la validez de contenido y fiabilidad de los resultados obtenidos en ambos casos. Como se verá, jueces expertos valoraron cuantitativamente la pertinencia de las distintas variables incluidas en los cuestionarios. La fiabilidad de los resultados se analizó de forma individualizada para cada cuestionario.

A continuación, la [Sección 4.2](#) describe el análisis estadístico realizado sobre los resultados obtenidos en las variables individuales de ambos cuestionarios. De la misma forma, el análisis comparativo entre variables se realiza en la [Sección 4.3](#).

La [Sección 4.4](#) se encarga de estudiar hasta cuatro constructos distintos, basados en algunas de las variables declaradas en los cuestionarios. La definición de dichos constructos se ha basado en la filosofía del Modelo de Aceptación de Tecnología (*Technology Acceptance Model*) ([TAM](#)).

Terminamos este capítulo con la [Sección 4.5](#), donde un grupo de discusión, formado por expertos en la utilización de las [TIC](#) en enseñanza universitaria, analiza los principales resultados obtenidos en el capítulo.

4.1. Análisis de validez y fiabilidad

Al cierre de los cuestionarios de requisitos descritos en la [Sección 3.2.4](#),¹ dichos cuestionarios fueron respondidos por 91 profesores y 130 estudiantes, respectivamente, tal y como indica la [Figura 4.1](#)



Figura 4.1 Número de encuestados que respondieron a los cuestionarios de requisitos

A continuación, se analizan por separado los resultados extraídos de ambos cuestionarios, comenzando por el estudio de análisis de fiabilidad y validez en cada caso. Como se ha comentado anteriormente, para el análisis de datos se ha utilizado el paquete estadístico SPSS STATISTICS® (versión 17) [IBM, 2014].

Como se comentó en la [Sección 3.2.5](#), para contrastar la validez del cuestionario se ha decidido determinar la **validez de contenido** de las preguntas y variables asociadas. Para ello, se ha recurrido a la opinión de jueces expertos nacionales y extranjeros, en áreas científico-técnicas y de educación, tal y como se indica en la [Tabla 3.2](#).

Por otra parte, todo cuestionario debe analizarse estadísticamente mediante algún parámetro que mida la **fiabilidad** del mismo, para así poder inferir resultados que puedan ser generalizables al colectivo estudiado. Entre los indicadores de fiabilidad más utilizados, está el coeficiente α de Cronbach, cuya descripción fue realizada en la [Sección 3.2.5.2](#).

En las siguientes secciones, se analizará la validez y fiabilidad de los cuestionarios de requisitos de estudiantes y profesores, respectivamente, antes de proceder al análisis de datos sobre los resultados obtenidos.

¹Los cuestionarios de requisitos se rellenaron durante octubre y noviembre de 2014.

4.1.1. Validez de contenido de los cuestionarios

Para la evaluación de la validez de contenido de las variables incluidas en los cuestionarios, se ha solicitado a los jueces expertos que valoren de 1 a 6 la pertinencia de cada variable. La [Tabla 4.1](#) muestra los resultados de dicha evaluación.

EXPERTOS CIENCIAS					EXPERTOS EDUCACIÓN					EXPERTOS CIENCIAS					EXPERTOS EDUCACIÓN								
Variables	N	Min	Max	Mean	Std	N	Min	Max	Mean	Std	Variables	N	Min	Max	Mean	Std	N	Min	Max	Mean	Std		
VE1.1	14	4	6	5,00	0,68	5	5	6	5,40	0,55	VS2.3	14	3	5	3,43	0,65	5	3	6	4,60	1,14		
VE1.2	14	3	6	4,00	0,96	5	4	5	4,80	0,45	VS3.2	14	3	6	4,79	0,89	5	3	6	5,00	0,71		
VE1.3	14	3	6	4,64	1,28	5	5	6	5,80	0,45	VS3.3.1	14	3	6	4,86	1,03	5	5	6	5,80	0,45		
VE1.4	14	4	6	5,79	0,58	5	2	6	5,00	1,73	VS3.3.2	14	2	6	3,64	0,84	5	4	6	5,20	1,10		
VE2.1	14	3	6	5,79	0,80	5	6	6	6,00	0,00	VS3.3.3	14	3	6	3,93	1,14	5	3	6	5,20	1,30		
VE2.2	14	2	6	4,21	1,19	5	3	6	5,00	1,22	VS3.4	14	4	6	5,29	0,83	5	4	6	5,20	0,84		
VP1.1	14	3	6	4,50	1,22	5	3	6	5,00	1,22	VS4.1.1	14	2	6	3,00	0,78	5	6	6	6,00	0,00		
VP1.2	14	3	6	4,50	0,85	5	4	6	4,80	0,84	VS4.1.2	14	2	5	3,50	0,85	5	5	6	5,40	0,55		
VP1.3	14	2	5	3,71	0,83	5	4	6	5,00	0,71	VS4.1.3	14	2	5	3,43	0,94	5	3	6	4,40	1,34		
VP1.4	14	3	6	4,07	0,83	5	2	5	3,80	1,30	VS4.1.4	14	2	6	3,79	1,31	5	3	6	4,20	1,30		
VP2.1	14	2	6	4,50	1,09	5	4	6	4,80	0,84	VS4.1.5	14	2	5	3,29	0,73	5	3	5	3,80	1,10		
VP3.1	14	3	6	4,14	0,86	5	4	6	4,80	0,84	VS4.1.6	14	2	5	3,29	0,91	5	3	6	4,80	1,10		
VP3.2	14	3	6	4,14	0,77	5	3	6	4,20	1,10	VS4.1.7	14	3	5	4,00	0,55	5	3	5	4,40	0,89		
VP3.3.1	14	2	6	3,00	1,18	5	2	6	3,60	1,52	VS5.1.1	14	4	6	5,43	0,76	5	6	6	6,00	0,00		
VP3.3.2	14	2	5	3,71	0,91	5	3	5	4,00	1,00	VS5.1.2	14	3	5	4,29	0,61	5	4	6	4,80	0,84		
VP3.3.3	14	3	6	3,93	0,92	5	3	6	4,60	1,14	VS5.1.3	14	2	5	3,29	0,99	5	2	3	2,80	0,45		
VP3.3.4	14	3	5	4,21	0,70	5	3	5	4,20	0,84	VS5.1.4	14	3	6	4,57	0,94	5	3	5	4,40	0,89		
VP3.3.5	14	3	6	4,07	1,07	5	3	6	4,20	1,10	VS5.1.5	14	3	6	4,29	0,91	5	3	5	4,20	0,84		
VP4.1	14	4	6	4,71	0,83	5	4	6	4,40	0,89	VS6.1.1	14	3	6	3,50	0,94	5	2	6	4,60	1,95		
VP4.2	14	2	6	4,36	1,15	5	5	6	5,20	0,45	VS6.1.2	14	2	6	3,64	1,08	5	3	5	4,60	0,89		
VP4.3	14	2	6	4,36	1,08	5	4	6	4,60	0,89	VS6.1.3	14	2	5	3,43	0,85	5	2	5	3,40	1,14		
VS1.1	14	4	6	4,93	0,73	5	5	6	5,60	0,55	VS6.1.4	14	2	5	3,14	0,86	5	3	5	3,60	0,89		
VS2.1.1	14	3	6	5,57	0,85	5	6	6	6,00	0,00	VS6.1.5	14	2	6	3,21	0,97	5	3	6	3,80	1,30		
VS2.1.2	14	4	6	5,14	0,66	5	5	6	5,40	0,55	VS6.2.1	14	3	6	3,29	0,73	5	3	6	5,20	1,30		
VS2.1.3	14	5	6	5,36	0,50	5	5	6	5,40	0,55	VS6.2.2	14	2	5	3,36	0,93	5	2	6	3,80	1,64		
VS2.1.4	14	4	6	5,00	0,68	5	4	6	5,00	1,00	VS6.2.3	14	2	5	3,50	0,94	5	3	5	3,80	1,10		
VS2.1.5	14	4	6	4,93	0,62	5	4	6	4,80	0,84	VS6.2.4	14	2	5	3,57	1,02	5	2	5	3,20	1,10		
VS2.1.6	14	5	6	5,64	0,50	5	5	6	5,60	0,55	VS6.2.5	14	2	5	3,71	1,07	5	2	5	3,20	1,10		
VS2.1.7	14	4	6	5,07	0,62	5	4	6	5,20	0,84	VS6.3.1	14	2	6	3,57	1,09	5	2	6	4,20	1,79		
VS2.1.8	14	2	5	3,29	0,99	5	3	5	3,80	0,84	VS6.3.2	14	2	5	3,36	1,01	5	3	5	3,80	1,10		
VS2.2.1	14	4	6	5,64	0,63	5	6	6	6,00	0,00	VS6.3.3	14	3	5	3,93	0,73	5	3	5	4,20	0,84		
VS2.2.2	14	4	6	5,43	0,65	5	5	6	5,40	0,55	VS6.3.4	14	2	5	3,57	0,94	5	3	5	3,60	0,89		
VS2.2.3	14	4	6	5,14	0,66	5	4	5	4,60	0,55	VS6.3.5	14	3	5	3,86	0,86	5	3	5	3,80	1,10		
VS2.2.4	14	5	6	5,64	0,50	5	5	6	5,60	0,55	VS6.3.6	14	2	5	3,79	1,05	5	3	5	3,60	0,89		
VS2.2.5	14	4	6	5,00	0,68	5	4	6	4,80	0,84	VS6.4.1	14	2	6	3,93	1,33	5	3	6	5,00	1,22		
VS2.2.6	14	4	6	5,07	0,73	5	5	6	5,60	0,55	VP3.4	14	2	5	3,43	1,02	5	3	5	3,80	0,84		
VS2.2.7	14	3	5	4,21	0,70	5	5	6	5,40	0,55	VP3.5	14	2	5	3,071	0,7	5	3	4	3,4	0,5		
VS2.2.8	14	4	6	5,29	0,73	5	5	6	5,40	0,55	VS3.1	14	3	6	4,286	0,9	5	4	6	5	0,7		
VS2.2.9	14	4	6	5,07	0,62	5	5	6	5,60	0,55													
VS2.2.10	14	4	6	5,21	0,58	5	5	6	5,60	0,55													

Tabla 4.1 Evaluación por expertos de las variables de los cuestionarios de requisitos

El análisis preliminar de las respuestas aportadas por los jueces no arrojó diferencias significativas respecto al país de procedencia de dichos jueces (españoles o extranjeros), por lo que se han calculado, de forma integrada, la media y desviación típica de las opiniones formuladas por cada uno de los dos grupos de expertos, atendiendo únicamente a su especialidad profesional.

A la vista de los valores obtenidos, se puede afirmar en todos los casos que la media aritmética supera, al menos, el valor medio de la escala de valoración utilizada (3,00), lo que confirma la validez del contenido de todos los ítems incluidos en los dos cuestionarios.

Cabe señalar que las variables mejor valoradas por los jueces expertos han sido las siguientes:

- Por los expertos de áreas científico-técnicas:
 - VE1.4: Ocupación principal
 - VE2.1: ¿Tiene conexión a internet en casa?
 - VS2.1.6: Actitud *del docente/coordinador* [de los estudiantes] del curso
 - VS2.2.1: El contenido del curso no ha respondido a las expectativas que *tenía* [tenían los estudiantes]
 - VS2.2.4: El curso era demasiado corto, y no permitía profundizar en algunos contenidos
- Por los expertos de educación:
 - VP2.1: N° horas semanales usando la plataforma digital
 - VS2.2.4: El curso era demasiado corto, y no permitía profundizar en algunos contenidos
 - VS3.1: Razones por las que no ha participado en ningún Curso En Línea, Abierto y Masivo (*Massive Open Online Course*) hasta ahora
 - VS4.1.4: Software de simulación de los fenómenos en estudio (al que se pueda acceder en cualquier momento, antes/después de la sesión de práctica en el aula de laboratorio)

Por su parte, las variables peor valoradas por los jueces expertos fueron:

- Por los expertos de áreas científico-técnicas:
 - VP4.3.1: *Mi plan de estudios* [Los planes de estudios donde imparto docencia] no contempla[n] la realización de asignaturas no presenciales
 - VS4.1.1: Manual de prácticas, para llevar a cabo las sesiones reales en el aula de laboratorio
- Por los expertos de educación
 - VS5.1.3: Sesiones de *chat* con el profesor

- VS6.2.4: Conocimiento de la herramienta Google Drive
- VS6.2.5: Conocimiento de la herramienta SkyDrive®

4.1.2. Análisis de fiabilidad del cuestionario de estudiantes

Para el análisis de la fiabilidad del cuestionario de requisitos de estudiantes, se ha calculado el coeficiente α de Cronbach de los elementos tipificados en el cuestionario, tal y como se indica en la [Sección 3.2.5.2](#).

Como nos muestra el programa SPSS STATISTICS® en la [Tabla 4.2](#), de las 75 variables que conforman el cuestionario de requisitos de estudiantes, existen 33 variables con varianza nula, las cuales se han eliminado para el coeficiente α de Cronbach.

Hay que señalar que la gran mayoría de estas variables con varianza nula, corresponden o bien a preguntas que tienen que ver con la enseñanza completamente virtual (algo que muchos de los estudiantes encuestados no han respondido, por cursar sus estudios en universidades presenciales, que no contemplan esta modalidad de enseñanza), o bien pertenecen a casos tipificados como “Otros” dentro de las distintas preguntas realizadas a lo largo del cuestionario de requisitos (y cuya casuística es tan variada, que conviene analizar individualmente en cada caso).

En definitiva, la eliminación de estas variables del estudio no resta fiabilidad al análisis de datos provenientes del cuestionario de requisitos de estudiantes.

Warnings

Each of the following component variables has zero variance and is removed from the scale: Previous studies (please indicate the highest degree achieved), Do you have internet connection at home?, In the last 12 months, how many fully-virtual courses have you taken (ie, e-learning, completely.... Think about the fully-virtual course that gave you the highest satisfaction (if you only took 1 c...-Subject area, Think about the fully-virtual course that gave you the highest satisfaction (if you only took 1 c...-Format and course presentation, Think about the fully-virtual course that gave you the highest satisfaction (if you only took 1 c...-Mandatory activities, Think about the fully-virtual course that gave you the highest satisfaction (if you only took 1 c...-Voluntary activities, Think about the fully-virtual course that gave you the highest satisfaction (if you only took 1 c...-Attitude of the teacher / course coordinator, Think about the fully-virtual course that gave you the highest satisfaction (if you only took 1 c...-Participation of peers, Think about the fully-virtual course that gave you the highest satisfaction (if you only took 1 c...-Flexibility of schedule to follow the course at my own pace, Think about the fully-virtual course that gave you the highest satisfaction (if you only took 1 c...-Other aspects (please indicate) Think about the fully-virtual course that gave you the least satisfaction (if you only took 1 cou...-The course content did not respond to the expectations I had, Think about the fully-virtual course that gave you the least satisfaction (if you only took 1 cou...-The format and presentation of the course was not attractive, Think about the fully-virtual course that gave you the least satisfaction (if you only took 1 cou...-Delivery dates for submission of assignments and / or completion of modules were too short, and prevented to suitably complete the course, Think about the fully-virtual course that gave you the least satisfaction (if you only took 1 cou...-The course was too short, not allowing to go in detail into some contents, Think about the fully-virtual course that gave you the least satisfaction (if you only took 1 cou...-The course was too long. The same contents could have been delivered in less time, Think about the fully-virtual course that gave you the least satisfaction (if you only took 1 cou...-The platform tools (forums, email, etc.) do not allow complete solving of doubts by teachers and/or peers, Think about the fully-virtual course that gave you the least satisfaction (if you only took 1 cou...-I miss face communication with the teacher, Think about the fully-virtual course that gave you the least satisfaction (if you only took 1 cou...-I miss the personal interaction with peers, Think about the fully-virtual course that gave you the least satisfaction (if you only took 1 cou...-The platform was very slow, often the connection was lost, etc., Have you ever participated in the design, testing and / or validation of any digital tool that in..., Which contents would you find more interesting to be included in the digital platform? Rate each...-Self-assessment exercises that serve to strengthen knowledge of the classroom practices once carried out, Which contents would you find more interesting to be included in the digital platform? Rate each...-Other contents (please indicate) , Rate what you consider to be the most useful tools of the virtual platform-Open forums for discussions, to raise doubts, etc., Rate what you consider to be the most useful tools of the virtual platform-Chat sessions with the instructor, Rate what you consider to be the most useful tools of the virtual platform-External links to further information, Rate what you consider to be the most useful tools of the virtual platform-Other tools (please indicate), Rate the following applications, regarding the knowledge you have of them-, Rate the following applications, regarding the knowledge you have of them-, Rate the following applications, regarding the use you make of them-, Rate the following applications, regarding the use you make of them-, Rate the following applications, regarding the use you make of them-, Please indicate which of the following social networks you participate in (if you do not know it,...-

The determinant of the covariance matrix is zero or approximately zero. Statistics based on its inverse matrix cannot be computed and they are displayed as system missing values.

Tabla 4.2 Variables con varianza nula del cuestionario de requisitos de estudiantes

Una vez eliminadas las variables con varianza nula del análisis de fiabilidad, se obtiene el resultado para el coeficiente α de Cronbach mostrado en la [Tabla 4.3](#). Como puede observarse, el valor obtenido para el coeficiente α de Cronbach utilizando los elementos tipificados, ha sido de $\alpha = 0,866 > 0,7$, lo que, de acuerdo con [Nunnaly \[1978\]](#) y [George y Mallery \[1994\]](#), es criterio suficiente para considerar estadísticamente aceptable la fiabilidad del cuestionario de requisitos de estudiantes.

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
,737	,866	42

Tabla 4.3 Coeficiente α de Cronbach del cuestionario de requisitos de estudiantes

Para terminar el análisis de fiabilidad del cuestionario de requisitos de estudiantes, la [Tabla 4.4](#) y la [Tabla 4.5](#) muestran de forma resumida el valor del coeficiente α de Cronbach, si se elimina cada elemento. Como puede observarse, en todos los casos el valor de dicho coeficiente que es superior a 0,7, nos lleva a poder afirmar, con total seguridad, que el grado de fiabilidad del cuestionario de estudiantes es excelente.

	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Please enter your age	,748
Gender	,738
University	,701
Major	,850
Current year	,737
Do you have some kind of gainful employment?	,725
Main occupation	,739
If so, what type of connection do you have?	,714

	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Please indicate which of the following social networks you participate in-LinkedIn	,762
Please indicate which of the following social networks you participate in-Instagram	,795

Tabla 4.4 Coeficiente α de Cronbach basado en elementos tipificados del cuestionario de requisitos de estudiantes

	Cronbach's Alpha if Item Deleted		Cronbach's Alpha if Item Deleted		Cronbach's Alpha if Item Deleted
During the past 12 months, how many face-to-face taught courses have you attended, using any kin...	,714				
How many time per week have you devoted to remotely connect to the portal?	,749	Rate the reasons why you have not taken a fully-virtual course in the last 12 months. You can a...- No time for on-line courses, in addition to my current academic / professional obligations	,732	Which contents would you find more interesting to be included in the digital platform? Rate each...- Software simulation of the phenomena under study (can be done at any time, before / after the practical session in the classroom lab)	,725
Rate your preferred location from which to connect to the portal-From home	,725	Rate the reasons why you have not taken a fully-virtual course in the last 12 months. You can a...- Do not believe in fully-virtual teaching. I need class interaction with the teacher and / or other colleagues	,725	Which contents would you find more interesting to be included in the digital platform? Rate each...- Making "live" experiment by managing real instrumentation remotely, and displaying the results on my own computer (requires booking a time slot among those available)	,725
Rate your preferred location from which to connect to the portal-From university facilities	,704	Rate the reasons why you have not taken a fully-virtual course in the last 12 months. You can a...- Other reasons (please indicate)	,725	Rate what you consider to be the most useful tools of the virtual platform-E-mail with the instructor and other students	,725
Rate your preferred location from which to connect to the portal-From workplace outside university	,704	Rate your overall satisfaction with the fully-virtual course(s) (ie, e-learning, completely on...-Rate of satisfaction with fully-virtual courses	,755	Rate the following applications, regarding the knowledge you have of them-Dropbox	,714
Rate your preferred location from which to connect to the portal-Other (please enter)	,714	Does the course currently allow carrying out virtual and / or remote experiments in any way? (ie...	,750	Rate the following applications, regarding the knowledge you have of them-Evernote	,714
Rate the prime time of connection to the portal-From 8.00h to 14.00h	,780	In your view, should a virtual remote platform be used in support of classroom teaching in the la...	,750	Rate the following applications, regarding the use you make of them-Doodle	,704
Rate the prime time of connection to the portal-From 14.00h to 18.00h	,749	Which contents would you find more interesting to be included in the digital platform? Rate each...- Lab handbook to conduct the real sessions at the classroom laboratory	,728	Rate the following applications, regarding the use you make of them-Google Drive	,704
Rate the prime time of connection to the portal-From 18.00h to 20.00h	,725	Which contents would you find more interesting to be included in the digital platform? Rate each...- Downloading videos from real experiments	,725	Please indicate which of the following social networks you participate in-Facebook	,714
Rate the prime time of connection to the portal-After 20.00h	,739	Which contents would you find more interesting to be included in the digital platform? Rate each...- Pre-lab questions which serve to introduce the experimental session to be perform in the classroom lab	,737	Please indicate which of the following social networks you participate in-Twitter	,704
Rate your overall satisfaction with the face-to-face taught course(s) you attended in the last...- Rate of satisfaction with face-to-face taught courses supported by digital platform	,725			Please indicate which of the following social networks you participate in-Google +	,749
Rate the reasons why you have not taken a fully-virtual course in the last 12 months. You can a...- My curriculum does not address the performance of fully-virtual courses	,715				
Rate the reasons why you have not taken a fully-virtual course in the last 12 months. You can a...- Although there are fully-virtual courses in my curriculum, I chose to take the equivalent, face-to-face course	,769				

Tabla 4.5 Coeficiente α de Cronbach basado en elementos tipificados del cuestionario de requisitos de estudiantes (cont.)

4.1.3. Análisis de fiabilidad del cuestionario de profesores

Continuando con el análisis de fiabilidad de los datos obtenidos, se tratará ahora el cuestionario de requisitos de profesores. Nuevamente, se ha calculado el coeficiente α de Cronbach de los elementos tipificados de dicho cuestionario, siguiendo las directrices indicadas en la [Sección 3.2.5.2](#).

Warnings

Each of the following component variables has zero variance and is removed from the scale: Main occupation, Do you have internet connection at home?, If so, what type of connection do you have?, Rate your preferred location from which to connect to the portal-From university facilities, Rate the prime time of connection to the portal-From 8.00h to 14.00h, Rate the reasons why you have not taught any fully-virtual course in the last 12 months. You ca...-Although I could teach fully-virtual courses, I prefer teaching the equivalent face-to-face taught subject, Think about the fully-virtual course you taught that gave you the highest satisfaction (if you on...-Mandatory activities, Please indicate the number of Massive Online Open Courses (MOOCs) you have participated in as..., In your view, should a virtual remote platform be used in support of classroom teaching in the la..., Which contents would you find more interesting to be included in the digital platform? Rate each...-Lab handbook to conduct the real sessions at the classroom laboratory

The determinant of the covariance matrix is zero or approximately zero. Statistics based on its inverse matrix cannot be computed and they are displayed as system missing values.

Tabla 4.6 Variables con varianza nula del cuestionario de requisitos de profesores

El análisis de fiabilidad realizado con SPSS STATISTICS[®], nos indica que existen 10 variables con varianza nula, tal y como señala el mensaje de advertencia de la [Tabla 4.6](#). De nuevo, estas variables han sido eliminadas por SPSS STATISTICS[®], en el cálculo del coeficiente α de Cronbach, sin perder por ello fiabilidad en el análisis.

Al realizar el análisis de fiabilidad eliminando las variables que presentan varianza nula, se obtiene el resultado mostrado en la [Tabla 4.7](#). Podemos observar, por tanto, que el valor obtenido para el coeficiente α de Cronbach es de $\alpha = 0,940$, utilizando los elementos tipificados. Este valor del coeficiente de Cronbach nos hace afirmar, una vez más, que el grado de fiabilidad del cuestionario de profesores es excelente.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
,946	,940	54

Tabla 4.7 Coeficiente α de Cronbach del cuestionario de requisitos de profesores

De nuevo, y para terminar el análisis de fiabilidad del cuestionario de requisitos de profesores, la [Tabla 4.8](#) y la [Tabla 4.9](#) muestran, de forma resumida, el valor

del coeficiente α de Cronbach, una vez eliminados cada elemento. En todos los casos, el valor del coeficiente α de Cronbach es siempre $\alpha > 0,7$, lo que vuelve a corroborar que, estadísticamente hablando, es aceptable considerar que el cuestionario de requisitos de profesores es plenamente fiable.

	Squared Multiple Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Rate the prime time of connection to the portal- After 20.00h		.941
Rate your overall satisfaction with the face-to-face taught courses you taught in the last 12 months		.949
Rate of satisfaction with face-to-face taught courses supported by digital platform		.944
In the last 12 months, how many fully-virtual courses have you taught (ie, e-learning, complet...		.949
Rate the reasons why you have not taught any fully-virtual course in the last 12 months. You ca...		.945
Study programs where I currently teach do not offer fully-virtual courses		.942
Rate the reasons why you have not taught any fully-virtual course in the last 12 months. You ca...		.942
Do not believe in totally virtual teaching. I need class interaction with the students		.942
Think about the fully-virtual course you taught that gave you the highest satisfaction (if you on...- Subject area		.945
Think about the fully-virtual course you taught that gave you the highest satisfaction (if you on...- Format and course presentation		.946
Think about the fully-virtual course you taught that gave you the highest satisfaction (if you on...- Voluntary activities		.941
Think about the fully-virtual course you taught that gave you the highest satisfaction (if you on...- Participative attitude of the students		.946
Think about the fully-virtual course you taught that gave you the highest satisfaction (if you on...- Collaboration with other colleagues (teaching the same subject or any other)		.942
Think about the fully-virtual course you taught that gave you the highest satisfaction (if you on...- Flexibility of schedule to follow the course at the students's own pace		.942
Think about the fully-virtual course you taught that gave you the least satisfaction (if you only...- The course content did not respond to the expectations the students had		.945
Think about the fully-virtual course you taught that gave you the least satisfaction (if you only...- The format and presentation of the course was not attractive to the students		.955
Think about the fully-virtual course you taught that gave you the least satisfaction (if you only...- Delivery dates for submission of assignments and / or completion of modules were too short, and prevented to suitably complete the course		.947
Think about the fully-virtual course you taught that gave you the least satisfaction (if you only...- The course was too short, not allowing to go in detail into some contents		.945
Think about the fully-virtual course you taught that gave you the least satisfaction (if you only...- The course was too long. The same contents could have been delivered in less time		.955
Think about the fully-virtual course you taught that gave you the least satisfaction (if you only...- The platform tools (forums, email, etc.) do not allow complete solving of doubts by teachers and/or students		.951
Think about the fully-virtual course you taught that gave you the least satisfaction (if you only...- I miss face communication with the students		.948

Tabla 4.8 Coeficiente α de Cronbach basado en elementos tipificados del cuestionario de requisitos de profesores

4.2. Análisis descriptivo de los datos

Una vez demostrada la fiabilidad y validez de los cuestionarios realizados, se procede al análisis de los datos obtenidos sobre las variables contenidas en dichos cuestionarios, utilizando la Estadística descriptiva.

Como se sabe, el análisis de datos es una parte esencial de cualquier investigación, pues sirve para dar sentido a los resultados obtenidos, corroborar hipótesis de trabajo, o descartarlas y reformular nuevas hipótesis, en función de los hallazgos encontrados.

De las distintas definiciones existentes de la Estadística descriptiva, este autor prefiere la dada por *López et al.*, que la define como la ciencia que recoge, ordena

	Squared Multiple Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted		Squared Multiple Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Think about the fully-virtual course you taught that gave you the least satisfaction (if you only... The platform was very slow, often the connection was lost, etc.		.950	Which contents would you find more interesting to be included in the digital platform? Rate each... Making "live" experiment by managing real instrumentation remotely, and displaying the results on my own computer (requires booking a time slot among those available)		.941
Rate your overall satisfaction with the fully-virtual course(s) (ie, e-learning, completely on... -Rate of satisfaction with fully-virtual courses you taught		.946	Rate what you consider to be the most useful tools of the virtual platform-E-mail with the instructor and other students		.947
Please indicate the number of Massive Open Courses (MOOC) you have taken as student dur...		.947	Rate what you consider to be the most useful tools of the virtual platform-Open forums for discussions, to raise doubts, etc.		.943
Does the course currently allow carrying out virtual and / or remote experiments in any way? (ie...		.946	Rate what you consider to be the most useful tools of the virtual platform-Chat sessions with the instructor		.946
Have you ever participated in the design, testing and / or validation of any digital tool that in...		.945	Rate what you consider to be the most useful tools of the virtual platform-External links to further information		.941
Which contents would you find more interesting to be included in the digital platform? Rate each... Downloading videos from real experiments		.943	Rate the following applications, regarding the knowledge you have of them-		.941
Which contents would you find more interesting to be included in the digital platform? Rate each... Pre-lab questions which serve to introduce the experimental session to be perform in the classroom lab		.942	Rate the following applications, regarding the knowledge you have of them-		.941
Which contents would you find more interesting to be included in the digital platform? Rate each... Self-assessment exercises that serve to strengthen knowledge of the classroom practices once carried out		.945	Rate the following applications, regarding the knowledge you have of them-		.945
Which contents would you find more interesting to be included in the digital platform? Rate each... Software simulation of the phenomena under study (can be done at any time, before / after the practical session in the classroom lab)		.942	Rate the following applications, regarding the use you make of them-		.941
			Rate the following applications, regarding the use you make of them-		.945
			Rate the following applications, regarding the use you make of them-		.941
			Rate the following applications, regarding the use you make of them-		.945
			Rate the following applications, regarding the use you make of them-		.946
			Rate the following applications, regarding the use you make of them-		.946
			Rate the following applications, regarding the use you make of them-		.948
			Rate the following applications, regarding the use you make of them-		.945
			Rate the following applications, regarding the use you make of them-		.946

Tabla 4.9 Coeficiente α de Cronbach basado en elementos tipificados del cuestionario de requisitos de profesores (cont.)

y analiza los datos de subconjuntos o muestras extraídas de ciertas poblaciones o conjuntos de elementos; con base en éstas y en el cálculo de probabilidades, se encarga de hacer averiguaciones (inferencias) acerca de las correspondientes poblaciones [López *et al.*, 1993, p. 6].

En esta sección, procederemos a utilizar la Estadística descriptiva univariada, para describir, de forma individualizada, cada una de las variables incluidas en los cuestionarios realizados. Así, la Sección 4.2.1 describe los resultados individuales, obtenidos sobre las variables contenidas en el cuestionario de requisitos de estudiantes, mientras que la Sección 4.2.2, hace lo propio con los resultados individuales de las variables incluidas en el cuestionario de profesores.

El análisis comparativo bivariado (esto es, incluyendo 2 variables), se realiza en la Sección 4.3, para cada uno de los dos cuestionarios de requisitos.

4.2.1. Análisis descriptivo de los datos de estudiantes

Se presenta a continuación el análisis pormenorizado de cada una de las variables que conforman el cuestionario de requisitos de estudiantes, el cual recordemos que está descrito en detalle en el [Apéndice B](#).

Para cada variable analizada, se describirán, de forma gráfica y numérica, el número de respuestas obtenidas y la frecuencia resultante expresada en porcentaje de cada uno de los posibles valores de la variable; además, se incluirán los estadísticos más comunes obtenidos para dicha variable (valores máximo, mínimo, media, varianza y desviación típica).

4.2.1.1. Análisis descriptivo de las variables del bloque 1 del cuestionario de estudiantes

Comenzamos el análisis con los datos obtenidos sobre las variables incluidas en el BLOQUE 1: PREGUNTAS SOBRE POBLACIÓN ENCUESTADA, descrito en la [Sección 3.2.6.2](#), y que recordemos, tiene como misión determinar las variables de identificación de la población encuestada (edad, género, universidad, etc.). Los resultados de la primera variable **EVE1.1: Edad**, se muestran en la [Figura 4.2](#). Como puede observarse, la mayor frecuencia de estudiantes corresponde a aquellos que tienen 20 años (24%), seguidos de los estudiantes de 21 y 19 (15% en ambos casos). Esto tendrá un reflejo directo en el curso más alto donde los estudiantes están matriculados, como se verá en la [Figura 4.6](#) más adelante.

La segunda variable analizada es **EVE1.2: Género**, representada en la [Figura 4.3](#). Como puede observarse, la gran mayoría de estudiantes encuestados son varones (65%). Al contrario de lo que pensaban algunos de los jueces expertos de la [Tabla 3.2](#) (especialmente norteamericanos), la opción “**Prefiero no indicar**” únicamente fue escogida por 2 de los estudiantes encuestados.

La variable **EVP1.1: Universidad** se describe en la [Figura 4.4](#). Como puede observarse, la mayor frecuencia de estudiantes que han respondido al cuestionario, provienen de la Universidad de Alcalá (**UAH**) (30%), seguido de la Universidad Rey Juan Carlos (**URJC**). Algunas de las universidades inicialmente previstas, donde el cuestionario para estudiantes fue distribuido por colegas profesores, no han respondido al cuestionario. Otras, no previstas inicialmente, sí que lo han hecho, especialmente estudiantes provenientes de Lafallete College (3%).²

²La razón fue la visita de un grupo de estudiantes de Lafallete College a **SLU** - Madrid, a quienes este investigador agradece especialmente su participación en este cuestionario.

EVE1.1: Please enter your age

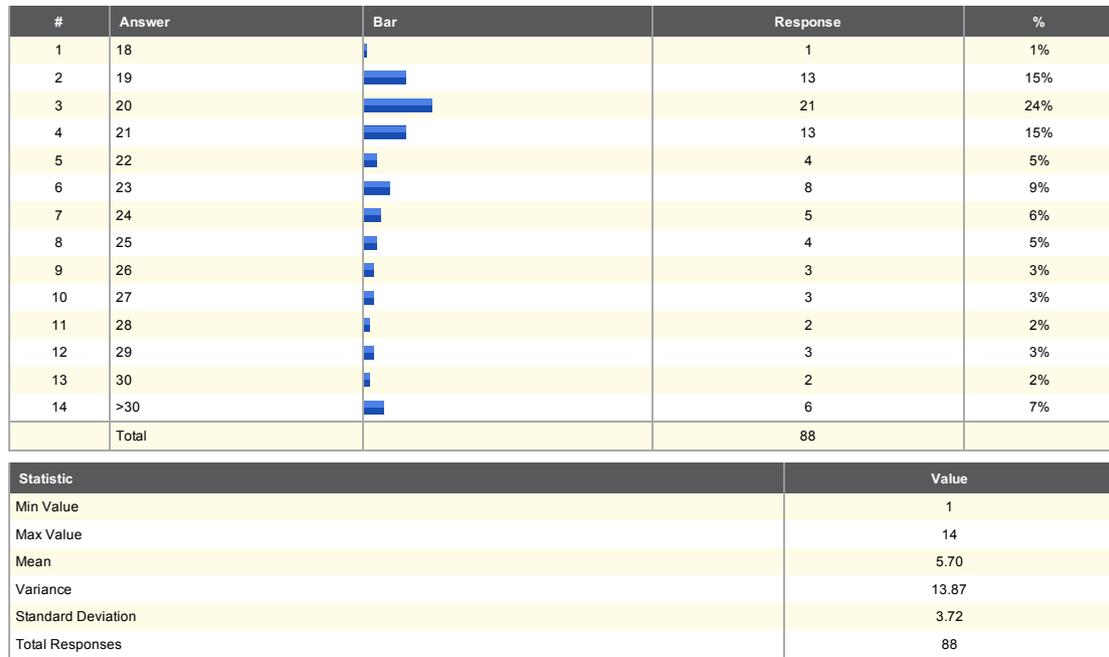


Figura 4.2 Resultado de la variable EVE1.1: Edad

EVE1.2: Gender

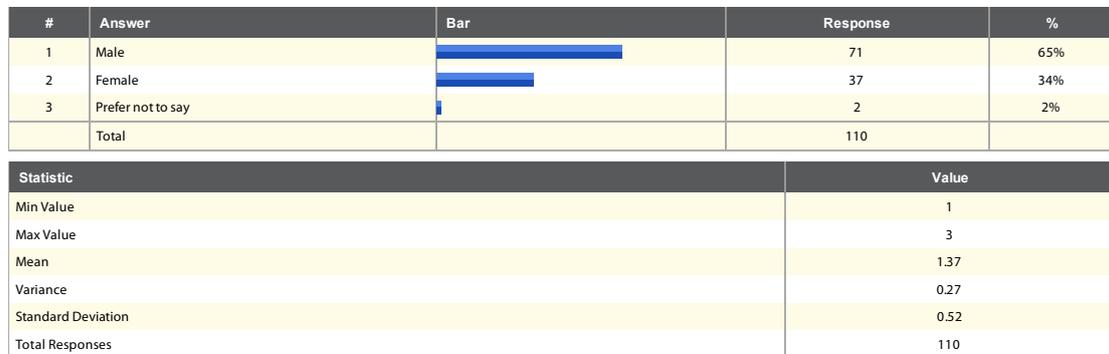


Figura 4.3 Resultado de la variable EVE1.2: Género

EVP1.1: University

#	Answer	Bar	Response	%
1	Charles University in Prague		4	4%
2	Czech University of Life Sciences Prague		0	0%
3	Saint Louis University - Madrid Campus		5	4%
4	Saint Louis University - Saint Louis Campus		15	13%
14	University of Colorado Boulder		0	0%
15	Other (please indicate)		8	7%
16	UNED		2	2%
17	Universidad de Alcalá		34	30%
18	Universidad Autónoma de Madrid		0	0%
19	Universidad Carlos III de Madrid		0	0%
20	Universidad Complutense de Madrid		2	2%
21	Universidad Miguel Hernández de Elche		14	13%
22	Universidad Rey Juan Carlos		21	19%
23	Universidad Politécnica de Madrid		7	6%
24	Universidad de Sevilla		0	0%
	Total		112	

Other (please indicate)	
Universidad de Córdoba	
Universidad Internacional de la Rioja UNIR	
Universidad Politécnica de Valencia	
Lafayette College	
Lafayette College	
Lafayette College	
Universidad de Deusto	
Universidad de Deusto	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	23
Mean	15.77
Variance	48.85
Standard Deviation	6.99
Total Responses	112

Figura 4.4 Resultado de la variable EVP1.1: Universidad

A continuación, se analizan los resultados obtenidos de la variable **EVP1.2: Especialidad**. La [Figura 4.5](#) muestra los resultados obtenidos de esta variable. La mayoría de estudiantes cursan la especialidad de Ingeniería de Telecomunicación (23%), seguida de Ingeniería Mecánica (22%). En el apartado “Otros”, es de resaltar la especialidad de Ingeniería de Materiales, inicialmente no contemplada, y cursada por hasta 7 estudiantes que contestaron al cuestionario.

EVP1.2: Major

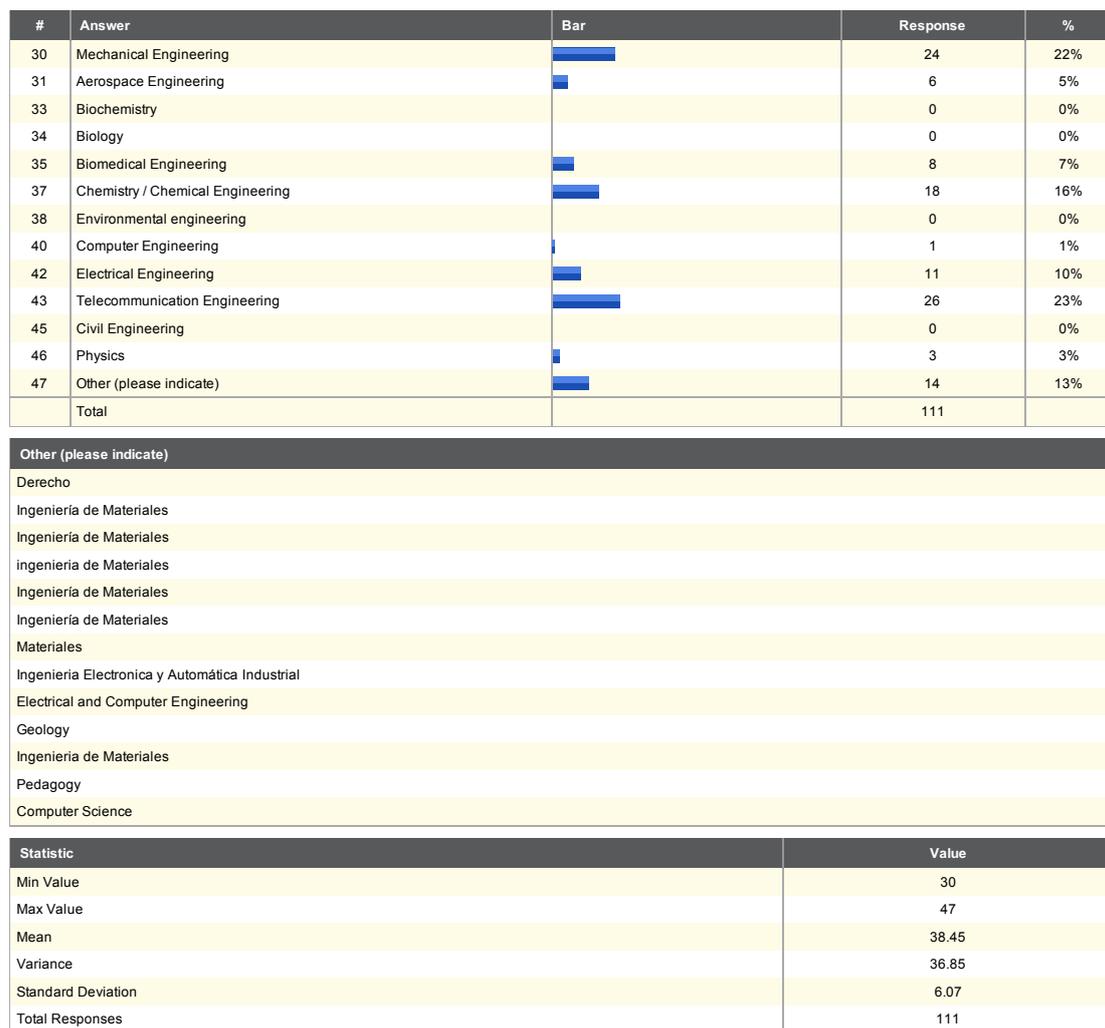


Figura 4.5 Resultado de la variable EVP1.2: Especialidad

Como indica el análisis de la variable **EVP1.3: Curso**, mostrada en la [Figura 4.6](#), el curso más frecuente donde los estudiantes encuestados se encuentran matriculados es 3^o (47%), seguido por 2^o (26%) y 4^o (23%). Esto era de prever, a tenor de los resultados de la variable **EVE1.1:Edad** descrita en la [Figura 4.2](#).

EVP1.3: Current year

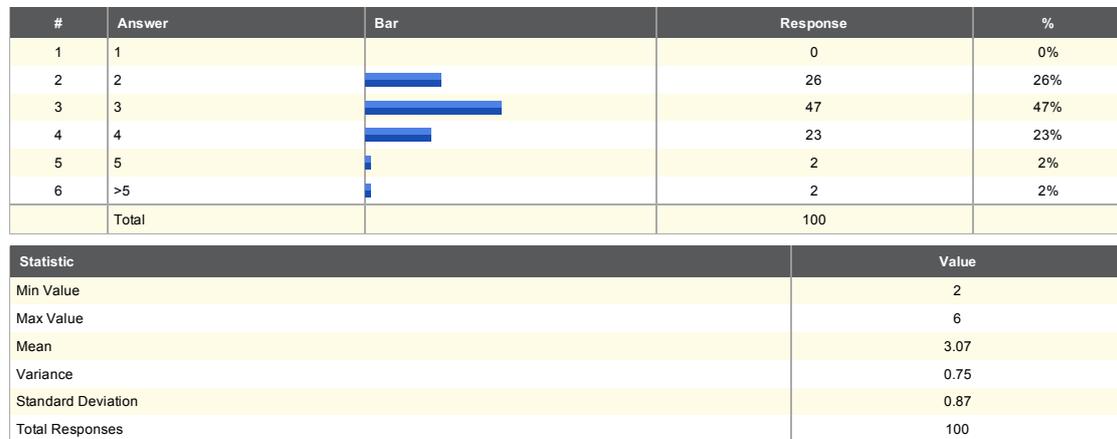


Figura 4.6 Resultado de la variable EVP1.3: Curso

Respecto a los resultados de la variable EVE1.3: ¿Trabaja?, la mayoría de los estudiantes encuestados se dedican únicamente a estudiar (75 %), mientras que el resto (25 %) estudian y trabajan al mismo tiempo, tal y como indica la [Figura 4.7](#). Cuando se realiza un análisis más en detalle, mediante la variable EVE1.4: **Ocupación principal**, los resultados son algo más reveladores; ahora, el 56 % se definen como estudiantes a tiempo completo, mientras que el 18 % son estudiantes que a la vez están buscando un empleo.

En cuanto a la variable EVP1.4: **Estudios previos** mostrada en la [Figura 4.8](#), la gran mayoría de los estudiantes encuestados (76 %) habían terminado la enseñanza secundaria, y estaban por tanto cursando su primera carrera universitaria. El segundo grupo más numeroso (16 %) tenían ya el grado de diplomado/graduado, y estaban realizando la licenciatura/máster de la especialidad correspondiente. Un pequeño porcentaje de estudiantes participantes (6 %) poseen ya el grado de licenciado/máster, y estaban cursando el doctorado, en el momento en que contestaron a este cuestionario. También, resulta llamativo que, en la encuesta, han participado 3 estudiantes que aún están cursando el bachillerato. Posiblemente, estos estudiantes fueron derivados por otros estudiantes universitarios (amigos, familiares).

EVE1.3: Do you have some kind of gainful employment?

#	Answer	Bar	Response	%
1	Yes		27	25%
2	No		81	75%
	Total		108	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	2
Mean	1.75
Variance	0.19
Standard Deviation	0.44
Total Responses	108

EVE1.4: Main occupation

#	Answer	Bar	Response	%
1	Student		60	56%
2	Student and seeking employment		19	18%
3	Student and working temporarily		16	15%
4	Student and holding a permanent job		7	6%
5	Retired student		3	3%
6	Other (specify)		3	3%
	Total		108	

Other (specify)	Value
Desempleado	
Recién titulado	
Trabajador	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	6
Mean	1.92
Variance	1.67
Standard Deviation	1.29
Total Responses	108

Figura 4.7 Resultado de las variables EVE1.3: ¿Trabaja? y EVE1.4: Ocupación principal

EVP1.4: Previous studies (please indicate the highest degree achieved)

#	Answer	Bar	Response	%
1	Middle School		3	3%
2	High School		81	76%
3	Undergraduate		16	15%
4	Master's Degree		6	6%
5	PhD		0	0%
	Total		106	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	4
Mean	2.24
Variance	0.35
Standard Deviation	0.59
Total Responses	106

Figura 4.8 Resultado de la variable EVP1.4: Estudios previos

4.2.1.2. Análisis descriptivo de las variables del bloque 2 del cuestionario de estudiantes

Tras el análisis de los resultados obtenidos en las variables contenidas en primer bloque del cuestionario de requisitos de estudiantes, se analizan ahora las variables contenidas en el BLOQUE 2: PREGUNTAS GENERALES SOBRE ENSEÑANZA VIRTUAL.

Como ya se comentó en la [Sección 3.2.6.3](#), este bloque pretende conocer la cultura existente entre los estudiantes encuestados, acerca del uso de recursos didácticos digitales en la enseñanza universitaria.

Una de las cuestiones clave de este bloque se refleja en las variables EVE2.1: ¿Tiene conexión a internet en casa? y EVE2.2: Si es así, ¿qué tipo de conexión tiene? La disponibilidad de una conexión a internet desde casa, a ser posible de calidad, es vital para garantizar el éxito de la plataforma VRL objeto de este trabajo, siempre con la visión de servir como complemento a la experimentación en el laboratorio presencial, en asignaturas prácticas de ciencias e ingeniería.

EVE2.1: Do you have internet connection at home?

#	Answer	Bar	Response	%
1	Yes		104	97%
2	No		3	3%
	Total		107	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	2
Mean	1.03
Variance	0.03
Standard Deviation	0.17
Total Responses	107

EVE2.2: If so, what type of connection do you have?

#	Answer	Bar	Response	%
1	Optical Fiber (80 MB or higher)		27	26%
2	Wide band (up to 20 MB)		42	41%
3	Ordinary (up to 6 Mb)		17	17%
4	Do not know		16	16%
	Total		102	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	4
Mean	2.22
Variance	1.02
Standard Deviation	1.01
Total Responses	102

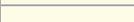
Figura 4.9 Resultado de las variables EVE2.1: ¿Tiene conexión a internet en casa? y EVE2.2: Si es así, ¿qué tipo de conexión tiene?

En este sentido, y como puede comprobarse en los resultados mostrados en la [Figura 4.9](#), la inmensa mayoría de los estudiantes encuestados (97 %) disponen de internet en su domicilio. De estos, un elevado porcentaje (41 %) tienen un ancho de banda de conexión de 20 MB, incluso el 26 % afirma disponer de fibra óptica (> 80 MB), lo que allana el camino para aplicaciones/servicios que requieran gran ancho de banda (*e.g.* simulaciones complejas, *video-streaming*, etc.).

Destaca el hecho de que el 16 % de los encuestados no conocen el tipo de conexión a internet que tienen en su domicilio, lo que puede deberse a que, o bien aún viven en casa de sus padres (y son éstos los que contratan la conexión), o bien se alojan en residencias universitarias o pisos de alquiler, donde la conexión es gestionada por la dirección de la institución o el dueño de la vivienda, respectivamente.

La siguiente variable analizada es **EVP2.1: N° asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital**, cuyos resultados se muestran en la [Figura 4.10](#). Hoy día, en la enseñanza universitaria de especialidades científico-técnicas, es raro no utilizar algún tipo de plataforma digital, como apoyo a la docencia presencial (*e.g.* BLACKBOARD[®], MOODLE, etc.).

EVP2.1: During the past 12 months, how many face-to-face taught courses have you attended, using any kind of digital platform (e.g. blackboard, moodle, etc.)?

#	Answer	Bar	Response	%
1	0		21	21%
2	1		7	7%
3	2 - 3		16	16%
4	4 - 5		9	9%
5	> 5		48	48%
	Total		101	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	5
Mean	3.55
Variance	2.61
Standard Deviation	1.62
Total Responses	101

Figura 4.10 Resultado de la variable EVP2.1: N° asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital

Como puede observarse, la mayoría de los estudiantes suelen tener más de 5 asignaturas anuales. Esto no es muy sorprendente, especialmente con los nuevos planes de estudio, que incluyen asignaturas semestrales, en lugar de las tradicionales asignaturas anuales, como ocurría en los planes antiguos.

El número de estudiantes que declaran no haber cursado ninguna asignatura (21 %) corresponde a antiguos estudiantes recién titulados, a los que este investigador

ha impartido clases durante los últimos años, y que han participado voluntariamente en la cumplimentación de este cuestionario, aportando su opinión y experiencia como estudiante reciente.

Por su parte, el análisis de los resultados de la variable complementaria **EVP3.1: Nº asignaturas/cursos totalmente virtuales** se indica en la [Figura 4.11](#). La mayoría de los estudiantes encuestados (75 %) no cursaron ningún curso totalmente virtual en los últimos 12 meses. Los motivos para ello se recoge en la gráfica inferior de la [Figura 4.11](#), donde se representan los valores de las variables **EVP3.3.1** a **EPVP3.3.5**, descritas en la [Página 54](#), y englobadas todas ellas bajo la variable **EVP3.3: Razones por las que no ha realizado ningún curso virtual**.

Como puede observarse, la principal razón aportada por los encuestados se refleja en la variable **EVP3.3.1: Mi plan de estudios no contemplan la realización de asignaturas no presenciales**, la cual obtuvo 66 respuestas, con un valor medio de 4,68 puntos en la escala de Likert, que recordemos era de 1 a 6 puntos. La siguiente razón, con 52 respuestas y una puntuación media de 3,79 puntos, fue la variable **EVP3.3.4: No creo en la enseñanza totalmente no presencial. Necesito la interacción en clase con el profesor y/o con el resto de compañeros**.

En el apartado **EVP3.3.5: Otras razones**, se obtuvieron las siguientes respuestas:

- Cursé el sistema docente antiguo. Valoro mucho los cursos virtuales y pienso que los laboratorios virtuales serían un avance.
- No conozco ningún curso virtual, y no me gusta la idea de los mismos.

Respecto a la variable **EVP3.2: Plataforma digital que alojaba la(s) asignatura(s) presencial(es)/virtual(es)**, la [Figura 4.12](#) muestra los resultados obtenidos. La mayoría de los estudiantes utilizan la plataforma digital de enseñanza proporcionada por su universidad, sin preocuparse del tipo de sistema de que se trate (48 %). Es reseñable que un 33 % de los estudiantes encuestados indican haber realizado algún curso a través de **miriada X**, que como se sabe, es un portal muy popular para **MOOCs**. Este dato, sugiere que empieza a surgir cierta cultura entre los estudiantes, sobre este nuevo paradigma de la enseñanza mundial que constituyen los **MOOCs**.

EVP3.1: In the last 12 months, how many fully-virtual courses have you taken (ie, e-learning, completely online, no physical attendance required, etc.), through some digital platform?

#	Answer	Bar	Response	%
1	0		68	75%
2	1		10	11%
3	2 - 3		11	12%
4	4 - 5		0	0%
5	> 5		2	2%
Total			91	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	5
Mean	1.44
Variance	0.76
Standard Deviation	0.87
Total Responses	91

EVP3.3: Rate the reasons why you have not taken a fully-virtual course in the last 12 months. You can add other reasons, if desired

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	My curriculum does not address the performance of fully-virtual courses	1.00	6.00	4.68	1.81	66
2	Although there are fully-virtual courses in my curriculum, I chose to take the equivalent, face-to-face course	0.00	6.00	3.00	2.27	47
3	No time for on-line courses, in addition to my current academic / professional obligations	1.00	6.00	3.57	2.00	49
4	Do not believe in fully-virtual teaching. I need class interaction with the teacher and / or other colleagues	1.00	6.00	3.79	2.06	52
5	Other reasons (please indicate)	4.00	6.00	5.25	0.96	4

Figura 4.11 Resultado de las variables EVP3.1: N° asignaturas totalmente virtuales y EVP3.3: Razones por las que no ha realizado ningún curso virtual

EVP3.2: Indicate which of the following platforms hosted the course(s) mentioned above

#	Answer	Bar	Response	%
1	University website		10	48%
2	Coursera		2	10%
3	Udacity		0	0%
4	EdX		4	19%
5	Khan Academy		0	0%
6	Miriadax		7	33%
7	UNED COMA		1	5%
8	Others (please indicate)		3	14%

Others (please indicate)	
Waubonsee Community College	
MOODLE	
fpmt.org	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	8
Total Responses	21

Figura 4.12 Resultado de la variable EVP3.2: Plataforma digital utilizada

Se muestran a continuación las cuestiones relativas al uso de la plataforma digital. La primera variable estudiada es **EVP4.1: N° horas semanales usando la plataforma digital**, cuyos resultados se muestran en la [Figura 4.13](#). La opción más frecuente (56 %) es la que dedica entre 1 - 6 horas semanales a conectarse a la plataforma. Esto confirma el hecho de que predominan las asignaturas presenciales entre los estudiantes encuestados, siendo la plataforma digital un recurso de apoyo a la docencia (seguramente para descargar el temario, subir tareas de evaluación, etc.).

EVP4.1: How many time per week have you devoted to remotely connect to the portal?

#	Answer	Bar	Response	%
1	1 - 6 h		42	56%
2	6 - 12 h		21	28%
3	12 - 18 h		7	9%
4	> 18 h		5	7%
	Total		75	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	4
Mean	1.67
Variance	0.82
Standard Deviation	0.91
Total Responses	75

Figura 4.13 Resultado de la variable EVP4.1: N° horas semanales usando la plataforma digital

Respecto a la variable **EVP4.2: Ubicación preferente de conexión a la plataforma**, los resultados se muestran en la [Figura 4.14](#). La mayoría de estudiantes prefieren conectarse desde casa a la plataforma digital (5,36 puntos). Es interesante analizar también el apartado “**Otros**”, que obtuvo la segunda mayor puntuación (4,00 puntos), y que arrojó los siguientes resultados:

- Desde el móvil
- Desde la tableta
- Desde otra universidad

EVP4.2: Rate your preferred location from which to connect to the portal

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	From home	2.00	6.00	5.36	0.95	75
2	From university facilities	0.00	6.00	3.40	1.60	70
3	From workplace outside university	0.00	6.00	2.65	1.76	52
4	Other (please enter)	2.00	6.00	4.00	1.49	10

Figura 4.14 Resultado de la variable EVP4.2: Ubicación preferente de conexión a la plataforma

En la época actual, parece claro que los estudiantes no necesitan estar ligados a un sitio fijo para conectarse a la red. Este modelo de *conectividad ubicua*, utilizando teléfono móvil o tableta, lo trasladan también al ámbito académico, por lo que conviene tenerlo en cuenta, de cara a diseñar contenidos que puedan visualizarse adecuadamente en dispositivos móviles, como se describirá en el [Capítulo 6](#).

En cuanto a los resultados obtenidos sobre la variable **EVP4.3: Horario preferente de conexión a la plataforma**, como puede observarse en la [Figura 4.15](#), la mayoría de los estudiantes encuestados utilizan la plataforma digital preferentemente en la franja 18.00h - 20.00h (4,49 puntos), seguida de la franja a partir de las 20.00h (3,97 puntos). Esta información es muy relevante, de cara al diseño de la plataforma digital, la cual debe ser lo más robusta posible, para intentar asegurar su buen funcionamiento en estos horarios de máxima actividad. Asimismo, las inevitables labores de mantenimiento, a las que cualquier sistema **TIC** nunca es ajeno, deberán planificarse fuera de estos horarios vespertinos de utilización preferente por parte de los estudiantes.

EVP4.3: Rate the prime time of connection to the portal

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	From 8.00h to 14.00h	1.00	6.00	3.68	1.68	66
2	From 14.00h to 18.00h	0.00	6.00	3.21	1.59	67
3	From 18.00h to 20.00h	1.00	6.00	4.49	1.30	69
4	After 20.00h	1.00	6.00	3.97	1.59	67

Figura 4.15 Resultado de la variable EVP4.3: Horario preferente de conexión a la plataforma

Como resumen del análisis de la enseñanza presencial, los estudiantes han otorgado una puntuación promedio de 4,26 puntos a la variable **EVS1.1: Grado de satisfacción de asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital**. Este valor indica que, en general, los estudiantes están bastante satisfechos con la calidad de enseñanza presencial que reciben, apoyada mediante recursos digitales adicionales.

EVS1.1: Rate your overall satisfaction with the face-to-face taught course(s) you attended in the last 12 months, supported by a digital platform

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	Rate of satisfaction with face-to-face taught courses supported by digital platform	0.00	6.00	4.26	1.22	74

Figura 4.16 Resultado de la variable EVS1.1: Grado de satisfacción de asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital

Incidiendo ahora en los cursos totalmente virtuales, se analiza a continuación la variable **EVS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es)**.

La [Figura 4.17](#) muestra los resultados obtenidos sobre esta variable. La razón mejor valorada por los estudiantes que respondieron al cuestionario, es la **flexibilidad de horario para poder seguir la asignatura al ritmo deseado** (5,05 puntos), seguida de la **actitud del profesor/coordinador del curso virtual** (5,00 puntos). Analizando este último resultado, parece claro que la actitud del profesorado sigue siendo clave, de cara al éxito y satisfacción del alumnado, independientemente de que se trate de enseñanza presencial o a distancia.

OXÚGENO Think about the fully-virtual course that gave you the highest satisfaction (if you only took 1 course, please base your responses on it). Rate each of the following aspects. If desired, you can add other positive aspects

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	Subject area	2.00	6.00	4.74	1.05	19
2	Format and course presentation	3.00	6.00	4.58	1.02	19
3	Mandatory activities	2.00	6.00	4.05	1.28	20
4	Voluntary activities	1.00	6.00	3.55	1.64	20
6	Attitude of the teacher / course coordinator	2.00	6.00	5.00	1.19	18
7	Participation of peers	1.00	6.00	3.68	1.25	19
8	Other aspects (please indicate)	0.00	6.00	2.60	2.41	5
9	Flexibility of schedule to follow the course at my own pace	2.00	6.00	5.05	1.36	20

Figura 4.17 Resultado de la variable EVS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es)

En el apartado “Otros aspectos”, se ha realizado la siguiente sugerencia por parte de uno de los encuestados:

- Incluir subtítulos en inglés en los materiales audio-visuales subidos a la plataforma digital en cuestión.

Este comentario demuestra interés por la *dimensión socio-comunicativa* del modelo didáctico planteado, y en particular, por la competencia lingüística.

Por contra, los resultados de la variable **EVS2.2: Razones de menor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es)** se muestran en la [Figura 4.18](#). En este caso, no hay ninguna razón que destaque poderosamente frente al resto; la razón más puntuada fue **el curso fue demasiado corto, no permitiendo profundizar en detalle en algunos aspectos** (3,65 puntos), seguida de **el curso no respondió a las expectativas que tenía** (3,45 puntos).

Como resumen de la opinión de la enseñanza totalmente virtual, los resultados obtenidos en la variable **EVS2.3: Grado de satisfacción de asignaturas totalmente virtuales**, mostrados en la [Figura 4.19](#), arrojan una puntuación de 3,12 puntos, sensiblemente inferior a los 4,26 puntos alcanzados por la variable equivalente en enseñanza presencial, tal y como se indicaba en la [Figura 4.16](#).

EVS2.2: Think about the fully-virtual course that gave you the least satisfaction (if you only took 1 course, please base your responses on it). Rate each of the following aspects. You can add more negative aspects, if desired

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	The course content did not respond to the expectations I had	1.00	6.00	3.45	1.61	20
2	The format and presentation of the course was not attractive	1.00	6.00	3.00	1.59	20
3	Delivery dates for submission of assignments and / or completion of modules were too short, and prevented to suitably complete the course	1.00	6.00	3.26	1.48	19
4	The course was too short, not allowing to go in detail into some contents	1.00	6.00	3.65	1.53	20
5	The course was too long. The same contents could have been delivered in less time	1.00	6.00	3.00	1.73	19
6	The platform tools (forums, email, etc.) do not allow complete solving of doubts by teachers and/or peers	1.00	6.00	3.16	1.61	19
7	I miss face communication with the teacher	1.00	5.00	2.95	1.35	19
8	I miss the personal interaction with peers	1.00	6.00	3.21	1.51	19
9	The platform was very slow, often the connection was lost, etc.	1.00	6.00	2.95	1.76	20
10	Other aspects (please indicate)	1.00	5.00	3.40	1.52	5

Figura 4.18 Resultado de la variable EVS2.2: Razones de menor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es)

EVS2.3: Rate your overall satisfaction with the fully-virtual course(s) (ie, e-learning, completely online, no physical attendance required, etc.) you have taken in the last 12 months

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	Rate of satisfaction with fully-virtual courses	0.00	6.00	3.12	1.79	59

Figura 4.19 Resultado de la variable EVS2.3: Grado de satisfacción con asignaturas totalmente virtuales

4.2.1.3. Análisis descriptivo de las variables del bloque 3 del cuestionario de estudiantes

Terminamos el estudio descriptivo de las variables individuales del cuestionario de estudiantes, analizando los resultados obtenidos sobre las variables del BLOQUE 3: PREGUNTAS ESPECÍFICAS Y CULTURA COLABORATIVA, tal y como se describió en la [Sección 3.2.6.4](#).

Recordemos de nuevo el propósito de este bloque de preguntas del cuestionario, que no es otro sino averiguar el grado de interés de los encuestados, acerca de la realización de prácticas virtuales remotas, como complemento a los laboratorios presenciales. Además, este bloque también intenta recopilar información sobre las herramientas y funcionalidades deseables para la plataforma virtual que aloje dichas prácticas, así como el grado de *cultura colaborativa* existente entre el alumnado, al ser el aprendizaje colaborativo uno de los paradigmas que han guiado la concepción de la plataforma OPTILAB desde el inicio.

Como punto de partida, el bloque comienza con la siguiente sentencia, dirigida al encuestado: “Piense en una asignatura de las que curse, que contenga prácticas de

laboratorio. Si no tiene ninguna, piense en alguna asignatura/carrera que requiera de algún tipo de práctica experimental”.

La primera de las variables incluidas en este bloque es EVS3.2: ¿La asignatura en cuestión permite algún tipo de experimentación virtual y/o remota (*i.e.* simulaciones en línea, gestión remota de instrumentos, etc.)?. Los resultados obtenidos se muestran en la [Figura 4.20](#). Sorprendentemente, los resultados son bastante parejos (54 % No frente a un 46 % Sí), lo que indica que, cada vez más, los estudiantes se encuentran con prácticas virtuales/remotas en sus estudios, incluso siendo estudiantes de universidades presenciales.

EVS3.2: Does the course currently allow carrying out virtual and / or remote experiments in any way? (ie on-line simulations, remote management of instruments, etc.)

#	Answer	Bar	Response	%
1	Yes		40	46%
2	No		47	54%
	Total		87	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	2
Mean	1.54
Variance	0.25
Standard Deviation	0.50
Total Responses	87

Figura 4.20 Resultado de la variable EVS3.2: ¿La asignatura permite algún tipo de experimentación virtual y/o remota?

La siguiente variable, relacionada con la anterior, es EVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia, como apoyo a la enseñanza presencial en el laboratorio?. Los resultados obtenidos para esta variable, mostrados en la [Figura 4.21](#), indican que la gran mayoría de estudiantes encuestados (77 %) están a favor de la inclusión de una plataforma virtual de apoyo a sus estudios. A tenor de estos resultados, parece que **el modelo de enseñanza semi-presencial, o *blended-learning*, no es algo que incomode especialmente a los estudiantes**, sino más bien lo contrario.

A continuación, se muestra el listado completo (por orden de recepción) de razones esgrimidas por los estudiantes que contestaron **Sí** a la utilización de una plataforma **VRL**, como apoyo a la enseñanza presencial en el laboratorio. Como se puede comprobar, muchas de las razones aportadas coinciden entre si, respecto al mensaje que quieren transmitir:

- Por comodidad para gente que trabaja.

VS3.3: In your view, should a virtual remote platform be used in support of classroom teaching in the laboratory?

#	Answer	Bar	Response	%
1	Yes		67	77%
2	No		20	23%
	Total		87	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	2
Mean	1.23
Variance	0.18
Standard Deviation	0.42
Total Responses	87

Figura 4.21 Resultado de la variable EVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia, como apoyo a la enseñanza presencial en el laboratorio?

- Para que el alumno conozca mejor sus avances.
- Para preparar las prácticas del laboratorio, y para afianzar los conocimientos teóricos y aplicarlos en cualquier momento (día, hora ...).
- Por coincidencia de horarios, por menor gasto, y porque pueden existir partes que sea más interesante de aprender de forma autodidacta. Pero “socializar” y estar en contacto directo con profesores y compañeros, enriquece mucho más.
- Porque el alumno podría realizar las prácticas del laboratorio, sin tener que esperar. De igual forma, si durante las horas del laboratorio no da tiempo a realizarlas por cualquier circunstancia, las puedes terminar en casa.
- Mayor aprendizaje y posibilidades para todos.
- En el laboratorio, muchas veces no da tiempo a probar o verificar todo lo visto en teoría.
- Para resolver dudas, a la hora de estudiar en casa.
- Supone una herramienta básica que posibilita el estudio, que de otra forma no sería posible realizar.
- Ahorra horas presenciales, además de que es una herramienta muy potente, para poner en contacto personas que se encuentran muy alejadas entre si.

- Porque es una forma de experimentación paralela al desarrollo de los cursos presenciales, donde no suele dar tiempo a utilizar los recursos del laboratorio.
- Para aprender a utilizar las nuevas tecnologías.
- Apoyo y fortalecimiento de conocimientos aprendidos en clase.
- Ahorraría tiempo en las explicaciones teóricas, y el laboratorio se usaría solo para las prácticas, pudiendo así usarse con más grupos.
- Para comprobar si se comprenden los conceptos.
- Para hacer las prácticas de laboratorio, o simplemente para añadir información relevante.
- Facilidad de seguir cada persona su propio ritmo. Las prácticas se suelen hacer muy deprisa, por lo solicitados que están los laboratorios. Es un complemento útil para la enseñanza.
- Para que el aprendizaje sea mas correcto, y se puedan realizar experimentos desde cualquier sitio.
- Para tener acceso a más prácticas, y a más instrumentos.
- Corregir errores practicando con el *software* desde casa en tiempo real.
- Porque es una forma de reforzar lo que estás aprendiendo.
- Para reforzar conocimientos, o por si no se entiende bien durante la sesión de laboratorio.
- Para que el estudiante tenga una herramienta más para mejorar su aprendizaje.
- Porque en casa se puede ir al ritmo que uno quiera, si eres avanzado puedes ir mas rápido y no hace falta esperar a los demás; por el contrario, si no puedes seguir el ritmo de la clase presencial, puedes dedicarle más tiempo en casa, sin molestar a los compañeros.
- Es una herramienta más de apoyo a la enseñanza.
- Para entender mejor el fundamento de las practicas, al poder hacerlas más tranquilamente.
- Por que es una buena manera de ser autosuficientes, y poder realizar trabajos fuera de nuestro centro de enseñanza.

- Facilitaría mucho al alumnado la realización de prácticas de laboratorio, y en un momento dado se puede repetir algunas medidas, para verificar que han sido hechas correctamente. Al tener solo unas horas determinadas en laboratorios y haber mucha gente para pocos instrumentos, la realización de dichas prácticas se hace inviable, además de ser una carga tanto para el profesor como para el alumno.
- Rápido y sencillo. A la par que automatizado.
- Porque normalmente “estamos perdidos”, a la hora de empezar las prácticas.
- Para reforzar el aprendizaje.
- Para afianzar los conocimientos.
- Como apoyo es importante, en cuanto a documentación o entrega de prácticas mediante una plataforma virtual.
- Mejor visualización y trabajo a mi propio ritmo.
- Proporciona otra perspectiva.
- En el mundo real, necesitaremos conocer cómo realizar simulaciones virtuales.
- En caso de perder una sesión de laboratorio, la realización de la práctica de forma remota sería muy conveniente, para el estudiante y para el profesor.
- Facilidad y conveniencia.
- Para complementar el poco tiempo de laboratorio que hay.
- Nos facilitaría las cosas.
- Sería conveniente.
- Facilita conocer cómo usar un procedimiento o herramientas de laboratorio.
- Porque complementa el trabajo, y lo extiende en el tiempo.
- Aumenta los medios mediante los cuales los estudiantes aprenden.

Por su parte, los estudiantes que optaron por responder **No** a la utilización de una plataforma **VRL**, como apoyo a la enseñanza en el laboratorio presencial, argumentaron las siguientes razones para justificar su decisión:

- Porque estoy matriculado en una universidad presencial, para ir a clase y tener un profesor dedicado al que pago. Si quisiera una plataforma virtual, me matricularía en una titulación *on-line*
- Como apoyo no habría ningún problema, pero tarde o temprano, acabaría suplantando el propio laboratorio real, por motivos económicos.
- Una plataforma virtual viene muy bien para estar al día. Pero en una carrera práctica como una ingeniería, es fundamental la asistencia a un laboratorio, porque es como mejor se aprende.
- Siempre el contacto humano es infinitamente mejor al virtual.
- Porque en mi opinión, la enseñanza presencial en un laboratorio es mucho más productiva que una plataforma virtual.
- Creo que es importante adquirir la practica en el mundo real que proporciona el laboratorio presencial, de cara a un posible futuro trabajo.
- La práctica real es mejor.
- En la interacción huamana, actualmente triunfa la interacción virtual o a larga distancia.³ También los laboratorios deberían ser reales.
- Los laboratorios tienen que hacerse presencialmente. Hacer las cosas en línea no refuerza las habilidades enseñadas en el laboratorio.
- Los estudiantes no obtienen la misma experiencia usando prácticas virtuales, frente a la experiencia adquirida de forma presencial.
- El contacto físico produce un mejor estilo de aprendizaje.
- La experiencia real es importante, cuando se trata de aprender técnicas de laboratorio.
- Pienso que me beneficiaría más un estilo de enseñanza presencial.
- Tener a alguien competente, y que esté físicamente presente para ayudar a los estudiantes en los procedimientos del laboratorio, es mucho mejor que tener que comunicarse a través de internet.

³Se entiende que el estudiante no está de acuerdo con este triunfo de “lo virtual” frente a la interacción real humana

- Todo lo que hay que hacer en el curso puede lograrse sin dicha plataforma.

Respecto a la variable EVS3.4: ¿Ha participado en el diseño, prueba y/o validación de cualquier herramienta digital para la realización de prácticas de laboratorio virtuales y/o remotas?, la Figura 4.22 muestra que la gran mayoría de estudiantes encuestados (84 %) no ha participado en tales menesteres, tal y como era de prever; no obstante, sorprende en cierta medida que un 16 % de estudiantes afirme que sí que lo ha hecho.

EVS3.4: Have you ever participated in the design, testing and / or validation of any digital tool that includes conducting virtual and / or remote laboratory practices?

#	Answer	Bar	Response	%
1	Yes		10	16%
2	No		51	84%
	Total		61	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	2
Mean	1.84
Variance	0.14
Standard Deviation	0.37
Total Responses	61

Figura 4.22 Resultado de la variable EVS3.4: Participación en diseño, prueba y/o validación de herramientas digitales para prácticas de VRL

Uno de los aspectos clave de este bloque, y del cuestionario de requisitos en general, lo condensa la variable EVS4.1: ¿Qué contenidos encuentra más interesantes para ser incluidos en la plataforma digital?. La Figura 4.23 muestra los resultados aportados por los estudiantes al respecto. Como puede observarse, existe una preferencia de los estudiante a incluir en la plataforma VRL las simulaciones de los fenómenos bajo estudio (*i.e.* concepto de Laboratorio Virtual, 5,26 puntos), frente al manejo de instrumentos a distancia (Laboratorio Remoto, 4,86 puntos). Este hecho viene confirmado también por varias de las respuestas dadas por los estudiantes partidarios de no utilizar una plataforma VRL, las cuales se han recogido en la Página 88. Los otros contenidos mejor valorados por los estudiantes son la descarga de vídeos con experimentos reales (5,07 puntos), y poder disponer en la plataforma del manual de laboratorio con el que realizar las prácticas presenciales (5,05 puntos).

En el apartado “Otros”, destaca la siguiente aportación:

- Me parecería importante, si contara para nota, que los estudiantes tuvieran un foro por temas/prácticas/ejercicios, donde se pudiera co-

EVS4.1: Which contents would you find more interesting to be included in the digital platform? Rate each of the following contents. You can add other contents not covered if you wish

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	Lab handbook to conduct the real sessions at the classroom laboratory	2.00	6.00	5.05	1.04	59
2	Downloading videos from real experiments	2.00	6.00	5.07	1.08	59
3	Pre-lab questions which serve to introduce the experimental session to be perform in the classroom lab	2.00	6.00	4.38	1.32	56
4	Self-assessment exercises that serve to strengthen knowledge of the classroom practices once carried out	3.00	6.00	4.79	1.09	56
5	Software simulation of the phenomena under study (can be done at any time, before / after the practical session in the classroom lab)	1.00	6.00	5.26	1.21	58
6	Making "live" experiment by managing real instrumentation remotely, and displaying the results on my own computer (requires booking a time slot among those available)	0.00	6.00	4.86	1.57	57
7	Other contents (please indicate)	0.00	6.00	3.22	2.22	9

Figura 4.23 Resultado de la variable EVS4.1: Contenidos a incluir en la plataforma VRL

mentar libremente, pero que siempre fuera obligatorio que cada uno expusiera sus propias ideas, por pequeñas que fueran.

Nuevamente, esta opinión confirma el interés por el *aprendizaje colaborativo*, que pretende incluirse en el diseño de la plataforma OPTILAB, objetivo último de este trabajo.

La siguiente variable analizada es EVS5.1: **Valore las herramientas que considere más útiles de la plataforma virtual**. Como puede observarse en la [Figura 4.24](#), el correo electrónico es la herramienta más valorada por los estudiantes encuestados (4,91 puntos), seguida de los foros de discusión abiertos (4,46 puntos). En el apartado "Otros", se mencionó la siguiente herramienta adicional:

- Video-tutoriales de explicación

Estos resultados indican que los estudiantes tienen interés tanto por herramientas colaborativas, como por las basadas en el aprendizaje autónomo, por lo que ambas metodologías de aprendizaje, deberán coexistir en la futura plataforma OPTILAB.

EVS5.1: Rate what you consider to be the most useful tools of the virtual platform

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	E-mail with the instructor and other students	1.00	6.00	4.91	1.23	56
2	Open forums for discussions, to raise doubts, etc.	1.00	6.00	4.46	1.47	52
3	Chat sessions with the instructor	1.00	6.00	4.24	1.56	50
4	External links to further information	0.00	6.00	4.42	1.35	53
5	Other tools (please indicate)	1.00	6.00	3.00	2.10	6

Figura 4.24 Resultado de la variable EVS5.1: Herramientas más útiles de la plataforma VRL

A continuación, se pregunta al estudiantes sobre diversas herramientas colaborativas. El propósito es averiguar el conocimiento y uso que los encuestados tienen de

dichas herramientas, de nuevo con vistas a conocer el grado de *cultura colaborativa* existente entre los estudiantes.

La primera de las variables es **EVS6.1: Valore las aplicaciones siguientes, en relación con el conocimiento que tenga de las mismas**. Los resultados obtenidos se muestran en la [Figura 4.25](#). Como puede verse, la herramienta **Dropbox** de almacenamiento y compartición de archivos es la más conocida, entre la lista de herramientas sugeridas, alcanzando los 4,89 puntos de media; la segunda herramienta colaborativa más conocida es **Google Drive** (4,46 puntos), la cual tiene una finalidad similar. Ambas herramientas son también las más usadas por los estudiantes, de entre todas las analizadas, como indica la variable **EVS6.2: Valore las aplicaciones siguientes, en relación con el uso que tenga de las mismas**, cuyos resultados se muestran en la [Figura 4.26](#).

EVS6.1: Rate the following applications, regarding the knowledge you have of them

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1		1.00	6.00	4.89	1.50	73
2		0.00	6.00	2.74	1.91	61
3		0.00	6.00	2.86	1.97	59
4		1.00	6.00	4.46	1.69	72
5		0.00	6.00	3.55	1.95	64

Figura 4.25 Resultado de la variable EVS6.1: Conocimiento de herramientas colaborativas

La variable **EVS6.3: Valore su presencia en redes sociales** incide nuevamente en otro aspecto colaborativo, esta vez en relación al uso que hacen los estudiantes de los medios de comunicación sociales a su alcance. Como era de esperar, **facebook**[®] ocupa el primer lugar en la lista de redes sociales utilizadas por los estudiantes (4,97 puntos), seguida de **twitter** (3,92 puntos) e *Instagram* (3,26 puntos).

Por último, respecto a la variable **EVS6.4: ¿Escribe en algún blog? Si es así, indíquelo**, se recopilaron las siguientes respuestas positivas:

- <http://www.lavozdelaciencia.com>
- <http://otrosviviente.blogspot.com>

EVS6.2: Rate the following applications, regarding the use you make of them

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1		0.00	6.00	4.37	1.83	70
2		0.00	6.00	1.96	1.66	56
3		0.00	6.00	2.09	1.86	53
4		1.00	6.00	3.86	1.99	71
5		0.00	6.00	2.68	1.80	59

Figura 4.26 Resultado de la variable EVS6.2: Uso de herramientas colaborativas

EVS6.3: Please indicate which of the following social networks you participate in (if you do not know it, do not check it)

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1		1.00	7.00	4.97	2.17	74
2		0.00	7.00	3.92	2.32	64
3		0.00	7.00	1.77	1.60	56
4		0.00	7.00	2.41	1.72	61
5		0.00	7.00	2.74	2.22	53
6		0.00	7.00	3.26	2.42	57

Figura 4.27 Resultado de la variable EVS6.3: Presencia en redes sociales

- <http://ecanntourism.blogspot.com/>
- <http://martas.me>

4.2.2. Análisis descriptivo de los datos de profesores

Una vez analizados los resultados de las variables individuales del cuestionario de requisitos para estudiantes, pasamos a comentar los resultados de las variables equivalentes en el cuestionario de requisitos para profesores, cuya estructura y contenidos vienen descrito en detalle en el [Apéndice C](#).

La principal diferencia entre ambos cuestionarios, es la inclusión en el cuestionario de profesores de preguntas específicas que inciden en el nuevo paradigma de Curso En Línea, Abierto y Masivo (*Massive Open Online Course*) ([MOOC](#)). Tal y como se describió en la [Sección 3.2.6.3](#), los estudiantes no tienen por qué saber la diferencia entre un [MOOC](#) (normalmente asociado a cursos complementarios a la enseñanza reglada), y una asignatura virtual que forma parte de una especialidad universitaria concreta.

Como se hizo en el caso del cuestionario de estudiantes, a continuación se presenta el análisis detallado de cada una de las variables del cuestionario de requisitos de profesores, indicando la frecuencia, valores mínimo, máximo y medio, la varianza, desviación típica, y el porcentaje obtenido en las distintas opciones dadas para cada variable.

4.2.2.1. Análisis descriptivo de las variables del bloque 1 del cuestionario de profesores

Comenzamos el estudio de las variables incluidas en el BLOQUE 1: PREGUNTAS SOBRE POBLACIÓN ENCUESTADA del cuestionario de profesores, que recordemos, trata de determinar las variables de identificación del colectivo encuestado (edad, género, universidad, etc.), como describe la [Sección 3.2.6.2](#).

Los resultados de la primera de las variables, **PVE1.1: Edad** se muestran en la [Figura 4.28](#). La mayor frecuencia en la edad de los profesores se concentra en la franja 40 - 50 años (40 %), seguidos de los que tienen entre 50 - 60 años (29 % en ambos casos). Si bien en el cuestionario han participado profesores de otros países, esto no es más que un fiel reflejo de la situación del mercado laboral que actualmente presenta España en general, y la población universitaria española en particular.

La siguiente variable analizada del profesorado encuestado, es **PVE1.2: Género**, cuyos resultados se representan en la [Figura 4.29](#). Como ocurría con los estudiantes, la mayoría de la población docente encuestada es masculina (73 %), superior incluso al caso de los estudiantes (65 % varones en aquel caso). Ahora, la opción “**Prefiero no**

PVE1.1: Please enter your age

#	Answer	Bar	Response	%
2	20 - 30		2	3%
3	30 - 40		14	22%
4	40 - 50		25	40%
5	50 - 60		18	29%
6	> 60		4	6%
	Total		63	

Statistic	Value
Min Value	2
Max Value	6
Mean	4.13
Variance	0.89
Standard Deviation	0.94
Total Responses	63

Figura 4.28 Resultado de la variable PVE1.1: Edad

indicar” ha sido escogida por 3 profesores, representando el 4 % de la población que ha respondido a esta pregunta, frente a los 2 estudiantes que eligieron esta misma opción. En ambos casos, por tanto, el número de encuestados que optaron por no indicar el género, es minoritaria frente a quienes sí que lo hicieron.

PVE1.2: Gender

#	Answer	Bar	Response	%
1	Male		53	73%
2	Female		17	23%
3	Prefer not to say		3	4%
	Total		73	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	3
Mean	1.32
Variance	0.30
Standard Deviation	0.55
Total Responses	73

Figura 4.29 Resultado de la variable PVE1.2: Género

La institución donde trabaja el profesorado consultado viene recogida en la variable PVP1.1: Universidad, cuyos resultados se describen en la [Figura 4.30](#). La institución con más participantes ha sido Saint Louis University (SLU) en su campus principal de St. Louis, Missouri. La [Tabla 4.10](#) recoge la filiación de los participantes que han respondido desde instituciones no contempladas inicialmente.

Institución	País	Respuestas	%
Universitat Politècnica de València	España	3	4%
Universidad de Deusto	España	2	3%
Consejo Superior de Investigaciones Científicas	España	2	3%
Intel Corporation	España	1	1%
Universidad de Barcelona	España	1	1%
Universitat de Girona	España	1	1%
Universidad de Granada	España	1	1%
Universidad Literaria de Valencia	España	1	1%
Universidad de Oviedo	España	1	1%
Duesseldorf University of Applied Sciences	Alemania	1	1%
TU Dortmund University	Alemania	1	1%
Universidad Nacional de Rosario	Argentina	1	1%
University of South Australia	Australia	1	1%
Lafayette College	Estados Unidos	1	1%
LASEA (Laser Engineering Applications)	Holanda	1	1%
Padova University	Italia	1	1%
Universidad Autonoma de Zacatecas	México	1	1%
Polytechnic of Porto	Portugal	1	1%
Universidade Nova de Lisboa	Portugal	1	1%
École Polytechnique Fédérale de Lausanne	Suiza	1	1%

Tabla 4.10 Profesores procedentes de instituciones no contempladas inicialmente

PVP1.1: University

#	Answer	Bar	Response	%
1	Charles University in Prague	■	5	7%
2	Czech University of Life Sciences Prague		0	0%
3	Saint Louis University - Madrid Campus	■	8	11%
4	Saint Louis University - Saint Louis Campus	■	10	14%
14	University of Colorado Boulder		0	0%
15	Other (please indicate)	■	26	36%
16	UNED	■	6	8%
17	Universidad de Alcalá	■	5	7%
18	Universidad Autónoma de Madrid	■	1	1%
19	Universidad Carlos III de Madrid	■	1	1%
20	Universidad Complutense de Madrid	■	2	3%
21	Universidad Miguel Hernández de Elche	■	3	4%
22	Universidad Rey Juan Carlos	■	1	1%
23	Universidad Politécnica de Madrid	■	3	4%
24	Universidad de Sevilla	■	1	1%
	Total		72	

Figura 4.30 Resultado de la variable PVP1.1: Universidad

Es interesante comprobar que varios de los profesores encuestados realizan su labor docente en instituciones no universitarias (empresas tecnológicas, centros de investigación, etc.), lo que aporta una visión complementaria a la opinión que pueden tener los profesores universitarios.

PVP1.2: Major(s) where you teach

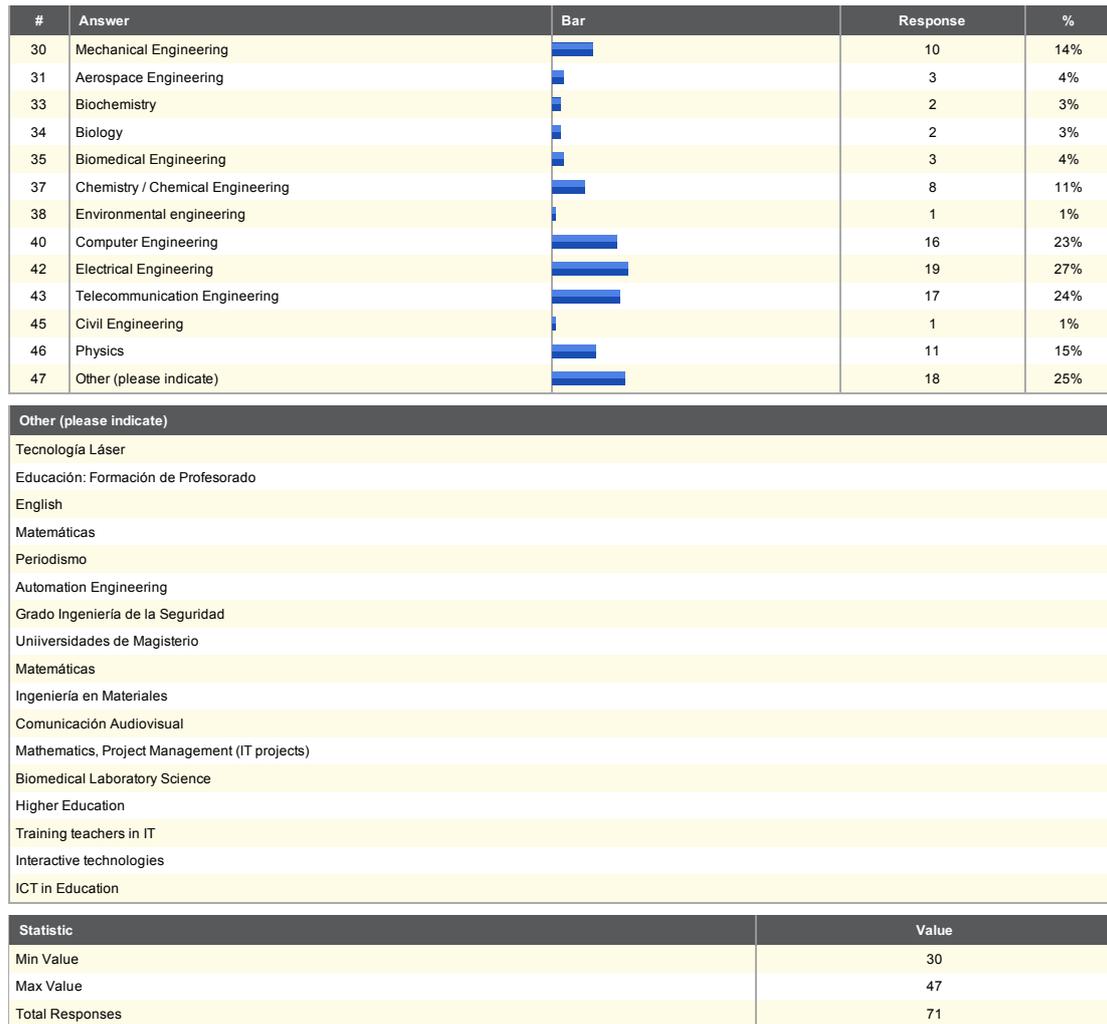


Figura 4.31 Resultado de la variable PVP1.2: Especialidad (donde imparte docencia)

Respecto a la variable PVP1.2: Especialidad (donde imparte docencia), los resultados obtenidos se muestran en la Figura 4.31. Las carreras más frecuentes donde imparten docencia los profesores encuestados son las especialidades de Ingeniería Eléctrica/Electrónica (27%), Telecomunicación (24%) e Ingeniería Informática (23%). En el apartado “Otros”, destacan las especialidades relacionadas con Educación (7%) y Matemáticas (6%), lo que, nuevamente, da una perspectiva más amplia que las aportaciones realizadas por los profesores de ciencias experimenta-

les e ingenierías, destinatarios en primera instancia de este cuestionario de requisitos.

En cuanto al análisis de la variable **PVP1.3: Curso donde imparte docencia**, la [Figura 4.32](#) muestra los resultados obtenidos. La frecuencia mayor sucede para docencia superior al 5º curso, es decir, doctorado (47%), seguida del 3º curso (38%).

PVP1.3: Year(s) where you teach

#	Answer	Bar	Response	%
1	1		12	18%
2	2		16	24%
3	3		25	38%
4	4		14	21%
5	5		8	12%
6	> 5		31	47%

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	6
Total Responses	66

Figura 4.32 Resultado de la variable PVP1.3: Curso donde imparte docencia

PVE1.4: Main occupation

#	Answer	Bar	Response	%
1	Full-time faculty		45	65%
2	Part-time faculty + job position outside the Academia		14	20%
6	Other (specify)		10	14%
	Total		69	

Other (specify)	
Investigador	
inovacion	
Seminarios y workshops	
Adjunct	
Student and Department Research Technician	
Adjunct	
Profesor invitado como especialista	
Part-time faculty, part-time - primary school	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	6
Mean	1.93
Variance	3.01
Standard Deviation	1.73
Total Responses	69

Figura 4.33 Resultado de la variable PVE1.4: Ocupación principal

El tipo de dedicación docente se mide en la variable **PVE1.4: Ocupación principal**, cuyos resultados se muestran en la [Figura 4.33](#). Como puede observarse, la mayoría de los encuestados (65%) se declaran profesores a tiempo completo, lo que

está en línea con la opción mayoritaria indicada por los estudiantes, sobre dedicación exclusiva a su proceso formativo (75 %). El apartado “Otros” representa un 14 %, lo que no es desdeñable, si bien alguna de las figuras señaladas (*Adjunct Professor* por ejemplo), podría corresponder a lo que en España entendemos como Profesor Asociado a tiempo parcial, que dedica parte de su vida profesional a la docencia, desarrollando su actividad principal fuera del ámbito académico.

Respecto a la variable **EVP1.4: Estudios previos**, que sí fue incluida en el cuestionario de requisitos de estudiantes, en el caso de los profesores, y siguiendo el consejo de algunos jueces expertos, esta variable no se ha requerido al profesorado como ya se indicó en la [Sección 3.2.6.2](#), por considerar dichos jueces que algunos profesores pueden interpretar esta pregunta como una discriminación para establecer distinciones dentro del colectivo docente (*e.g.* titulados superiores frente a diplomados, doctores frente a no doctores, etc.). Por tanto, finalmente esta variable se suprimió del cuestionario de requisitos de profesores.

4.2.2.2. Análisis descriptivo de las variables del bloque 2 del cuestionario de profesores

Una vez realizado el análisis de las variables de identificación del bloque 1, se estudian a continuación los resultados individualizados de las variables contenidas en el BLOQUE 2: PREGUNTAS GENERALES SOBRE ENSEÑANZA VIRTUAL, y descritas en la [Sección 3.2.6.3](#). Recordemos que este bloque intenta obtener información sobre el uso de recursos didácticos digitales en la enseñanza universitaria, en este caso por parte del colectivo de profesores encuestados.

Las primeras cuestiones se refieren al acceso a internet en casa, y el tipo de conexión disponible. Respecto a la variable **PVE2.1: ¿Tiene conexión a internet en casa?**, los resultados indicados en la [Figura 4.34\(a\)](#) muestran que el 99 % del profesorado dispone de dicha conexión (sólo 1 caso afirma no tenerla), datos similares a los detectados en el colectivo de estudiantes (97 % afirmaba disponer de conexión a internet en casa).

En lo referente a la siguiente cuestión, **PVE2.2: Si es así, ¿qué tipo de conexión tiene?**, los resultados indicados en la [Figura 4.34\(b\)](#) demuestran que un gran porcentaje del profesorado encuestado (45 %) dispone de banda ancha de 20 MB (41 % en el caso de estudiantes), y un 29 % afirma tener conexión mediante fibra óptica en su domicilio (26 % en los estudiantes). Estas cifras consolidan la idea de que la

plataforma **VRL** puede incluir aplicaciones/servicios que requieran gran ancho de banda (*e.g.* simulaciones complejas, *video-streaming*, etc.).

Pocos profesores (3 %) afirman no conocer el tipo de conexión a internet de que disponen en casa, lo que contrasta con el 16 % de estudiantes en la misma situación. Parece claro que el profesorado es consciente de la modalidad de conexión a internet que contrata, frente al caso de los estudiantes, donde muchas veces, este servicio les viene dado por sus padres o arrendadores, en el caso de los que estudian en una población distinta a donde se ubica el domicilio familiar.

PVE2.1: Do you have internet connection at home?

#	Answer	Bar	Response	%
1	Yes		68	99%
2	No		1	1%
	Total		69	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	2
Mean	1.01
Variance	0.01
Standard Deviation	0.12
Total Responses	69

(a)

PVE2.2: If so, what type of connection do you have?

#	Answer	Bar	Response	%
1	Optical Fiber (80 MB or higher)		19	29%
2	Wide band (up to 20 MB)		30	45%
3	Ordinary (up to 6 Mb)		15	23%
4	Do not know		2	3%
	Total		66	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	4
Mean	2.00
Variance	0.65
Standard Deviation	0.80
Total Responses	66

(b)

Figura 4.34 Resultado de las variables (a) PVE2.1: ¿Tiene conexión a internet en casa? y (b) PVE2.2: Si es así, ¿qué tipo de conexión tiene?

En relación a la variable **PVP2.1: Nº asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital**, cuyos resultados se muestran en la [Figura 4.35](#), se observa que lo más habitual es que cada profesor imparta 2 - 3 asignaturas por año (33 %). A nuestro juicio, esta tendencia, al menos en el caso de la universidad española, está relacionada con la proliferación en la oferta de titulaciones universitarias, junto con el crecimiento de facultades y escuelas que se ha producido en los últimos años.

PVP2.1: During the past 12 months, how many face-to-face taught courses have you taught, using any kind of digital platform (e.g. blackboard, moodle, etc.)?

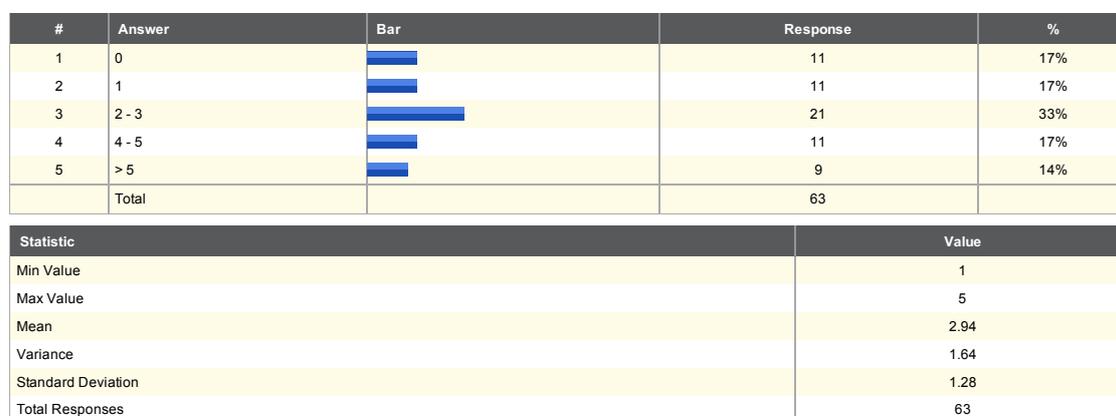


Figura 4.35 Resultado de la variable PVP2.1: Nº asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital

Destaca también el hecho de que un 17 % del profesorado afirma no haber impartido ninguna asignatura en el último año; esto se debe, fundamentalmente, a que estos encuestados realizan docencia a tiempo parcial (habitualmente, siendo profesores asociados), teniendo otra actividad principal fuera del aula (investigadores, profesionales de empresa, etc.); probablemente, y debido a circunstancias diversas, estos profesores a tiempo parcial no han ejercido labor docente alguna durante el último año, si bien esperan continuar realizándola en el futuro.

Respecto a los resultados obtenidos en la variable complementaria **PVP3.1: Nº asignaturas/cursos totalmente virtuales**, éstos se indican en la [Figura 4.36\(a\)](#). De nuevo, la mayor frecuencia (64 %) corresponde a aquellos profesores que no impartieron ningún curso virtual en el último año (recordemos que, en el caso de los estudiantes, este dato ascendía al 75 %). El segundo caso más frecuente es el de profesores que impartieron 2 - 3 cursos virtuales en el último año (17 %). Dado que la única universidad a distancia declarada por los encuestados es la [UNED](#) (que constituye el 8 % de la población de profesorado que ha respondido al cuestionario), el hecho de que haya más del doble de profesores habiendo impartido 2 - 3 cursos virtuales en el último año, parece confirmar la tendencia en universidades tradicionales a implantar asignaturas plenamente virtuales, como parte de sus programas docentes.

La [Figura 4.36\(b\)](#) muestra los resultados obtenidos para la variable global **PVP3.3: Razones por las que no ha impartido ningún curso virtual**, que recordemos, condensa las puntuaciones obtenidas para las variables **PVP3.3.1** a **PPVP3.3.5** descritas en la [Página 54](#). Como sucedía en el caso de los estudiantes, la principal razón esgrimida por los profesores encuestados para no impartir enseñanza virtual

con enseñanza a distancia tradicional, en estudios de ciencias informáticas [Carswell *et al.*, 2000]. El resultado es que no hay cambio en la calidad de la enseñanza, por ser ésta totalmente “electrónica”.

Como se comentó en la [Página 54](#), en el caso del cuestionario de profesores, la variable **PVP3.2: Plataforma digital que alojaba la(s) asignatura(s) presencial(es)/virtual(es)** se ha dividido como sigue:

- PVP3.2.1 Plataforma digital que alojaba la(s) asignatura(s) presencial(es)
- PVP3.2.2 Plataforma digital que alojaba la(s) asignatura(s) virtual(es)
- PVP3.2.3 Plataforma digital que alojaba el(los) MOOC(s) cursado(s) como estudiante
- PVP3.2.4 Plataforma digital que alojaba el(los) MOOC(s) como instructor/ coordinador

Los resultados de las variables **PVP3.2.1** y **PVP3.2.2** anteriores, se muestran en la [Figura 4.37](#). Como puede observarse, en ambos casos MOODLE es la plataforma más popular, seguida de BLACKBOARD®. Entre las respuestas no previstas inicialmente, alguna de ellas en realidad ya estaban contempladas (WebCT, por ejemplo, citada en dos ocasiones, es el antiguo nombre comercial que ahora tiene BLACKBOARD®).

Se analizan ahora una serie de variables, relacionadas con el uso de la plataforma digital por parte de los profesores encuestados. Comenzamos con la variable **PVP4.1: Nº horas semanales usando la plataforma digital**, cuyos resultados se muestran en la [Figura 4.38](#). Como ya sucedía con los estudiantes, la frecuencia mayoritaria de profesores (54%) dedican entre 1 - 6 horas semanales a conectarse a la plataforma (en el caso de los estudiantes, este porcentaje ascendía del 56%). El siguiente tramo más frecuente corresponde al rango 6 - 12 horas, caso en el que profesores y estudiantes coinciden en la frecuencia de respuestas (28% en ambos casos).

En relación a la variable **PVP4.2: Ubicación preferente de conexión a la plataforma**, los resultados aportados por los profesores encuestados se muestran en la [Figura 4.39](#). En este caso, se invierte ligeramente la tendencia frente a los estudiantes; ahora, la mayor frecuencia corresponde a la conexión desde las instalaciones universitarias (4,80 puntos), seguida de cerca por la conexión desde casa (4,64 puntos). Esto parece en cierta forma lógico, toda vez que los profesores realizan su actividad profesional fundamentalmente en las dependencias universitarias (al menos, los que dedican toda su actividad profesional al mundo académico).

PVP32a: Indicate which of the following platforms hosted the face-to-face taught course(s) you have taught

#	Answer	Bar	Response	%
1	Blackboard		22	41%
2	Moodle		28	52%
3	alF		6	11%
4	I do not know		2	4%
8	Others (please indicate)		12	22%

Others (please indicate)	
Powerpoint	
e-ducativa	
Google tools	
Adobe Connect	
ITAO	
WebCT	
PoliformaT	
I have a home built webpage that allows class note download, other than that I do not use these	
none	
graasp	
Cloud technology, school information system with parts of cloudy t.	
WebCT	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	8
Total Responses	54

(a) PVP3.2.1: Plataforma en asignaturas presenciales

PVP32b: Indicate which of the following platforms hosted the fully-virtual course(s) you taught

#	Answer	Bar	Response	%
1	Blackboard		6	32%
2	Moodle		10	53%
3	alF		5	26%
4	I do not know		0	0%
5	Others (please indicate)		2	11%

Others (please indicate)	
Atutor	
WebCT	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	8
Total Responses	19

(b) PVP3.2.2: Plataforma en asignaturas totalmente virtuales

Figura 4.37 Resultado de las variables (a) PVP3.2.1: Plataforma en asignaturas presenciales, y (b) PVP3.2.2: Plataforma en asignaturas totalmente virtuales

Como ocurría con los estudiantes, en el apartado “Otros” se ha indicado también la opción:

- Desde la tableta móvil

lo que vuelve a incidir en la ubicuidad de la conexión a internet hoy en día, algo que deberá tenerse en cuenta en el diseño de la plataforma [VRL](#).

PVP4.1: How many time per week have you devoted to remotely connect to the portal?

#	Answer	Bar	Response	%
1	1 - 6 h		29	54%
2	6 - 12 h		15	28%
3	12 - 18 h		5	9%
4	> 18 h		5	9%
Total			54	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	4
Mean	1.74
Variance	0.95
Standard Deviation	0.97
Total Responses	54

Figura 4.38 Resultado de la variable PVP4.1: N° horas semanales usando la plataforma digital

PVP4.2: Rate your preferred location from which to connect to the portal

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	From home	1.00	6.00	4.64	1.56	44
2	From university facilities	0.00	6.00	4.80	1.48	51
3	From workplace outside university	1.00	6.00	3.91	1.74	33
4	Other (please enter)	1.00	4.00	2.25	1.26	4

Other (please enter)
Mobile tablet

Figura 4.39 Resultado de la variable PVP4.2: Ubicación preferente de conexión a la plataforma

Respecto a la variable PVP4.3: Horario preferente de conexión a la plataforma, existe un cambio total frente a la opinión vertida por los estudiantes, al respecto de esta misma cuestión. Tal y como aparece en la [Figura 4.40](#), la mayor utilización de la plataforma digital por parte de los profesores sucede en horario de 8.00h - 14.00h (4,49 puntos), lo que contrasta claramente con la franja de máxima preferencia de los estudiantes, indicada en la [Figura 4.15](#) (18.00h - 20.00h, también valorada con 4,49 puntos). Esto es bastante lógico, toda vez que los profesores realizan su labor docente en jornada matutina (especialmente los que trabajan como profesores a tiempo completo), y la conexión con la plataforma digital es, evidentemente, parte de su trabajo diario. Esto nos debe motivar aún más a que el diseño de la plataforma VRL sea lo más robusto posible, para ofrecer una buena experiencia de usuario en todas las franjas horarias, reservando las noches o fines de semana para las tareas de mantenimiento, siempre que sea posible.

PVP4.3: Rate the prime time of connection to the portal

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	From 8.00h to 14.00h	1.00	6.00	4.49	1.49	41
2	From 14.00h to 18.00h	1.00	6.00	4.14	1.42	36
3	From 18.00h to 20.00h	1.00	6.00	3.81	1.49	32
4	After 20.00h	1.00	6.00	3.67	1.88	30

Figura 4.40 Resultado de la variable PVP4.3: Horario preferente de conexión a la plataforma

De nuevo, y a modo de resumen del análisis de la enseñanza presencial, la variable PVS1.1: Grado de satisfacción de asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital, alcanza una puntuación promedio de 4,50 puntos, tal y como indica la Figura 4.41. En el caso de los estudiantes, recordemos que esta variable alcanzó los 4,26 puntos de media, lo que demuestra que ambos colectivos tienen una buena percepción de la calidad de enseñanza presencial, impartida y recibida en cada caso.

PVS1.1: Rate your overall satisfaction with the face-to-face taught course(s) you taught in the last 12 months, supported by a digital platform

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	Rate of satisfaction with face-to-face taught courses supported by digital platform	1.00	6.00	4.50	1.15	54

Figura 4.41 Resultado de la variable PVS1.1: Grado de satisfacción de asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital

Retomando el análisis de las asignaturas totalmente virtuales, los resultados obtenidos sobre la variable PVS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es), mostrados en la Figura 4.42, indican que, como ocurría con los estudiantes, la opción: Flexibilidad de horario para poder seguir la asignatura al ritmo deseado es la razón más valorada por los profesores encuestados para optar a esta modalidad de enseñanza (5,05 puntos). En segundo lugar, se sitúa el área temática (4,63 puntos). Curiosamente, la razón menos valorada por los profesores encuestados es: Colaboración con otros colegas que impartan la misma asignatura, o cualquier otra (3,29 puntos), lo que constituye un claro indicativo de la *autonomía e independencia* que sigue imperando en el mundo académico, en lo que se refiere a la forma de impartir docencia.

Respecto a la variable opuesta PVS2.2: Razones de menor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es), los resultados se muestran en la Figura 4.43. Al igual que en el caso de los estudiantes, los profesores han valorado con mayor puntuación la opción: El curso fue demasiado corto, no permitiendo profundizar en detalle en

PVS2.1: Think about the fully-virtual course you taught that gave you the highest satisfaction (if you only taught 1 course, please base your responses on it). Rate each of the following aspects. If desired, you can add other positive aspects

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	Subject area	1.00	6.00	4.63	1.42	19
2	Format and course presentation	2.00	6.00	4.42	0.96	19
3	Mandatory activities	1.00	6.00	4.28	1.32	18
4	Voluntary activities	2.00	6.00	3.78	1.17	18
6	Participative attitude of the students	1.00	6.00	4.22	1.59	18
7	Collaboration with other colleagues (teaching the same subject or any other)	1.00	6.00	3.29	1.86	17
8	Other aspects (please indicate)	2.00	5.00	3.33	1.53	3
9	Flexibility of schedule to follow the course at the students's own pace	2.00	6.00	5.05	1.39	19

Figura 4.42 Resultado de la variable PVS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es)

algunos aspectos. En este caso, la puntuación obtenida por esta opción fue de 4,27 puntos, claramente superior al resto de opciones (en el caso de los estudiantes, la puntuación fue de 3,65 puntos, no destacando tanto frente al resto, a pesar de ser la más valorada). La siguiente razón más puntuada por los profesores fue: **Echo de menos la comunicación real con los estudiantes** (3,73 puntos), lo que vuelve a confirmar la idea de partida de este trabajo, a saber: la plataforma OPTILAB deberá ser un **complemento, no una sustitución** completa, de la enseñanza de prácticas experimentales en el laboratorio real.

PVS2.2: Think about the fully-virtual course you taught that gave you the least satisfaction (if you only took 1 course, please base your responses on it). Rate each of the following aspects. You can add more negative aspects, if desired

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	The course content did not respond to the expectations the students had	1.00	5.00	2.86	1.17	14
2	The format and presentation of the course was not attractive to the students	1.00	6.00	3.53	1.60	15
3	Delivery dates for submission of assignments and / or completion of modules were too short, and prevented to suitably complete the course	1.00	5.00	3.60	1.30	15
4	The course was too short, not allowing to go in detail into some contents	1.00	6.00	4.27	1.39	15
5	The course was too long. The same contents could have been delivered in less time	1.00	5.00	2.43	1.22	14
6	The platform tools (forums, email, etc.) do not allow complete solving of doubts by teachers and/or students	1.00	6.00	3.00	1.60	15
7	I miss face communication with the students	1.00	6.00	3.73	1.75	15
9	The platform was very slow, often the connection was lost, etc.	1.00	5.00	2.79	1.58	14
10	Other aspects (please indicate)	1.00	3.00	2.50	1.00	4

Figura 4.43 Resultado de la variable PVS2.2: Razones de menor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es)

A modo de resumen sobre la enseñanza totalmente virtual, la variable **PVS2.3: Grado de satisfacción de asignaturas totalmente virtuales** proporciona una medida global de la percepción que el profesorado tiene sobre dicha modalidad de enseñanza. Los resultados de esta variable se muestran en la [Figura 4.44](#). En este caso, la puntuación media obtenida fue de 4,33 puntos, superior a la obtenida en el caso de los estudiantes sobre la variable equivalente (3,12 puntos), y no muy lejos de los 4,50

PVS2.3: Rate your overall satisfaction with the fully-virtual course(s) (ie, e-learning, completely online, no physical attendance required, etc.) you have taught in the last 12 months

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	Rate of satisfaction with fully-virtual courses you taught	2.00	6.00	4.33	1.19	18

Figura 4.44 Resultado de la variable PVS2.3: Grado de satisfacción con asignaturas totalmente virtuales

puntos alcanzados por la variable de enseñanza presencial valorada por los profesores, que fue descrita en la [Figura 4.41](#).

En el caso de los profesores, se han añadido una serie de preguntas adicionales, acerca de los MOOCs. Como ya se explicó anteriormente en la [Sección 3.2.6.3](#), por consejo de los jueces expertos que realizaron la validación del contenido de los cuestionarios, estas preguntas específicas sobre MOOCs se obviaron en el caso de los estudiantes, pues no hay razón para que un estudiante necesite saber la diferencia entre asignatura virtual reglada y MOOC. Sin embargo, en el caso de los profesores, consideramos que éstos deben estar al tanto de este nuevo paradigma, por lo que se han mantenido estas preguntas, tal y como se describe a continuación.

La primera variable al respecto es PVP3.4: N^o MOOCs como estudiante en los últimos 12 meses. Se trata de averiguar el grado de conocimiento que los profesores tienen de este nuevo paradigma de enseñanza, a través del número de cursos que han realizado como estudiante. Como muestra la [Figura 4.45\(a\)](#), la mayoría de los profesores no han realizado ningún MOOC en los últimos 12 meses (64%), aunque un 21% afirma haber cursado al menos un curso de este tipo. Existe un porcentaje en torno al 9% que no conoce lo que es un MOOC, lo que no es demasiado sorprendente (de hecho, se preveía obtener un porcentaje mayor de profesores que desconocieran este nuevo paradigma).

La [Figura 4.45\(b\)](#) representa la variable PVP3.2.3: Plataforma que alojaba el(los) MOOC(s) cursados como estudiante en los últimos 12 meses. Como puede observarse, las plataformas MOOC más populares son miriada X, UNED-COMA y coursera (31% en cada caso).

Como se indicó en la [Página 56](#), si la respuesta a la variable PVP3.4 es 0, se muestra automáticamente la pregunta PVS3.1a: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC como alumno. Si PVP3.5 es 0, entonces aparece la pregunta PVS3.1b: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC como instructor/coordinador

PPVP3.4: please indicate the number of Massive Online Open Courses (MOOC) you have taken as student during the last 12 months

#	Answer	Bar	Response	%
1	0		37	64%
2	1		12	21%
3	2 - 3		3	5%
4	4 - 5		1	2%
5	> 5		0	0%
6	I do not know what a MOOC is		5	9%
Total			58	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	6
Mean	1.79
Variance	2.13
Standard Deviation	1.46
Total Responses	58

(a)

PVP3.2.3: Indicate which of the following platforms hosted the MOOC(s) you have taken as student

#	Answer	Bar	Response	%
1	University website		3	19%
2	Coursera		5	31%
3	Udacity		1	6%
4	EdX		1	6%
5	Khan Academy		2	13%
6	Miriadax		5	31%
7	UNED COMA		5	31%
8	Others (please indicate)		1	6%

Others (please indicate)
bunchball

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	8
Total Responses	16

(b)

Figura 4.45 Resultado de las variables PVP3.4: N° MOOCs como estudiante y PVP3.2.3: Plataforma de MOOC(s) cursados, en los últimos 12 meses

PVS3.1a: Rate the reasons why you have not taken any MOOC so far. You can add other reasons, if desired

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	There was no chance yet to take a MOOC, but I would be interested in the future	1.00	6.00	3.74	1.89	27
2	Do not believe in MOOCs as an effective teaching tool, even if they are given by prestigious institutions	1.00	6.00	2.63	1.64	19
4	I think MOOCs put in danger the traditional system of education I am working in	1.00	5.00	1.89	1.32	18
5	Other reasons (please indicate)	1.00	3.00	1.50	1.00	4
6	No time to take on-line courses, in addition to my current academic / professional duties	1.00	6.00	4.93	1.44	29
7	Do not believe in totally non-face teaching. I need class interaction with the teacher and / or with other colleagues	1.00	6.00	3.38	1.77	21

Figura 4.46 Resultado de la variable PVS3.1a: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC como alumno

La [Figura 4.46](#) describe los resultados obtenidos en el caso de la variable **PVS3.1a**. Como puede observarse, la razón más frecuentemente señalada por el profesorado es: **No tengo tiempo para realizar cursos en línea, adicionales mis actuales tareas académicas y/o profesionales** (4,93 puntos). Sin embargo, como segunda opción más valorada, está el hecho de que: **Aún no ha habido oportunidad de cursar un MOOC, aunque estaría interesado en hacerlo en el futuro** (3,74 puntos).

En el apartado “**Otros**”, se incluyó la siguiente respuesta:

- No soy un estudiante.

lo que indica que existen miembros del colectivo de docentes, que establecen una clara distinción entre los roles de profesor y estudiante. En este sentido, debemos expresar nuestra opinión crítica sobre esta postura. A nuestro entender, el proceso de aprendizaje no termina nunca, y los docentes, como cualquier otra profesión, deben seguir avanzando en su actualización profesional, a lo largo de toda la vida.

En lo que se refiere a la variable **PVP3.5: N° de MOOCs como instructor/ coordinador**, los resultados se representan en la [Figura 4.47](#). De los profesores encuestados, la gran mayoría (79 %) declara no haber participado como instructor/coordinador de un MOOC en los últimos 12 meses. Este hecho no es demasiado sorprendente, toda vez que los MOOCs están comenzando a ser conocidos en el ámbito universitario, y todavía hay muchas reticencias a su adopción, como veremos más adelante. No obstante, el 7 % de los encuestados dicen haber participado en, al menos, un MOOC en los últimos 12 meses, como instructor/coordinador del mismo.

Respecto a las plataformas que alojan los MOOCs donde los profesores declaran haber participado como instructores/coordinadores durante los últimos 12 meses, el 50 % de ellos utilizan la plataforma **miriada X**, mientras que **UNED-COMA** y el apartado “**Otras**”, fueron puntuados con el 25 % cada uno.

En relación a la variable **PVS3.1b: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC como instructor/coordinador**, la [Figura 4.48](#) muestra los resultados de la misma. Como ocurría con la variable **PVS3.1a**, de nuevo la razón más frecuente es: **No hay tiempo para impartir cursos en línea, adicionales a las tareas académicas/ profesionales** (4,58 puntos); y nuevamente, como sucedía en el caso anterior, la segunda razón más puntuada es: **Aún no ha habido oportunidad de impartir ningún MOOC, pero estaría interesado en hacerlo** (3,88 puntos).

PVP3.5: Please indicate the number of Massive Online Open Courses (MOOCs) you have participated in as instructor during the last 12 months

#	Answer	Bar	Response	%
1	0		46	79%
2	1		7	12%
3	2 - 3		1	2%
4	4 - 5		0	0%
5	> 5		0	0%
6	I do not know what a MOOC is		4	7%
Total			58	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	6
Mean	1.50
Variance	1.69
Standard Deviation	1.30
Total Responses	58

PVP3.2.4: Indicate which of the following platforms hosted the MOOC(s) you have participated in as instructor

#	Answer	Bar	Response	%
1	University website		0	0%
2	Coursera		0	0%
3	Udacity		0	0%
4	EdX		0	0%
5	Khan Academy		1	13%
6	Miriadax		4	50%
7	UNED COMA		2	25%
8	Others (please indicate)		2	25%

Others (please indicate)	
Moodle, CCAD learning platform	
NIDV course	

Statistic	Value
Min Value	5
Max Value	8
Total Responses	8

Figura 4.47 Resultado de las variables PVP3.5: N° de MOOCs como instructor/coordinador y PVP3.2.4: Plataforma de MOOC(s) como instructor, en los últimos 12 meses

PVS3.1b: Rate the reasons why you have not participated in any MOOC as instructor in the last 12 months. You can add other reasons, if desired

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	I think MOOCs put in danger the traditional system of education I am working in	1.00	6.00	2.14	1.49	22
2	No time to teach on-line courses, in addition to my current academic / professional duties	1.00	6.00	4.58	1.89	36
4	There was no chance yet to teach a MOOC, but I would be interested in	1.00	6.00	3.88	1.80	33
5	Other reasons (please indicate)	1.00	1.00	1.00	0.00	3
6	Do not believe in totally non-face teaching. I need class interaction with the teacher and / or other colleagues	1.00	6.00	3.15	1.96	27
7	Do not believe in MOOCs as an effective teaching tool, even if they are given by prestigious institutions	1.00	6.00	2.24	1.64	25

Figura 4.48 Resultado de la variable PVS3.1b: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC como instructor/coordinador

4.2.2.3. Análisis descriptivo de las variables del bloque 3 del cuestionario de profesores

Para finalizar, se analizan ahora los resultados obtenidos en los cuestionarios de profesores sobre las variables que conforman el BLOQUE 3: PREGUNTAS ESPECÍFICAS Y CULTURA COLABORATIVA, descrito en la Sección 3.2.6.4. A modo de breve recordatorio, este bloque investiga sobre el grado de interés del profesorado respecto a la realización de prácticas virtuales remotas, como complemento a los laboratorios presenciales. También se pretende obtener la opinión de los profesores acerca de las herramientas y contenidos deseables para la futura plataforma virtual, así como el grado de *cultura colaborativa* existente entre este colectivo.

La frase introductoria ofrecida al profesor encuestado, al inicio de este bloque, es ahora la siguiente: “Piense en una asignatura de las que imparta, que contenga prácticas de laboratorio. Si no tiene ninguna, piense en alguna asignatura/carrera que requiera de algún tipo de práctica experimental”.

La primera de las variables de este bloque es: PVS3.2: ¿La asignatura en cuestión permite algún tipo de experimentación virtual y/o remota (*i.e.* simulaciones en línea, gestión remota de instrumentos, etc.)?, cuyos resultados se representan en la Figura 4.49. En este caso, predomina la respuesta positiva (61 % Sí frente al 39 % No), lo que representa el caso opuesto frente al resultado obtenido en la variable equivalente del cuestionario de estudiantes (54 % No frente a un 46 % Sí).

PVS3.2: Does the course currently allow carrying out virtual and / or remote experiments in any way? (ie on-line simulations, remote management of instruments, etc.)

#	Answer	Bar	Response	%
1	Yes		36	61%
2	No		23	39%
	Total		59	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	2
Mean	1.39
Variance	0.24
Standard Deviation	0.49
Total Responses	59

Figura 4.49 Resultado de la variable PVS3.2: ¿La asignatura permite algún tipo de experimentación virtual y/o remota?

La siguiente variable analizada es PVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia, como apoyo a la enseñanza presencial en el laboratorio?. La respuesta, mostrada en la Figura 4.50, indica que, mayoritariamente, los profesores defienden la

PVS3.3: In your view, should a virtual remote platform be used in support of classroom teaching in the laboratory?

#	Answer	Bar	Response	%
1	Yes		47	81%
2	No		11	19%
	Total		58	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	2
Mean	1.19
Variance	0.16
Standard Deviation	0.40
Total Responses	58

Figura 4.50 Resultado de la variable PVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia, como apoyo a la enseñanza presencial en el laboratorio?

utilización de una plataforma **VRL** (81 %) como apoyo a la docencia en el laboratorio real, lo que coincide con la opinión positiva que, al respecto, también expresaron los estudiantes (77 %).

A continuación se listan las razones aportadas por los profesores para la inclusión de esta plataforma **VRL** de apoyo, por orden de recepción de las respuestas. Como ocurría en el caso del cuestionario de estudiantes, muchas de las ideas se repiten también ahora con los profesores. En todo caso, se ha querido mantener la literalidad de las opiniones vertidas por ambos colectivos:

- Para entrenamiento de los estudiantes en técnicas instrumentales de difícil acceso.
- Para poder visualizar mejor los efectos de las distintas condiciones experimentales sin necesidad de repetirlas todas en el laboratorio.
- Facilita la práctica previa de los estudiantes.
- Ayuda a la realización de experimentos, aunque sea de forma simulada.
- Porque las horas de laboratorio son limitadas. La plataforma virtual proporcionaría más horas de uso al estudiante.
- Porque los estudiantes pueden hacer su trabajo a cualquier hora y desde cualquier lugar.
- Los beneficios educativos de uno y otro laboratorio son diferentes, pero complementarios. En un caso el tiempo se destina más a la actividad de conectar, montar, etc.; en el otro, al análisis, eliminando la carga de lo anterior.

- Proporciona a los estudiantes la oportunidad de repetir experimentos a su propio ritmo.
- Cualquier apoyo es siempre positivo.
- Facilidad de gestión de tiempo.
- Para reforzar las posibilidades de experimentación de los estudiantes.
- Porque aporta un área muy importante en la educación: la práctica, en donde el alumno trabaja tutorizado pero tiene gran autonomía y puede colaborar con otros compañeros.
- Todo está más ordenado, más planificado.
- Economía de recursos de laboratorio.
- Para facilitar el aprendizaje de los estudiantes fuera del aula.
- Es fundamental emplear un entorno de prácticas mediante laboratorios virtuales/remotos (ingenierías) en un entorno no presencial.
- Como complemento a los experimentos reales.
- Porque es indispensable tener nuevos sistemas de evaluación sobre el aprendizaje, y en este caso importa tanto el objetivo final como el proceso.
- Por la flexibilidad que nos puede brindar.
- Estoy pensando en experimentos numéricos - que se realizan en un ordenador y por consecuencia en cualquier sitio, preferiblemente en el hogar del alumno o en un aula, pero fuera de clase.
- Para compartir y aprovechar recursos en otras universidades. Usualmente una sola institución no tiene todos los equipos de laboratorio.
- Descarga de horas docentes y ayuda a la investigación. Ayuda a planificar el horario de los estudiantes.
- Permitiría mayor libertad de horarios y resultaría en una interacción instructor-estudiante más dinámica.
- Los estudiantes pueden repetir la experiencia tantas veces como deseen.
- Para supervisar mejor y que el estudiante pueda hacer pruebas en una máquina virtual o remota en general.

- Permite una mayor flexibilidad.
- Permite al alumno estar más tiempo en contacto con la instrumentación específica de su titulación.
- Demostración práctica de experimentos en el marco de un entorno seguro.
- Motivación para el aprendizaje autónomo.
- Algunos experimentos pueden realizarse *on-line*, o simulados. Esto permite a los estudiantes la participación en su propio horario, y a su ritmo.
- Más tiempo de practicas supervisadas.
- Porque prepara al alumno para la práctica de laboratorio y le permite trabajar a su ritmo.
- Flexibilidad de acceso que ofrece.
- Esto permitiría a los estudiantes más acceso al entorno de laboratorio para realizar experimentación personal.
- Más experiencia, incluso lo virtual ayuda a solidificar el aprendizaje.
- Acceso a equipos de laboratorio muy costosos que están infrautilizados.
- Puede ofrecer a los estudiantes acceso en cualquier momento.
- Mejora de las capacidades del laboratorio.
- Uso de las tecnologías virtuales en la educación.
- Ahorro de tiempo.
- Complementa el trabajo de laboratorio, y optimiza las horas de trabajo con el equipamiento específico de laboratorio.

Por otra parte, los profesores que contestaron **No** a la pregunta descrita en la [Figura 4.50](#), dieron las siguientes razones para justificar tal decisión:

- ¿Por qué usar algo virtual si se necesita el uso real de la instrumentación?
- Algunas enseñanzas requieren que sean cercanas.

- Tuve que usar dos de ellos en el pasado (y escribí artículos al respecto). Pero en la práctica, fue un fracaso por diferentes razones.
- No es realista.
- En las asignaturas de Electrónica, la componente física es esencial.
- Los estudiantes necesitan equipamiento real.
- Ineficiente para correcciones y acciones inmediatas. Permite a los estudiantes cometer errores graves sin interferencia, lo que puede ser peligroso.
- Somos una profesión basada en las habilidades y destrezas, y nuestros estudiantes deben completar de forma satisfactoria un *prácticum* clínico riguroso antes de que se gradúen.
- Nada puede reemplazar el aprendizaje práctico que ocurre en el laboratorio presencial.

A continuación, se estudia la variable PVS3.4: ¿Ha participado en el diseño, prueba y/o validación de cualquier herramienta digital para la realización de prácticas de laboratorio virtuales y/o remotas?. En este caso, como muestran los resultados indicados en la [Figura 4.51](#), hay un alto porcentaje (49 %) de profesores que dicen haber participado en alguna de estas actividades, frente al 16 % únicamente de estudiantes que afirmaba haberlo hecho. Parece lógico que esto sea así, toda vez que la labor de diseño/prueba/validación de herramientas digitales para prácticas de laboratorio virtuales/remotas, correspondería más bien al profesor que al alumno. Sorprende, en todo caso, el alto porcentaje de profesores, que se han adentrado en este mundo de la experimentación virtual/remota, desde una etapa anterior a la del mero usuario de estas iniciativas, una vez ya desarrolladas.

Los resultados de la variable PVS4.1: ¿Qué contenidos encuentra más interesantes para ser incluidos en la plataforma digital? se muestran en la [Figura 4.52](#). El contenido mejor valorado por los profesores son los **ejercicios de autoevaluación que sirvan para reforzar los conocimientos adquiridos en clase** (5,21 puntos); a continuación se encuentran las **simulaciones de los fenómenos bajo estudio** (*i.e.* concepto de *Laboratorio Virtual*, 5,05 puntos), seguido del **manejo de instrumentos a distancia** (*i.e.* concepto de *Laboratorio Remoto*, 4,52 puntos). El orden de clasificación de estos dos últimos aspectos coincide plenamente con las preferencias indicadas también por los estudiantes, lo que viene a confirmar que **el concepto de Laboratorio Virtual parece imponerse en ambos colectivos sobre el de Laboratorio Remoto**.

PVS3.4: Have you ever participated in the design, testing and / or validation of any digital tool that includes conducting virtual and/or remote laboratory practices?

#	Answer	Bar	Response	%
1	Yes		23	49%
2	No		24	51%
	Total		47	

Statistic	Value
Min Value	1
Max Value	2
Mean	1.51
Variance	0.26
Standard Deviation	0.51
Total Responses	47

Figura 4.51 Resultado de la variable PVS3.4: Participación en diseño, prueba y/o validación de herramientas digitales para prácticas de VRL

PVS4.1: Which contents would you find more interesting to be included in the digital platform? Rate each of the following contents. You can add other contents not covered if you wish

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	Lab handbook to conduct the real sessions at the classroom laboratory	2.00	6.00	4.87	1.09	46
2	Downloading videos from real experiments	1.00	6.00	4.65	1.42	46
3	Pre-lab questions which serve to introduce the experimental session to be perform in the classroom lab	2.00	6.00	4.73	1.32	45
4	Self-assessment exercises that serve to strengthen knowledge of the classroom practices once carried out	3.00	6.00	5.21	0.95	42
5	Software simulation of the phenomena under study (can be done at any time, before / after the practical session in the classroom lab)	2.00	6.00	5.05	1.21	43
6	Making "live" experiment by managing real instrumentation remotely, and displaying the results on my own computer (requires booking a time slot among those available)	1.00	6.00	4.52	1.74	42
7	Other contents (please indicate)	2.00	6.00	4.33	2.08	3

Figura 4.52 Resultado de la variable PVS4.1: Contenidos a incluir en la plataforma VRL

Tal y como hicieron los estudiantes, también los profesores consideran importante poner a disposición de los estudiantes el **manual de laboratorio presencial** (4,87 puntos).

En el apartado “Otros”, se realizó la siguiente aportación:

- Inclusión de herramientas colaborativas.

Esta reflexión está relacionada con la siguiente variable analizada, **PVS5.1: Valore las herramientas que considere más útiles de la plataforma virtual**, e incide una vez más en el aspecto colaborativo de la plataforma OPTILAB, como ya sucediera con algunas de las opiniones vertidas por los estudiantes.

La **Figura 4.53** muestra los resultados de valoración de herramientas, por parte de los profesores. Los **enlaces externos para ampliar información** (4,78 puntos) y los **foros de discusión abiertos** (4,73 puntos) son, por este orden, las herramientas mejor valoradas por este colectivo. En el caso de los foros de discusión, coincide nuevamente

PVS5.1: Rate what you consider to be the most useful tools of the virtual platform

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1	E-mail with the instructor and other students	1.00	6.00	4.57	1.35	44
2	Open forums for discussions, to raise doubts, etc.	1.00	6.00	4.73	1.45	45
3	Chat sessions with the instructor	1.00	6.00	4.02	1.73	44
4	External links to further information	1.00	6.00	4.78	1.17	45
5	Other tools (please indicate)	4.00	5.00	4.67	0.58	3

Other tools (please indicate)	
ejercicios interactivos	
wikis	
Puesta en contacto con estudiantes de otros países	

Figura 4.53 Resultado de la variable PVS5.1: Herramientas más útiles de la plataforma VRL

con la opinión declarada por los estudiantes, que situaron a esta herramienta en el segundo puesto, con 4,46 puntos de valoración.

En el apartado “Otros”, los profesores mencionaron las siguientes herramientas, inicialmente no contempladas:

- Ejercicios interactivos
- Wikis
- Puesta en contacto con estudiantes de otros países

De nuevo, se combinan elementos de aprendizaje individual (ejercicios interactivos) con contenidos colaborativos (*wikis*). Es interesante destacar la tercera aportación (puesta en contacto con estudiantes de otros países), lo que nos reafirma en la creencia de que el paradigma VRL sirve para el desarrollo integral (tanto profesional, como personal) del estudiante, e incide en las **dimensiones socio-comunicativa y colaborativa** del modelo didáctico planteado (competencias lingüística, colaborativa, e interculturalidad, entre otras).

Lamentablemente, muchos estudiantes no pueden permitirse viajar a otros países para continuar sus estudios (los programas tipo Erasmus, son escasos en dotación económica, y no siempre llegan a todos los demandantes). En este sentido, el uso adecuado de las TIC, y particularmente, de una plataforma VRL de experimentación como la propuesta en OPTILAB, puede servir para romper estas barreras geográficas, y poner en contacto a estudiantes de países y ámbitos culturales muy diferentes.

Respecto al conocimiento y uso de herramientas colaborativas, la variable PVS6.1: Valore las aplicaciones siguientes, en relación con el *conocimiento* que ten-

PVS6.1: Rate the following applications, regarding the knowledge you have of them

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1		1.00	6.00	5.00	1.41	57
2		1.00	6.00	3.98	1.96	53
3		1.00	6.00	2.58	1.82	43
4		1.00	6.00	4.49	1.78	51
5		1.00	6.00	2.60	1.91	42

Figura 4.54 Resultado de la variable PVS6.1: Conocimiento de herramientas colaborativas

PVS6.2: Rate the following applications, regarding the use you make of them

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1		1.00	6.00	4.41	1.77	56
2		1.00	6.00	3.60	1.93	48
3		1.00	6.00	2.26	1.68	39
4		1.00	6.00	3.78	1.88	51
5		1.00	6.00	2.08	1.68	38

Figura 4.55 Resultado de la variable PVS6.2: Uso de herramientas colaborativas

ga de las mismas ha obtenido los resultados mostrados en la [Figura 4.54](#). Como ya ocurriese con los resultados obtenido en los cuestionario de estudiantes, las dos herramientas más conocidas son **Dropbox** (5,00 puntos) y **Google Drive** (4,49 puntos). Dichas herramientas son también las más usadas, como expresa la variable **PVS6.2: Valore las aplicaciones siguientes, en relación con el uso que tenga de las mismas**, cuyos resultados se representan en la [Figura 4.55](#).

La presencia en redes sociales del profesorado es inferior en promedio al caso de los estudiantes. Así, los resultados de la variable **PVS6.3: Valore su presencia en redes sociales**, mostrados en la [Figura 4.56](#), señalan que las redes sociales más

PVS6.3: Please indicate which of the following social networks you participate in (if you do not know it, do not check it)

#	Answer	Min Value	Max Value	Average Value	Standard Deviation	Responses
1		1.00	7.00	3.60	2.00	48
2		1.00	7.00	3.00	2.14	40
3		1.00	4.00	1.32	0.75	25
4		1.00	6.00	2.45	1.80	38
5		1.00	6.00	3.58	1.62	48
6		1.00	6.00	2.43	1.75	35

Figura 4.56 Resultado de la variable PVS6.3: Presencia en redes sociales

utilizadas por los profesores son **facebook**® (3,60 puntos, frente a los 4,97 puntos de los estudiantes) y **LinkedIn**® (3,58 puntos). No es ninguna sorpresa que los profesores utilicen más una red social orientada al mundo laboral, como es **LinkedIn**®, frente a redes más lúdicas, como puede ser *Instagram*, por ejemplo (2,43 puntos).

Finalizamos el estudio del cuestionario de requisitos de profesores, con la variable PVS6.4: ¿Escribe en algún blog?. La mayoría de los profesores respondieron **No** a esta pregunta, o directamente, no contestaron. Respecto a quienes respondieron afirmativamente, los blogs donde publican son los siguientes:

- comunicación, *mobile health*
- <http://www.lavozdelaciencia.com>
- <http://www.eag.com/>

4.3. Análisis comparativo de las variables

Una vez realizado el estudio descriptivo de las variables individuales, contenidas en los cuestionarios de requisitos de estudiantes y profesores, a continuación se procede a analizar la relación existente entre las variables más significativas de dichos cuestionarios.

El propósito de este análisis comparativo es obtener una visión más completa de los resultados obtenidos, e intentar inferir tendencias sobre las cuestiones abordadas, en función de los distintos grupos poblacionales que componen cada uno de los dos colectivos estudiados.

Antes de proceder al análisis comparativo de los datos, conviene recordar los tipos de variables que podemos tener en nuestros cuestionarios, pues la naturaleza de cada variable influirá en el tipo de pruebas que podremos realizar sobre ella.

Toda variable se puede clasificar en alguno de los siguientes grupos [García *et al.*, 2001, vol. I p. 463]:

Categoría/cualitativa: Representan categorías o grupos de pertenencia. Un claro ejemplo es el género. A su vez, se suele distinguir entre:

Nominal: Cuando los datos se agrupan sin ningún tipo de jerarquía entre sí, como los nombres de personas, raza, grupos sanguíneos, etc. Según el número de valores de la variable nominal, ésta se puede clasificar en **dicotómica** (adopta 2 valores, *e.g.* sí/no) o **policotómica** (presenta varias opciones, *e.g.* plataforma digital educativa utilizada).

Ordinal: Si los valores de la variable poseen un orden jerárquico (*e.g.* días de la semana, nivel socioeconómico).

Valoración/escala: Representan magnitudes, normalmente asociadas a una **escala**. Sirven para realizar comparaciones de igualdad/desigualdad, establecer un orden de sus valores, y medir la distancia existente entre cada valor de la escala. Se clasifican a su vez en **continuas** (*e.g.* peso, presión arterial) o **discretas** (*e.g.* número de asignaturas cursadas).

Una vez repasados los tipos de variables que podemos encontrarnos, se analizará la relación existente entre parejas de variables del cuestionario, partiendo siempre de la base de que no existe relación entre ellas (*hipótesis nula*, H_0). Nuevamente, se utilizará la potencia del paquete estadístico SPSS STATISTICS® para calcular las distintas pruebas de asociación entre variables.

El primer estadístico que estudiaremos es la **prueba de la χ^2 de Pearson**, que como es sabido, se construye a partir de las diferencias existentes entre las frecuencias observadas y esperadas (elevadas al cuadrado para evitar problemas de signo), y presenta los datos en tablas de contingencia [Frey *et al.*, 2000]. El estadístico χ^2 se calcula de acuerdo a la [Ecuación 4.1](#):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^Q \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (4.1)$$

donde:

O_{ij} : frecuencia observada del elemento (i, j)

E_{ij} : frecuencia esperada del elemento (i, j)

En el *contraste de hipótesis*, el cálculo de la prueba de la χ^2 de Pearson produce un valor numérico, denominado valor ρ (o ρ -valor). Si el ρ -valor es menor que un nivel de *significación estadística* determinado (que viene representado normalmente por la letra α),⁵ entonces rechazaremos la hipótesis nula (H_0), y podremos afirmar que las variables estudiadas están relacionadas.

En concreto, estableciendo un *nivel de confianza* del 95 % (o lo que es lo mismo, $\alpha = 0,05$), si al calcular el ρ -valor mediante la prueba de la χ^2 de Pearson resulta que $\rho < 0,05$, podremos rechazar la hipótesis nula H_0 , y afirmar que las dos variables están relacionadas, con ese nivel de confianza; por contra, si $\rho > 0,05$, no podremos rechazar H_0 , y aceptaremos que las variables analizadas no están relacionadas.

Si el nivel de significación estadística calculado es $\rho < 0,01$, podremos rechazar H_0 con un nivel del confianza del 99 %.

Una vez que se determine la dependencia entre variables, el siguiente paso es comprobar el grado de asociación que tienen entre sí. Para ello, se calcularán *medidas de asociación* para variables nominales basadas en la prueba de la χ^2 de Pearson, como son:

⁵En Estadística, un resultado es *estadísticamente significativo* cuando no es probable que haya sucedido por efecto del azar.

Coefficiente ϕ (Phi): se utiliza al estudiar la relación entre variables binarias (dicotómicas), y se define como:

$$\phi = \sqrt{\frac{\chi^2}{N}} \quad (4.2)$$

donde N es el total de casos (tamaño de la muestra). Su interpretación es similar a la prueba de la χ^2 de Pearson.

Coefficiente V de Cramér: medida de asociación entre variables medidas en escala nominal. Se define como:

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{N(\min[r, c] - 1)}} \quad (4.3)$$

donde N es el tamaño de la muestra, y $\min[r, c]$ es el menor entre el número de filas (r , *rows*) y el de columnas (c , *columns*). Un valor para el coeficiente V de Cramér mayor que 0,3 se considera que representa una correlación significativa entre las variables.

Coefficiente C de contingencia: también llamado de Karl-Pearson, indica la intensidad de la relación entre dos (o más) variables cuantitativas o cualitativas. Su expresión es:

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2 + N}} \quad (4.4)$$

donde N es el tamaño de la muestra. El valor del coeficiente C de contingencia está comprendido entre $0 \leq C \leq 1$. Un valor de C cercano a 0 indica variables independientes. En cambio, si C está próximo a 1, señala una mayor medida de dependencia entre las variables.

Coefficiente η (Eta): se utiliza cuando la variable dependiente se mide en un intervalo y la variable independiente se mide en una escala ordinal o nominal. Toma valores entre 0 y 1, y se define como:

$$\eta^2 = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_y^2} \quad (4.5)$$

El límite $\eta^2 = 0$ indica que no existe dispersión entre las medias de las diferentes categorías, mientras que $\eta^2 = 1$ se refiere a que no hay dispersión dentro de las respectivas categorías. Si todos los puntos de la población toman el mismo valor, η^2 no está definido.

Cuando el análisis se realice sobre **variables de valoración** (*i.e.* aquellas a las que se les asigna un valor en la escala de Likert de 1 - 6), se realizará un **ANálisis de la Varianza (ANalysis Of VAriance) (ANOVA)**, siguiendo los pasos descritos a continuación:

Descripción numérica y gráfica de los grupos bajo estudio. Se calcularán parámetros estadísticos (promedio, distribución F de Fisher y nivel de significación ρ), completados por representaciones gráficas (gráficos de medias, de cajas, barras, etc.).

Análisis del supuesto de homocedasticidad u homegeneidad de varianzas

1. Si se obtiene homogeneidad de varianzas, se realizará un test de Levene. Si la significación asociada al estadístico Levene es mayor de 0,05, supondremos varianzas iguales; en caso contrario, asumiremos varianzas distintas.
2. Si no se obtiene homogeneidad de varianzas, se realizarán pruebas robustas de igualdad de medias de Welch y Brown-Forsythe. Si se confirma que existen diferencias significativas entre los promedios, se utilizarán pruebas que no asumen varianzas iguales (Tamhane, Dunnet, Games-Howell...) para intentar hallar dónde se encuentran las diferencias.

Tabla de ANOVA la cual seguirá uno de los siguientes caminos:

1. Si hay igualdad de varianzas entre los grupos, F es grande, y $\rho < 0,05$, existen diferencias estadísticamente significativas entre los promedios, por lo que se realizará un test de comparaciones múltiples. Se utilizarán diversos estadísticos (Scheffé, HSD de Turkey, Ducam...) para ver dónde se encuentran las diferencias entre los promedios.
2. Si $\rho > 0,05$, entonces se puede concluir que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los promedios, por lo que no se continúa el análisis.

Una vez descrito el proceso a seguir, comenzamos el análisis comparativo de las variables de los cuestionarios de requisitos estudiantes y profesores.

4.3.1. Análisis comparativo en el cuestionario de estudiantes

Procederemos al análisis de las variables que conforman los distintos bloques del cuestionario de requisitos de estudiantes. Si se comprueba que existe relación entre ellas, se pasará a analizar el tipo de información que puede aportar tal relación.

De todas las variables que conforman el cuestionario, entendemos que la variable **EVP1.2: Especialidad** es la más relevante, pues podrán establecerse tendencias en el uso de la plataforma **VRL** en función de la especialidad cursada. Por tanto, estudiaremos la relación de esta variable, elegida como independiente, con las demás variantes dependientes de cada bloque del cuestionario.

4.3.1.1. Análisis comparativo de la especialidad frente a variables del bloque 1 de estudiantes

Iniciamos el análisis comparativo, analizando la relación entre la variable **EVP1.2: Especialidad** y las variables de identificación que conforman el BLOQUE 1: PREGUNTAS SOBRE POBLACIÓN ENCUESTADA del cuestionario de requisitos de estudiantes, tal y como vienen descritas en la [Tabla 3.3](#).

La primera de estas variables es **EVE1.1: Edad**. La [Tabla 4.11](#) muestra los resultados del cálculo de la prueba de la χ^2 de Pearson sobre ambas variables. Tal y como se observa, el valor de χ^2 es igual a 157,530, con 91 grados de libertad, y una significación $\rho = 0,000$, por lo que, al ser dicha significación inferior a 0,05, podemos afirmar que **las variables EVE1.1: Edad y EVP1.2: Especialidad muestran una dependencia entre si, estadísticamente significativa.**

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	157,530 ^a	91	,000
Likelihood Ratio	134,115	91	,002
Linear-by-Linear Association	13,959	1	,000
N of Valid Cases	117		

a. 108 cells (96,4%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,05.

Tabla 4.11 Relación entre las variables **EVE1.1: Edad** y **EVP1.2: Especialidad**

Por ser **EVE1.1: Edad** una variable de intervalo, calculamos el coeficiente η^2 , el cual arroja el resultado 0,440 mostrado en la [Tabla 4.12](#), lo que indica la asociación existente entre las variables.

Directional Measures			Value
Nominal by Interval	η^2	Please enter your age Dependent	,440
		Major Dependent	,492

Tabla 4.12 Medidas direccionales entre las variables **EVE1.1: Edad** y **EVP1.2: Especialidad**

La [Figura 4.57](#) muestra la gráfica de barras de estas dos variables. Como puede observarse, la población de estudiantes encuestados presenta una agrupación de individuos en torno a los 23 años de edad, notablemente superior al resto, especialmente en las titulaciones de Ingeniería Medioambiental e Ingeniería Mecánica. El siguiente gran grupo poblacional se sitúa en torno a los 20 años de edad, destacando en este caso las especialidades de Química/Ingeniería Química, e Ingeniería Mecánica.

A continuación, se analiza la relación entre las variables **EVE1.2: Género** y **EVP1.2: Especialidad**. Se comienza de nuevo con la prueba de la χ^2 de Pearson para determinar la posible dependencia entre ambas variables, partiendo siempre de la hipótesis nula de independencia H_0 .

El resultado de este análisis se muestra en la [Tabla 4.13](#). Como puede observarse, el estadístico χ^2 proporciona un valor de 31,608, con 14 grados de libertad⁶ y un nivel de significación de $\rho = 0,005$, que al ser menor que $\alpha = 0,05$, nos confirma que podemos rechazar H_0 , o lo que es lo mismo, **las variables EVE1.2: Género y EVP1.2: Especialidad son dependientes**.

Al ser la muestra relativamente grande ($N = 117$ cuestionarios), la *razón de verosimilitud*, alternativa a la prueba de la χ^2 de Pearson, y que utiliza el cociente entre las frecuencias observadas y esperadas en lugar de la diferencia de ambas, muestra un resultado parecido ($\chi^2 = 32,579$, 14 grados de libertad, y nivel de significación $\rho = 0,003$), lo que refuerza la tesis de que, para cualquier nivel, la hipótesis nula H_0 de que la especialidad no depende del género debe ser rechazada, y por tanto, admitimos la dependencia entre ambas variables.

⁶8 filas, correspondientes a las especialidades con valores no nulos, y 3 columnas, que corresponden a las opciones de género contempladas, producen $(8 - 1) \cdot (3 - 1) = 14$ grados de libertad.

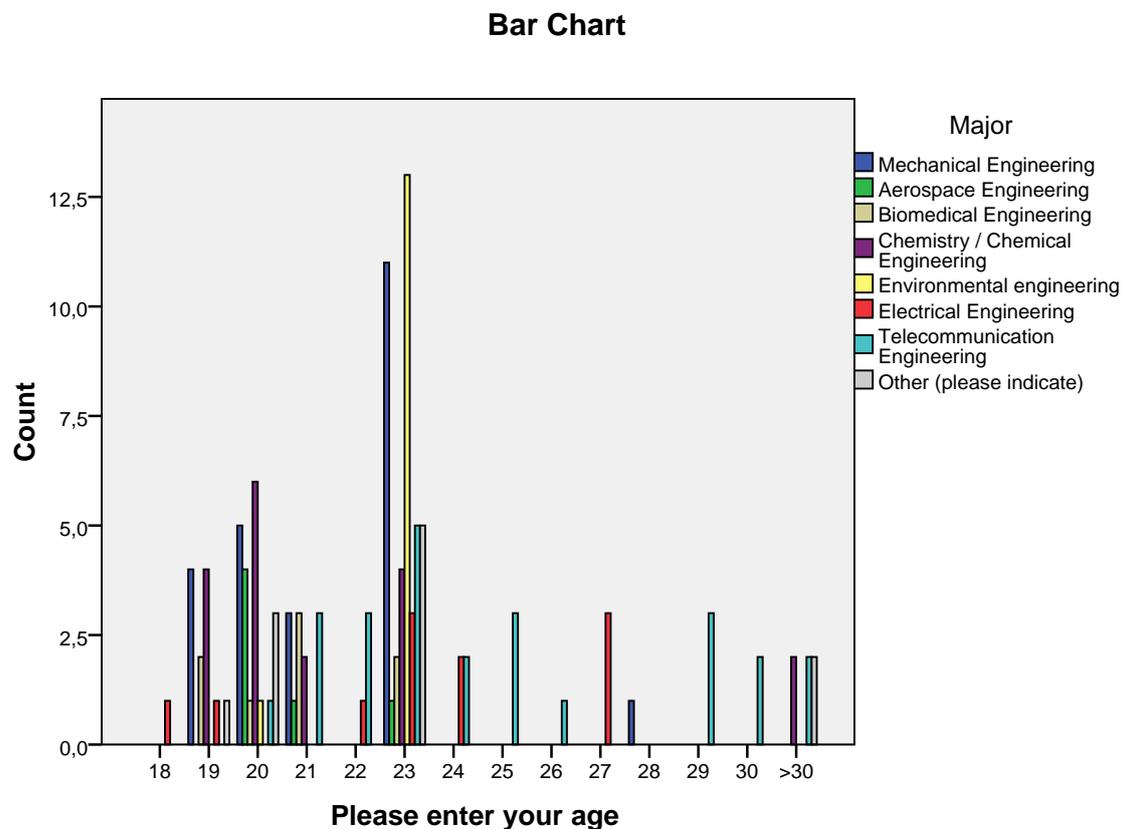


Figura 4.57 Gráfica de barras agrupadas por las variables EVE1.1: Edad y EVP1.2: Especialidad

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	31,608 ^a	14	,005
Likelihood Ratio	32,579	14	,003
Linear-by-Linear Association	4,439	1	,035
N of Valid Cases	117		

a. 14 cells (58,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,10.

Tabla 4.13 Relación entre las variables EVE1.2: Género y EVP1.2: Especialidad

Una vez determinado que las variables EVE1.2: Género y EVP1.2: Especialidad son dependientes entre sí, realizaremos el análisis del grado de asociación que hay entre ellas, calculando los parámetros descritos en la [Tabla 4.14](#).

En la práctica, si una de las variables tiene más de 2 categorías (como sucede en nuestro caso, para las dos variables EVE1.2: Género y EVP1.2: Especialidad), el valor

Symmetric Measures		Value	Approx. Sig.
Nominal by Nominal	Phi	,520	,005
	Cramer's V	,368	,005
	Contingency Coefficient	,461	,005
	N of Valid Cases	117	

Tabla 4.14 Medidas de asociación para las variables EVE1.2: Género y EVP1.2: Especialidad

de significación (última columna de la [Tabla 4.14](#)) es más importante que el valor del estadístico, siendo el coeficiente C de contingencia una extensión de éste.

El coeficiente C de contingencia toma valores entre 0 y C_{max} , siendo:

$$C_{max} = \sqrt{\frac{\min[r, c] - 1}{1 + \min[r, c] - 1}} < 1$$

En nuestro caso, $r = 8$ (nº de opciones no nulas para **EVP1.2: Especialidad**), $c = 3$ (nº de opciones para **EVE1.2: Género**, incluyendo “Prefiero no contestar”), por lo que, haciendo el cálculo, resulta un valor $C_{max} = 0,816$. Dado que el coeficiente C de contingencia calculado en la [Tabla 4.14](#) es $C = 0,461$, podemos afirmar que la asociación entre las dos variables es fuerte. Además, y dado que el valor de significación es 0,005, se confirma que **la asociación o dependencia entre las variables EVE1.2: Género y EVP1.2: Especialidad es muy significativa**.

La [Figura 4.58](#) muestra la gráfica de barras agrupadas por las variables en cuestión. Como puede observarse, la mayor proporción la presentan los varones que estudian Ingeniería Mecánica e Ingeniería de Telecomunicaciones, y a cierta distancia, los hombres que estudian Ingeniería Medioambiental. A continuación, están las mujeres que estudian Química/Ingeniería Química.

Por el contrario, la menor proporción está en las mujeres que estudian Ingeniería Aeroespacial, y el colectivo de personas que prefieren no determinar su género, las cuales estudian Ingeniería Electrónica y “Otros”.

Se analiza ahora la relación entre las variables **EVP1.1: Universidad** y **EVP1.2: Especialidad**. Nuevamente, al tratarse de variables de categorización, utilizaremos la prueba de la χ^2 de Pearson. La [Tabla 4.15](#) muestra los resultados obtenidos al realizar la prueba de la χ^2 de Pearson sobre esta pareja de variables. Como puede observarse, el valor obtenido es $\chi^2 = 57,922$, con 16 grados de libertad, y una significación $\rho = 0,000$, lo que indica claramente que **las variables EVP1.1:**

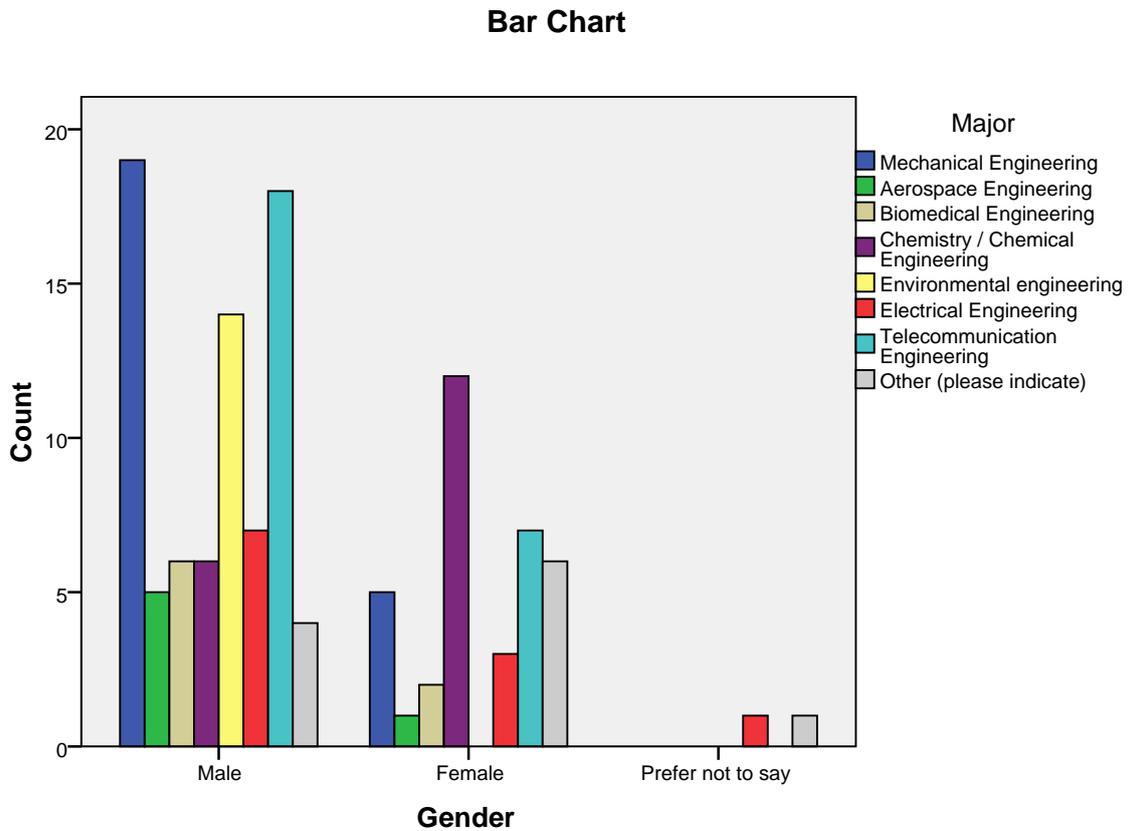


Figura 4.58 Gráfica de barras agrupadas por las variables EVE1.2: Género y EVP1.2: Especialidad

Universidad y EVP1.2: Especialidad muestran una dependencia significativa entre si.

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	412,258 ^a	56	,000
Likelihood Ratio	292,911	56	,000
Linear-by-Linear Association	13,172	1	,000
N of Valid Cases	117		

a. 69 cells (95,8%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,10.

Tabla 4.15 Relación entre las variables EVP1.1: Universidad y EVP1.2: Especialidad

Una vez comprobado que las variables **EVP1.1: Universidad** y **EVP1.2: Especialidad** son dependientes entre sí, se estudiará el grado de asociación entre ambas. La [Tabla 4.16](#) muestra los valores de los coeficientes ϕ , V de Cramér y C de contingencia sobre estas variables, proporcionados por SPSS STATISTICS®.

Symmetric Measures		Value	Approx. Sig.
Nominal by Nominal	Phi	1,877	,000
	Cramer's V	,709	,000
	Contingency Coefficient	,883	,000
	N of Valid Cases	117	

Tabla 4.16 Medidas de asociación para las variables **EVP1.1: Universidad** y **EVP1.2: Especialidad**

El coeficiente de contingencia presenta un valor $C = 0,575$ con una significación $\rho = 0,000$, lo que nos lleva a afirmar que **la asociación entre las variables EVP1.1: Universidad y EVP1.2: Especialidad es muy significativa.**

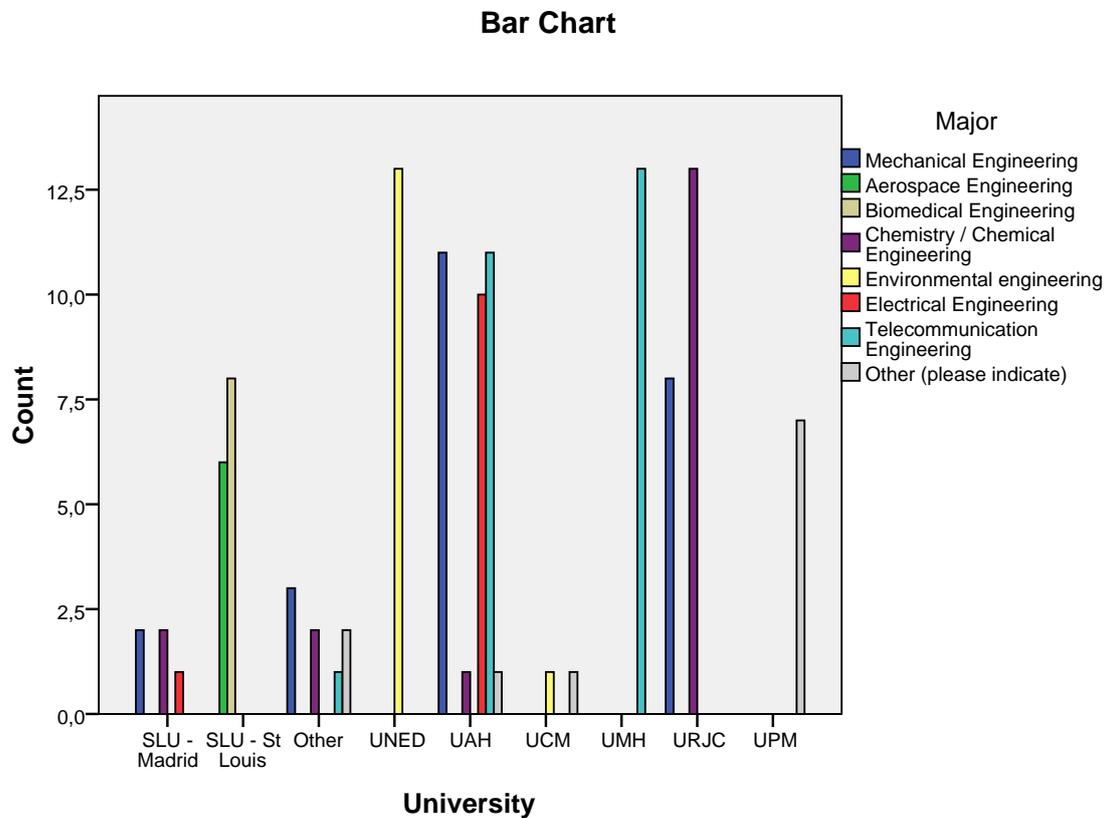


Figura 4.59 Gráfica de barras agrupadas por las variables **EVP1.1: Universidad** y **EVP1.2: Especialidad**

La gráfica de barras agrupadas de ambas variables se muestra en la [Figura 4.59](#). Como puede observarse, existe un grupo de universidades que polarizan algunas de titulaciones que respondieron al cuestionario. Es el caso de la [UNED](#) con la titulación de Ingeniería Medioambiental, la [UAH](#) con Ingeniería Electrónica, o la [URJC](#) con Ingeniería Química. El resto de titulaciones, están más repartidas entre las entidades participantes.

Las siguientes variables a analizar son **EVP1.3: Curso más alto en que se encuentra matriculado** y **EVP1.2: Especialidad**. La prueba de la χ^2 de Pearson realizada se muestra en la [Tabla 4.17](#), donde puede observarse el valor $\chi^2 = 50,023$, con 28 grados de libertad, y una significación $\rho = 0,001$, lo cual indica que **las variables EVP1.3: Curso y EVP1.2: Especialidad muestran claramente una dependencia significativa entre si**.

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	59,023 ^a	28	,001
Likelihood Ratio	61,316	28	,000
Linear-by-Linear Association	13,709	1	,000
N of Valid Cases	117		

a. 33 cells (82,5%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,10.

Tabla 4.17 Relación entre las variables EVP1.3: Curso y EVP1.2: Especialidad

La [Tabla 4.18](#) muestra el coeficiente η para la variable **EVP1.3: Curso**, cuyo valor es 0,529, lo que indica un alto grado de asociación existente entre dichas variables.

Directional Measures

			Value
Nominal by Interval	Eta	Current year Dependent	,529
		Major Dependent	,378

Tabla 4.18 Medidas direccionales para las variables EVP1.3: Curso y EVP1.2: Especialidad

La representación gráfica de las variables **EVP1.3: Curso** y **EVP1.2: Especialidad** se muestra en la [Figura 4.60](#). Tal y como muestra la gráfica, la mayoría de los estudiantes encuestados cursan 3^o año de su especialidad, salvo los estudiantes

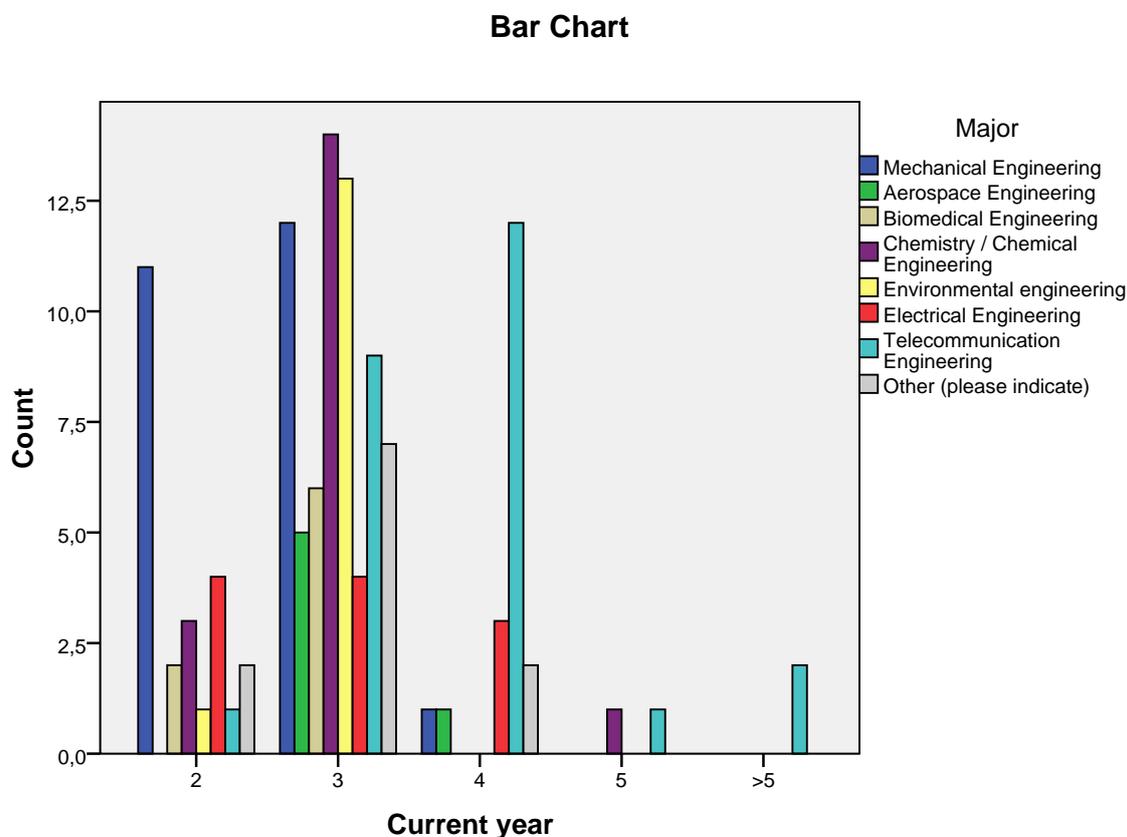


Figura 4.60 Gráfica de barras agrupadas por las variables EVP1.3: Curso y EVP1.2: Especialidad

de Ingeniería de Telecomunicación (mayoritariamente cursando 4^o año), y los de Ingeniería Mecánica, que se reparten de forma prácticamente idéntica entre 2^o y 3^o curso. Un pequeño grupo de estudiantes de Ingeniería de Telecomunicación cursan doctorado (> 5^o año).

Se analizan a continuación las variables **EVP1.2: Especialidad** y **EVE1.3: ¿Trabaja?**, usando una vez más la prueba de la χ^2 de Pearson. La [Tabla 4.19](#) muestra los resultados obtenidos al realizar la prueba de la χ^2 de Pearson sobre esta pareja de variables. Como puede observarse, el valor obtenido es $\chi^2 = 10,961$, con 7 grados de libertad, y una significación $\rho = 0,140$, lo que indica que, en esta ocasión, aceptamos la hipótesis H_0 de independencia de las variables, o lo que es lo mismo, **las variables **EVE1.3: ¿Trabaja?** y **EVP1.2: Especialidad** no muestran una dependencia estadísticamente significativa entre si**. Por tanto, no realizaremos estudio posterior del grado de asociación entre ambas variables.

Según muestra la representación gráfica de la [Figura 4.61](#), la mayoría de los estudiantes dicen no realizar ningún trabajo remunerado. Únicamente los estudiantes

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	10,961 ^a	7	,140
Likelihood Ratio	13,082	7	,070
Linear-by-Linear Association	,863	1	,353
N of Valid Cases	117		

a. 8 cells (50,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,23.

Tabla 4.19 Relación entre las variables EVE1.3: ¿Trabaja? y EVP1.2: Especialidad

de Ingeniería de Telecomunicación tienen un cierto peso entre los que afirman que sí trabajan a la vez que estudian, aunque también en esta especialidad, predominan los que no trabajan.

Bar Chart

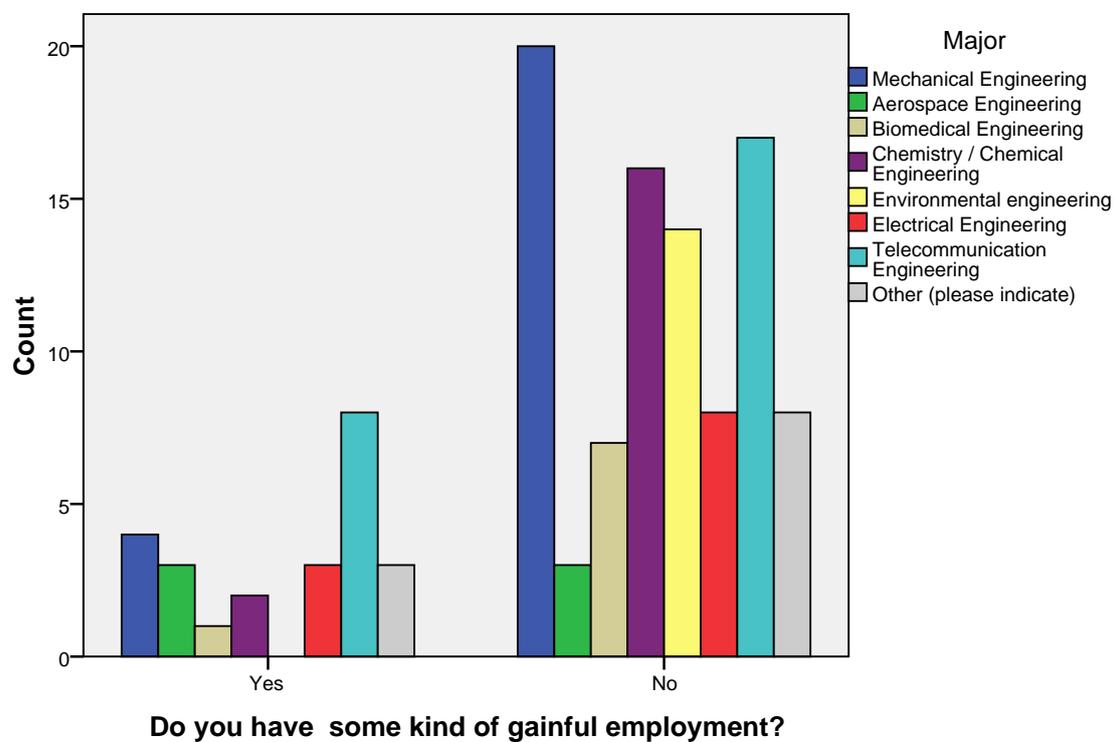


Figura 4.61 Gráfica de barras agrupadas por las variables EVE1.3: ¿Trabaja? y EVP1.2: Especialidad

En el estudio comparativo de la variable **EVP1.4: Estudios previos** con la variable **EVP1.2: Especialidad**, la prueba de la χ^2 de Pearson, mostrada en la [Tabla 4.20](#), arroja un valor de 34,604, con 21 grados de libertad y una significación $\rho = 0,031$, que al ser inferior a 0,05, nos lleva a poder afirmar que **las variables EVP1.4: Estudios previos y EVP1.2: Especialidad muestran claramente una dependencia significativa entre si.**

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	34,604 ^a	21	,031
Likelihood Ratio	31,449	21	,067
Linear-by-Linear Association	2,017	1	,156
N of Valid Cases	117		

a. 25 cells (78,1%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,10.

Tabla 4.20 Relación entre las variables EVP1.4: Estudios previos y EVP1.2: Especialidad

El análisis de las medidas de simetría, que comprueban el grado de asociación de las variables, se indica en la [Tabla 4.21](#). De nuevo, el coeficiente de contingencia, $C = 0,478$, con una significación $\rho = 0,031$, lo que nos lleva a afirmar que **la asociación o dependencia entre las variables EVP1.4: Estudios previos y EVP1.2: Especialidad es muy significativa.**

Symmetric Measures

		Value	Approx. Sig.
Nominal by Nominal	Phi	,544	,031
	Cramer's V	,314	,031
	Contingency Coefficient	,478	,031
N of Valid Cases		117	

Tabla 4.21 Medidas de asociación para las variables EVP1.4: Estudios previos y EVP1.2: Especialidad

La [Figura 4.62](#) muestra la representación gráfica de estas dos variables. Como puede observarse, la mayoría de los estudiantes encuestados proceden de la escuela secundaria, y aún no han alcanzado una titulación universitaria, salvo un colectivo de estudiantes de Ingeniería de Telecomunicación, que según estos datos, están cursando el máster, una vez conseguido el título de graduado.

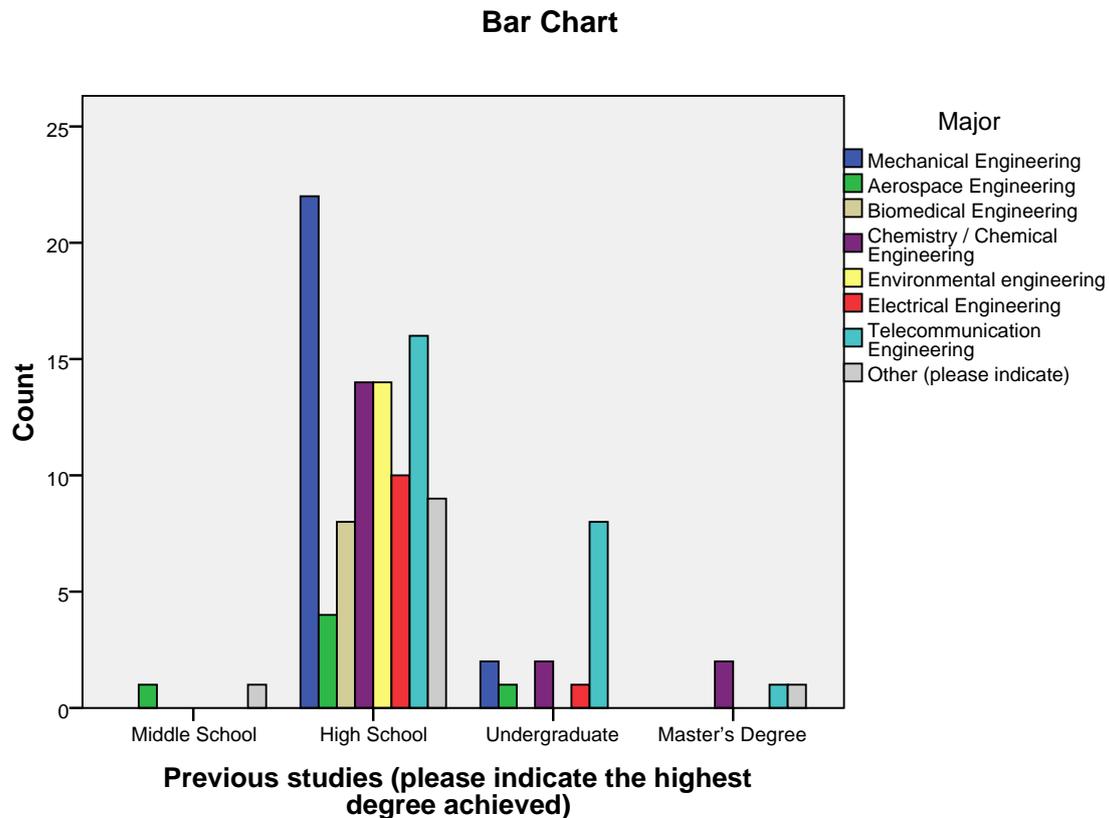


Figura 4.62 Gráfica de barras agrupadas por las variables EVP1.4: Estudios previos y EVP1.2: Especialidad

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	57,387 ^a	35	,010
Likelihood Ratio	64,469	35	,002
Linear-by-Linear Association	2,182	1	,140
N of Valid Cases	117		

a. 39 cells (81,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,10.

Tabla 4.22 Relación entre las variables EVE1.4: Ocupación principal y EVP1.2: Especialidad

Ahora, se estudian las variables EVE1.4: Ocupación principal y EVP1.2: Especialidad. La [Tabla 4.22](#) indica el cálculo resultante, al realizar la prueba de la χ^2 de Pearson. Como puede observarse, el valor obtenido es $\chi^2 = 57,387$, con 35 grados de libertad, y una significación $\rho = 0,010$, que al ser inferior a 0,05, nos indica que **las variables EVE1.4: Ocupación principal y EVP1.2: Especialidad muestran una**

dependencia significativa entre si, con el nivel de confianza establecido. Dado que hemos demostrado la dependencia entre las variables EVE1.4: Ocupación principal y EVP1.2: Especialidad, vamos a comprobar ahora el grado de asociación entre ambas. La [Tabla 4.23](#) muestra los valores de los coeficientes *Phi*, *V* de Cramér's y de contingencia.

Symmetric Measures			
		Value	Approx. Sig.
Nominal by Nominal	Phi	,700	,010
	Cramer's V	,313	,010
	Contingency Coefficient	,574	,010
	N of Valid Cases	117	

Tabla 4.23 Medidas de asociación para las variables EVE1.4: Ocupación principal y EVP1.2: Especialidad

Analizando de nuevo el coeficiente de contingencia, $C = 0,574$, y por ser su valor de significación igual a 0,010, podemos afirmar que **la asociación o dependencia entre las variables EVE1.4: Ocupación principal y EVP1.2: Especialidad es muy significativa.**

La [Figura 4.63](#) representa la gráfica de barras de estas variables. Como estudiantes a tiempo completo, destacan los que cursan Ingeniería Mecánica. El colectivo que más activamente busca empleo son los estudiantes de Ingeniería Medioambiental. Y entre los que estudian y trabajan a la vez, predominan los futuros Ingenieros de Telecomunicación.

4.3.1.2. Análisis comparativo de la especialidad frente a variables del bloque 2 de estudiantes

Se realiza a continuación el estudio comparativo de la variable EVP1.2: Especialidad con las que conforman el BLOQUE 2: PREGUNTAS GENERALES SOBRE ENSEÑANZA VIRTUAL del cuestionario de requisitos de estudiantes, descritas en la [Tabla 3.4](#). Recordemos de nuevo, que este bloque pretende conocer el grado de utilización de recursos didácticos digitales, por parte de los estudiantes encuestados.

Sobre la primera variable EVE2.1: ¿Tiene conexión a internet en casa?, no merece la pena su análisis comparativo, toda vez que la inmensa mayoría de los estudiantes consultados contestaron afirmativamente, salvo 3 casos aislados.

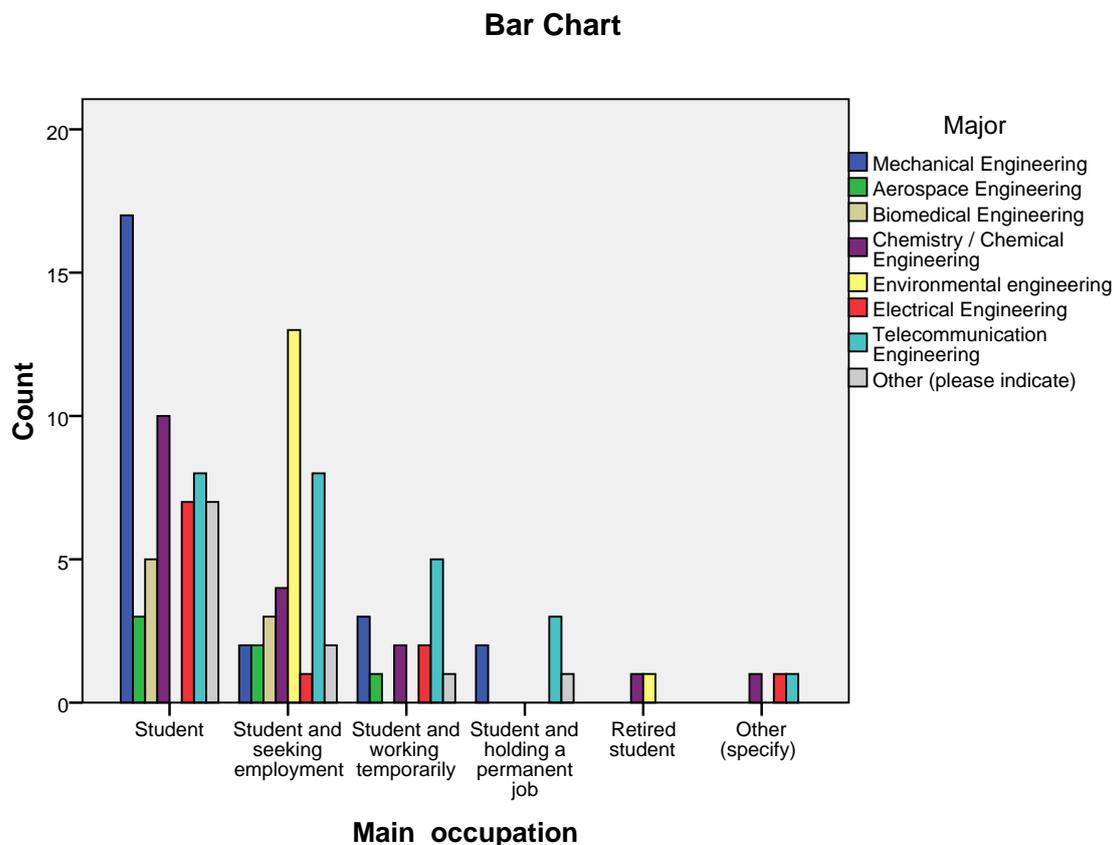


Figura 4.63 Gráfica de barras agrupadas por las variables EVE1.4: Ocupación principal y EVP1.2: Especialidad

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	82,569 ^a	24	,000
Likelihood Ratio	85,158	24	,000
Linear-by-Linear Association	27,733	1	,000
N of Valid Cases	117		

a. 30 cells (83,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,27.

Tabla 4.24 Relación entre las variables EVE2.2: Tipo de conexión y EVP1.1: Universidad

Más interesante resulta analizar la relación entre la variable EVE2.2: Si es así, ¿qué tipo de conexión tiene? y EVP1.1: Universidad. Se trata de establecer si la ubicación geográfica del estudiante tiene influencia en el ancho de banda disponible en su domicilio. En este caso, la prueba de la χ^2 de Pearson mostrada en la [Tabla 4.24](#), indica un valor de $\chi^2 = 57,922$, con 16 grados de libertad y una signi-

ficación asintótica nula, lo que nos lleva a afirmar que **las variables EVE2.2: Tipo de conexión y EVP1.1: Universidad muestran claramente una dependencia significativa entre si.**

Para ver el grado de asociación de estas dos variables, realizamos nuevamente un análisis de las medidas de simetría. Tal y como se muestra en la [Tabla 4.25](#), el coeficiente de contingencia alcanza un valor $C = 0,643$, con una significación nula, que indica una vez más que **la asociación o dependencia entre las variables EVE2.2: Tipo de conexión y EVP1.1: Universidad es muy significativa.**

Symmetric Measures			Value	Approx. Sig.
Nominal by Nominal	Phi		,840	,000
	Cramer's V		,485	,000
	Contingency Coefficient		,643	,000
N of Valid Cases			117	

Tabla 4.25 Medidas de asociación para las variables EVE2.2: Tipo de conexión y EVP1.1: Universidad

La [Figura 4.64](#) muestra la representación gráfica de estas dos variables. Llama la atención que ninguno de los estudiantes de [SLU - St. Louis](#) disponga de conexión a fibra óptica. Tratándose de Estados Unidos (uno de los países con mayor desarrollo tecnológico del mundo), este dato es, ciertamente, sorprendente. En todo caso, y como se comentaba en el análisis individual de esta variable, los estudiantes son quienes afirman con mayor frecuencia no conocer el tipo de conexión que tienen en su domicilio, posiblemente debido a que los estudiantes viven aún en casa de sus padres, o bien en residencias universitarias; en el primer caso, la conexión a la red les viene dada por parte de sus padres; en el segundo, el acceso a internet se lo proporciona el arrendador. Una pequeña proporción de estudiantes (aquellos que viven compartiendo pisos de alquiler, o bien los que ya trabajan y viven de forma autónoma), se encargan ellos mismos de gestionar su contrato de conexión a internet.

Respecto a la variable **EVP2.1: N° de asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital**, el análisis comparativo con **EVP1.2: Especialidad**, indicado en la [Tabla 4.26](#), muestra un resultado para la prueba de la χ^2 de Pearson de 80,516, con 28 grados de libertad y una significación asintótica nula, lo que indica que **se puede rechazar la hipótesis nula de independencia entre ambas variables.**

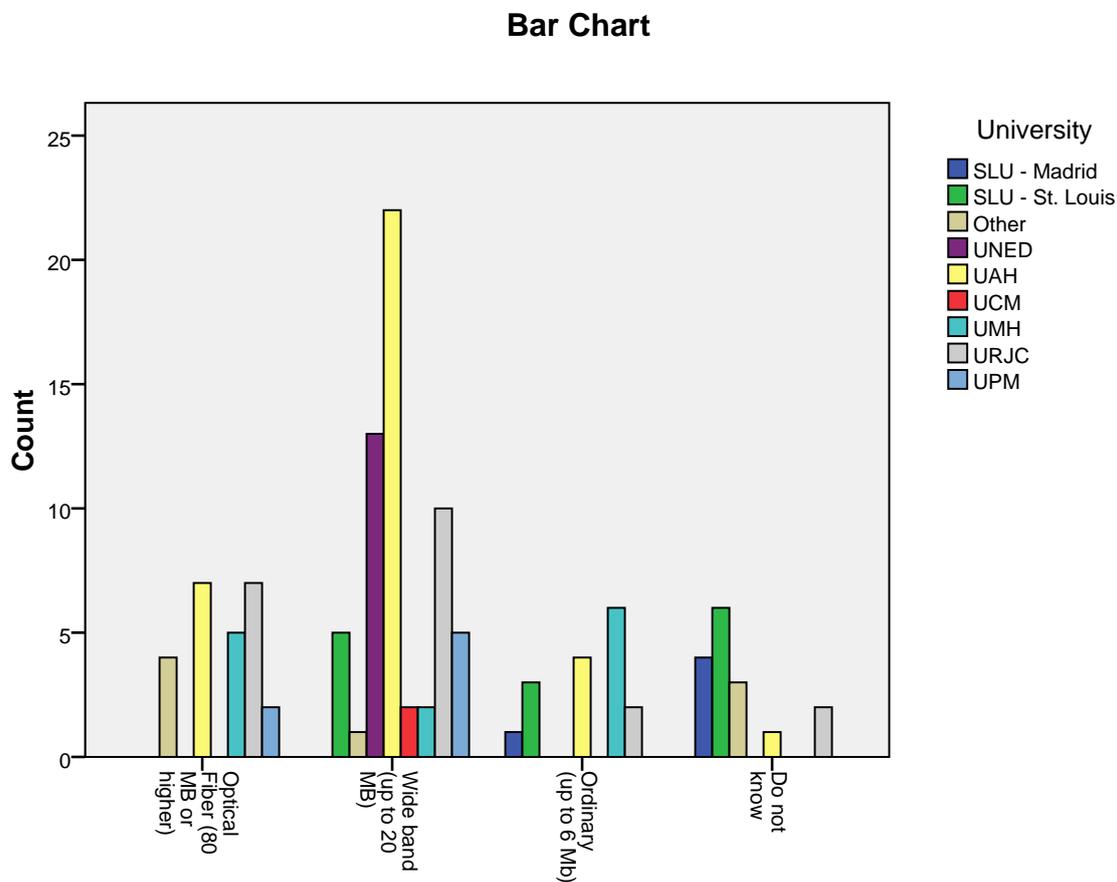


Figura 4.64 Gráfica de barras agrupadas por las variables EVE2.2: Tipo de conexión y EVP1.1: Universidad

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	80,516 ^a	28	,000
Likelihood Ratio	80,268	28	,000
Linear-by-Linear Association	4,340	1	,037
N of Valid Cases	117		

a. 34 cells (85,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,26.

Tabla 4.26 Relación entre las variables EVP2.1: Nº de asignaturas presenciales y EVP1.2: Especialidad

El grado de asociación de ambas variables, mostrado en la [Tabla 4.27](#), arroja un valor para el coeficiente de contingencia de $C = 0,638$, con una significación asintótica nula, lo que permite asegurar que **la asociación entre las variables EVP2.1: N° de asignaturas presenciales y EVP1.2: Especialidad es francamente buena.**

Symmetric Measures			
		Value	Approx. Sig.
Nominal by Nominal	Phi	,830	,000
	Cramer's V	,415	,000
	Contingency Coefficient	,638	,000
	N of Valid Cases	117	

Tabla 4.27 Medidas de asociación para las variables EVP2.1: N° de asignaturas presenciales y EVP1.2: Especialidad

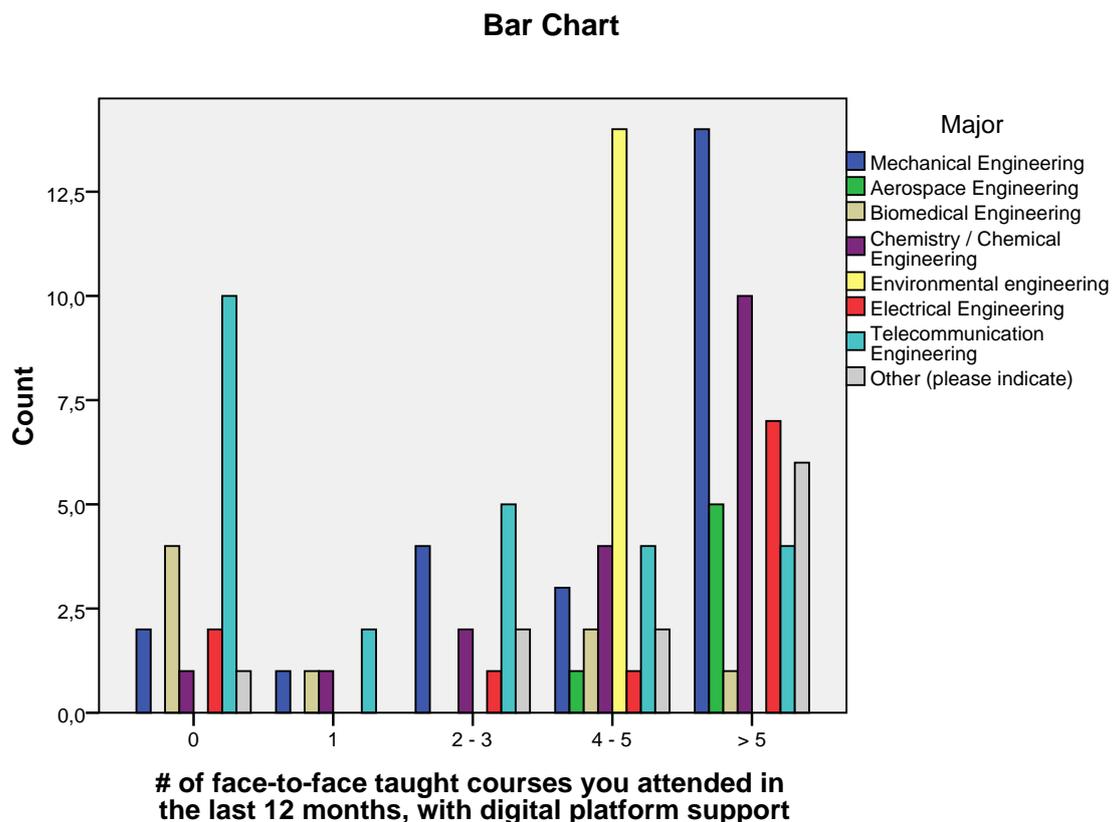


Figura 4.65 Gráfica de barras agrupadas por las variables EVP2.1: N° de asignaturas presenciales y EVP1.2: Especialidad

La [Figura 4.65](#) muestra la gráfica de barras de estas dos variables. Entre los estudiantes que más asignaturas han cursado en los últimos 12 meses, sobresalen

los que estudian Ingeniería Medioambiental (4 - 5 asignaturas) y los de Ingeniería Mecánica (> 5 asignaturas). En la zona inferior, destacan los estudiantes de Ingeniería de Telecomunicación que no han cursado ninguna asignatura en los últimos 12 meses, por ser estudiantes que están cursando ya la fase de investigación de su doctorado.

De forma similar, se estudia a continuación la variable **EVP3.1: N° de asignaturas totalmente virtuales**, en función de **EVP1.2: Especialidad**. La prueba de la χ^2 de Pearson, cuyo resultado se indica en la [Tabla 4.28](#), produce un valor de 20,671, con 21 grados de libertad y una significación de $\rho = 0,479$, que al ser mayor del valor 0,05 establecido para tener una confianza del 95 %, nos hace afirmar que, al contrario de lo que sucedía con las asignaturas presenciales, en este caso **las variables EVP3.1: N° de asignaturas totalmente virtuales y EVP1.2: Especialidad no tienen una dependencia significativa entre sí.**

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	20,671 ^a	21	,479
Likelihood Ratio	23,868	21	,299
Linear-by-Linear Association	1,785	1	,182
N of Valid Cases	117		

a. 24 cells (75,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,10.

Tabla 4.28 Relación entre las variables EVP3.1: N° de asignaturas virtuales y EVP1.2: Especialidad

En cuanto a las **EVP3.3: Razones por las que no ha realizado ningún curso totalmente virtual**, al tratarse de una variable de valoración dentro de la escala Likert, se realiza el análisis de la tabla [ANOVA](#) correspondiente. Como se muestra en la [Tabla 4.29](#), ninguna de las opciones de respuesta contempladas en el cuestionario tiene una significación estadística que nos haga rechazar la hipótesis nula de independencia entre variables, o lo que es lo mismo, **las variables EVP3.3: Razones por las que no ha realizado ningún curso totalmente virtual y EVP1.2: Especialidad son independientes entre sí.**

Para los estudiantes que sí han cursado alguna asignatura virtual, se analiza a continuación la posible relación entre las variables **EVS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es)** y **EVP1.2: Especialidad**. El análi-

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Reasons not to take fully-virtual courses-My curriculum does not address them	Between Groups	16,428	7	2,347	1,309	,253
	Within Groups	195,487	109	1,793		
	Total	211,915	116			
Reasons not to take fully-virtual courses-I chose to take the equivalent, face-to-face course	Between Groups	5,213	7	,745	,352	,928
	Within Groups	230,787	109	2,117		
	Total	236,000	116			
Reasons not to take fully-virtual courses-No time for on-line courses	Between Groups	6,652	7	,950	,545	,798
	Within Groups	189,929	109	1,742		
	Total	196,581	116			
Reasons not to take fully-virtual courses-Do not believe in fully-virtual teaching	Between Groups	,098	7	,014	,820	,572
	Within Groups	1,867	109	,017		
	Total	1,966	116			
Reasons not to take fully-virtual courses-Other reasons	Between Groups	,667	2	,333		
	Within Groups	,000	0			
	Total	,667	2			

Tabla 4.29 Tabla ANOVA de las variables EVP3.3: Razones por las que no ha realizado ningún curso totalmente virtual y EVP1.2: Especialidad

sis ANOVA realizado, y que se indica en la Tabla 4.30, demuestra que ninguna de las razones contempladas cumple el criterio de significación estadística establecido ($\rho < 0,05$), con lo que **no podemos rechazar la hipótesis nula de independencia entre ambas variables.**

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)-Subject area	Between Groups	1,809	7	,258	1,990	,063
	Within Groups	14,157	109	,130		
	Total	15,966	116			
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)-Format and course presentation	Between Groups	1,499	7	,214	1,739	,107
	Within Groups	13,424	109	,123		
	Total	14,923	116			
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)-Mandatory activities	Between Groups	1,461	7	,209	,976	,453
	Within Groups	23,325	109	,214		
	Total	24,786	116			
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)-Voluntary activities	Between Groups	,854	7	,122	,358	,924
	Within Groups	37,112	109	,340		
	Total	37,966	116			
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)-Attitude of the teacher / course coordinator	Between Groups	,888	7	,127	1,066	,390
	Within Groups	12,975	109	,119		
	Total	13,863	116			
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)-Participation of peers	Between Groups	,312	7	,045	,215	,981
	Within Groups	22,612	109	,207		
	Total	22,923	116			
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)-Flexibility of schedule to follow the course at my own pace	Between Groups	,687	7	,098	,713	,661
	Within Groups	15,005	109	,138		
	Total	15,692	116			
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)-Other aspects	Between Groups	,082	7	,012	,068	1,000
	Within Groups	18,909	109	,173		
	Total	18,991	116			

Tabla 4.30 Tabla ANOVA de las variables EVS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es) y EVP1.2: Especialidad

De igual forma, el análisis de la variable **EVS2.2: Razones de menor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es)** con la variable **EVP1.2: Especialidad**, es mostrado en la [Tabla 4.31](#). Tal y como sucedía con las razones de mayor satisfacción, el test **ANOVA** realizado sobre ambas variables indica que **no existe dependencia estadísticamente significativa entre estas dos variables**.

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Least satisfaction in fully-virtual course(s)-Course content did not respond to the expectations I had	Between Groups	2,791	7	,399	1,112	,361
	Within Groups	39,072	109	,358		
	Total	41,863	116			
Least satisfaction in fully-virtual course(s)-Format and presentation of the course was not attractive	Between Groups	2,666	7	,381	1,059	,395
	Within Groups	39,197	109	,360		
	Total	41,863	116			
Least satisfaction in fully-virtual course(s)-Too short delivery dates	Between Groups	1,342	7	,192	1,011	,427
	Within Groups	20,658	109	,190		
	Total	22,000	116			
Least satisfaction in fully-virtual course(s)-The course was too short	Between Groups	2,585	7	,369	,958	,465
	Within Groups	41,997	109	,385		
	Total	44,581	116			
Least satisfaction in fully-virtual course(s)-The course was too long	Between Groups	1,183	7	,169	,529	,811
	Within Groups	34,783	109	,319		
	Total	35,966	116			
Least satisfaction in fully-virtual course(s)-Platform tools do not allow complete solving of doubts	Between Groups	1,947	7	,278	,865	,537
	Within Groups	35,045	109	,322		
	Total	36,991	116			
Least satisfaction in fully-virtual course(s)-I miss face communication with the teacher	Between Groups	1,502	7	,215	1,088	,376
	Within Groups	21,490	109	,197		
	Total	22,991	116			
Least satisfaction in fully-virtual course(s)-I miss the personal interaction with peers	Between Groups	1,414	7	,202	,750	,631
	Within Groups	29,372	109	,269		

Tabla 4.31 Tabla **ANOVA** de las variables **EVS2.1: Razones de menor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es)** y **EVP1.2: Especialidad**

Respecto a la variable **EVP3.2: Plataforma digital que alojaba la(s) asignatura(s) presencial(es)/virtual(es)**, no se pudo completar el análisis cruzado con las variables **EVP1.2: Especialidad** o **EVP1.1: Universidad**, por haber muy pocos casos de estudiantes que contestaron a esta pregunta, como ya indicaba la [Figura 4.12](#). Lo único reseñable, reiterando lo dicho en su momento, es que la mayor frecuencia de los estudiantes que respondieron a esta pregunta (10), utilizaron la página web de su universidad como plataforma digital de apoyo en las asignaturas presenciales/virtuales.

La relación entre la variable **EVP4.1: N° horas semanales usando la plataforma digital** y la **EVP1.2: Especialidad**, indicada en la [Tabla 4.32](#), muestra un valor para prueba de la χ^2 de Pearson de 34,982, con 21 grados de libertad, y una significación $\rho = 0,028 < 0,05$, por lo que podemos afirmar que **las variables EVP4.1: N° horas**

semanales usando la plataforma digital y EVP1.2: Especialidad presentan una dependencia significativa entre si.

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	34,982 ^a	21	,028
Likelihood Ratio	39,897	21	,008
Linear-by-Linear Association	3,005	1	,083
N of Valid Cases	117		

a. 23 cells (71,9%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,21.

Tabla 4.32 Relación entre las variables EVP4.1: N° horas semanales usando la plataforma digital y EVP1.2: Especialidad

Una vez demostrada la dependencia entre ambas variables, estudiamos ahora el grado de asociación entre las mismas, tal y como muestra la [Tabla 4.33](#). El coeficiente de contingencia alcanza un valor $C = 0,480$, con una significación $\rho = 0,028$, lo que demuestra que **las variables EVP4.1: N° horas semanales usando la plataforma digital y EVP1.2: Especialidad tienen una asociación significativa.**

Symmetric Measures

		Value	Approx. Sig.
Nominal by Nominal	Phi	,547	,028
	Cramer's V	,316	,028
	Contingency Coefficient	,480	,028
	N of Valid Cases	117	

Tabla 4.33 Medidas de asociación para las variables EVP4.1: N° horas semanales usando la plataforma digital y EVP1.2: Especialidad

La relación entre ambas variables, mostrada gráficamente en la [Figura 4.66](#), indica que los Ingenieros de Telecomunicación son el colectivo que, con mayor claridad, tienen un periodo de utilización de la plataforma digital determinado (entre 6 y 12 horas semanales), si bien existe otro porcentaje menor de estudiantes de esta titulación, que afirman utilizar la plataforma únicamente entre 1 y 6 horas a la semana. Existe una pequeña muestra de estudiantes de distintas disciplinas, que afirman usar la plataforma más de 18 horas semanales (posiblemente estudiantes de la [UNED](#)).

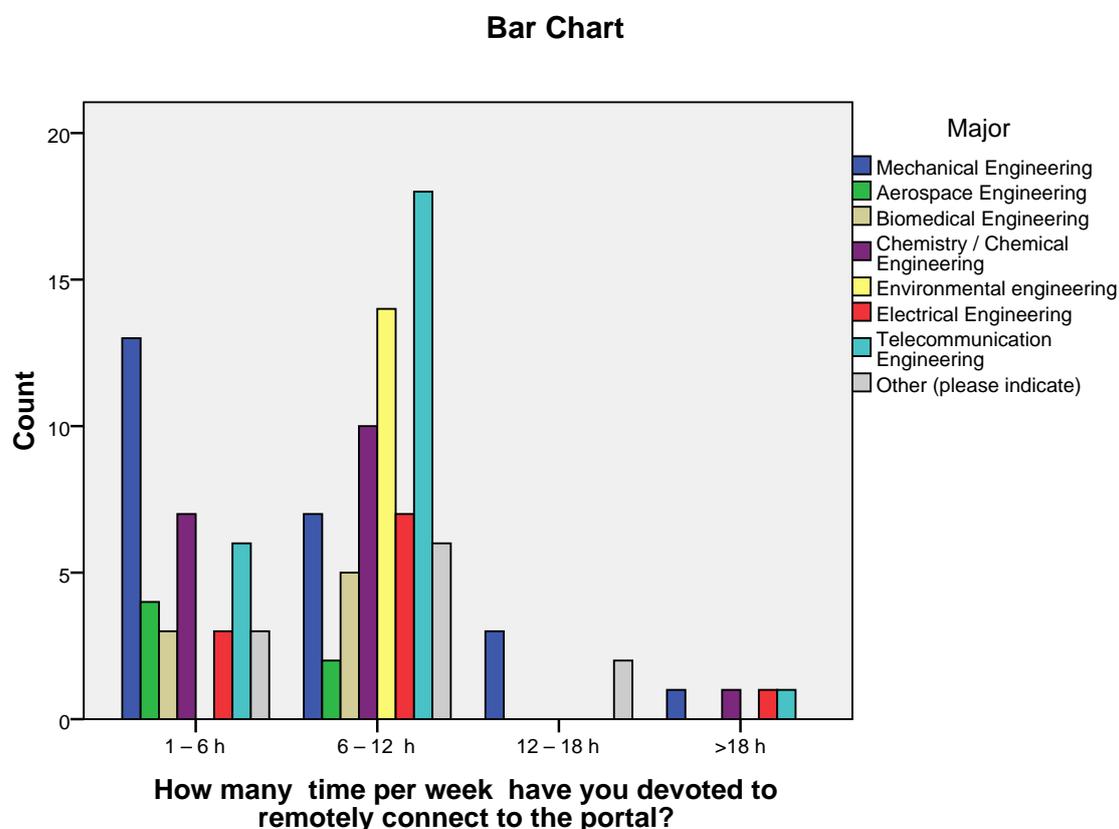


Figura 4.66 Gráfica de barras agrupadas por las variables EVP4.1: N° horas semanales usando la plataforma digital y EVP1.2: Especialidad

Interesa también intentar averiguar si existe alguna relación entre la variable EVP4.2: Ubicación preferente de conexión a la plataforma y la variable EVP1.2: Especialidad. Al tratarse de una variable de valoración, se realizó un test de ANOVA, que es mostrado en la Tabla 4.34. Como puede observarse, el test de ANOVA no produce ningún resultado estadísticamente significativo (la significación es siempre mayor que 0,05 en todos los casos), por lo que **las variables EVP4.2: Ubicación preferente de conexión a la plataforma y EVP1.2: Especialidad no son dependientes entre sí**, con el nivel de confianza del 95 % establecido.

La siguiente variable analizada es EVP4.3: Horario preferente de conexión a la plataforma. Nuevamente, como se trata de una variable de valoración, se realizó un test de ANOVA, que es mostrado en la Tabla 4.35. Como puede observarse, el test de ANOVA de esta variable no produce ningún resultado estadísticamente significativo para las distintas franjas de horario contempladas, por lo que nuevamente **no podemos rechazar la hipótesis nula de independencia entre la variable EVP4.3: Horario preferente de conexión a la plataforma y EVP1.2: Especialidad**.

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Preferred location to connect to the portal-From home	Between Groups	3,442	7	,492	,866	,536
	Within Groups	61,857	109	,567		
	Total	65,299	116			
Preferred location to connect to the portal-From university facilities	Between Groups	5,131	7	,733	,501	,832
	Within Groups	159,638	109	1,465		
	Total	164,769	116			
Preferred location to connect to the portal-From workplace outside university	Between Groups	5,817	7	,831	,625	,734
	Within Groups	144,952	109	1,330		
	Total	150,769	116			
Preferred location to connect to the portal-Other	Between Groups	,520	7	,074	,463	,859
	Within Groups	17,480	109	,160		
	Total	18,000	116			

Tabla 4.34 Tabla ANOVA de la variable EVP4.2: Ubicación preferente de conexión a la plataforma y EVP1.2: Especialidad

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Prime time of connection to the portal-From 8.00h to 14.00h	Between Groups	6,693	7	,956	,304	,951
	Within Groups	342,555	109	3,143		
	Total	349,248	116			
Prime time of connection to the portal-From 14.00h to 18.00h	Between Groups	5,917	7	,845	,579	,772
	Within Groups	159,229	109	1,461		
	Total	165,145	116			
Prime time of connection to the portal-From 18.00h to 20.00h	Between Groups	3,543	7	,506	,498	,834
	Within Groups	110,765	109	1,016		
	Total	114,308	116			
Prime time of connection to the portal-After 20.00h	Between Groups	37,522	7	5,360	1,980	,064
	Within Groups	295,059	109	2,707		
	Total	332,581	116			

Tabla 4.35 Tabla ANOVA de la variable EVP4.3: Horario preferente de conexión a la plataforma y EVP1.2: Especialidad

Como resumen de la valoración que los estudiantes de distintas especialidades hacen de la enseñanza presencial y virtual, se analiza la posible dependencia entre las variables EVS1.1: Grado de satisfacción de asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital y VS2.3: Grado de satisfacción de asignaturas virtuales, con la variable EVP1.2: Especialidad. Nuevamente, al tratarse de variables de valoración dentro de la escala de Likert establecida (1 - 6), realizamos un test de ANOVA, el cual se muestra en la Tabla 4.36. Tal y como reflejan los resultados de significación estadística (superiores a 0,05 en todos los casos), **no podemos rechazar la hipótesis de independencia entre estas variables.**

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Overall satisfaction with the face-to-face taught course(s) you attended in the last 12 months	Between Groups	3,091	7	,442	,465	,858
	Within Groups	103,439	109	,949		
	Total	106,530	116			
Overall satisfaction with the fully-virtual course(s)	Between Groups	15,443	7	2,206	1,536	,163
	Within Groups	156,557	109	1,436		
	Total	172,000	116			

Tabla 4.36 Tabla ANOVA de las variables EVS1.1: Grado de satisfacción de asignaturas presenciales, EVS2.3: *idem* virtuales y EVP1.2: Especialidad

4.3.1.3. Análisis comparativo de la especialidad frente a variables del bloque 3 de estudiantes

A continuación, analizamos comparativamente las variables contenidas en el BLOQUE 3: PREGUNTAS ESPECÍFICAS Y CULTURA COLABORATIVA del cuestionario de estudiantes, que recordemos, corresponden a las preguntas específicas sobre plataformas VRL , y cultura colaborativa.

Como sabemos, el bloque se inicia con la frase “Piense en una asignatura de las que curse, que contenga prácticas de laboratorio. Si no tiene ninguna, piense en alguna asignatura/carrera que requiera de algún tipo de práctica experimental”.

La comparación mutua entre la variable EVS3.2: ¿La asignatura en cuestión permite algún tipo de experimentación virtual y/o remota (*i.e.* simulaciones en línea, gestión remota de instrumentos, etc.) y la variable EVP1.2: Especialidad se refleja en la Tabla 4.37. El cálculo de la prueba de la χ^2 de Pearson produce un resultado de 20,752, con 7 grados de libertad, y una significación $\rho = 0,004 < 0,05$, que nos lleva a poder descartar la hipótesis H_0 , por lo que las variables son dependientes entre sí.

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	20,752 ^a	7	,004
Likelihood Ratio	26,736	7	,000
Linear-by-Linear Association	,016	1	,900
N of Valid Cases	117		

a. 6 cells (37,5%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,90.

Tabla 4.37 Relación entre las variables EVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota? y EVP1.2: Especialidad

Para analizar el grado de asociación mutua, la [Tabla 4.38](#) muestra los resultados obtenidos al realizar medidas de asociación entre ambas variables. El coeficiente de contingencia calculado en este caso, arroja un valor $C = 0,421$, con una significación estadística de 0,004, lo que nos permite asegurar que **las variables EVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota? y EVP1.2: Especialidad tienen una asociación significativa.**

Symmetric Measures		Value	Approx. Sig.
Nominal by Nominal	Phi	,421	,004
	Cramer's V	,421	,004
	Contingency Coefficient	,388	,004
	N of Valid Cases	117	

Tabla 4.38 Medidas de asociación para las variables EVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota? y EVP1.2: Especialidad

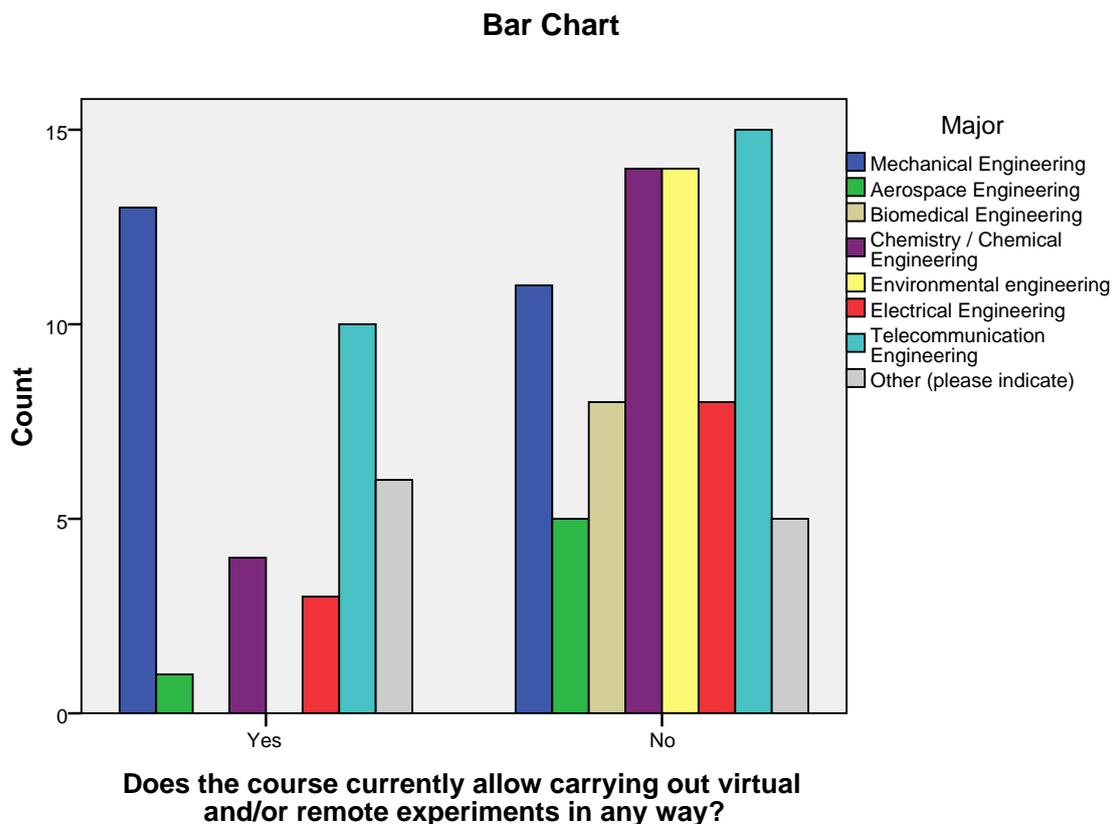


Figura 4.67 Gráfica de barras agrupadas por las variables EVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota? y EVP1.2: Especialidad

La relación entre ambas variables, mostrada gráficamente en la [Figura 4.67](#), resulta significativa; existen varias especialidades que han respondido a la cuestión planteada, tanto afirmativa, como negativamente, con porcentajes no muy alejados entre ambas respuestas.

Para indagar un poco más sobre este aspecto, se estudia a continuación la relación entre la variable **EVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota?** y la variable **EVP1.1: Universidad**, con objeto de comprobar si puede haber alguna influencia entre la ubicación geográfica de la universidad en cuestión, y la disponibilidad de prácticas virtuales/remotas.

El análisis de la prueba de la χ^2 de Pearson, mostrado en la [Tabla 4.39](#), arroja un resultado de $\chi^2 = 17,163$, con 8 grados de libertad, y una significación estadística $p = 0,028 < 0,05$, que nos lleva a poder afirmar que **las variables EVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota? y EVP1.1: Universidad tienen una clara dependencia mutua.**

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	17,163 ^a	8	,028
Likelihood Ratio	22,318	8	,004
Linear-by-Linear Association	2,537	1	,111
N of Valid Cases	117		

a. 10 cells (55,6%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,63.

Tabla 4.39 Relación entre las variables **EVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota?** y **EVP1.1: Universidad**

Respecto al grado de asociación de estas dos variables, la [Tabla 4.40](#) muestra que el coeficiente de contingencia alcanza un valor $C = 0,358$, con una significación estadística $p = 0,028 < 0,05$, dato que nos vuelve a confirmar el hecho de que **ambas variables presentan una asociación estadísticamente significativa.**

La representación gráfica de ambas variables se muestra en la [Figura 4.68](#). Resulta llamativo comprobar que muy pocos estudiantes de **SLU - St. Louis** afirman disponer de prácticas virtuales/remotas en sus especialidades respectivas, mientras que, por lo general, el resto de universidades no presentan un desequilibrio tan grande.

Symmetric Measures		Value	Approx. Sig.
Nominal by Nominal	Phi	,383	,028
	Cramer's V	,383	,028
	Contingency Coefficient	,358	,028
	N of Valid Cases	117	

Tabla 4.40 Medidas de asociación para las variables EVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota? y EVP1.1: Universidad

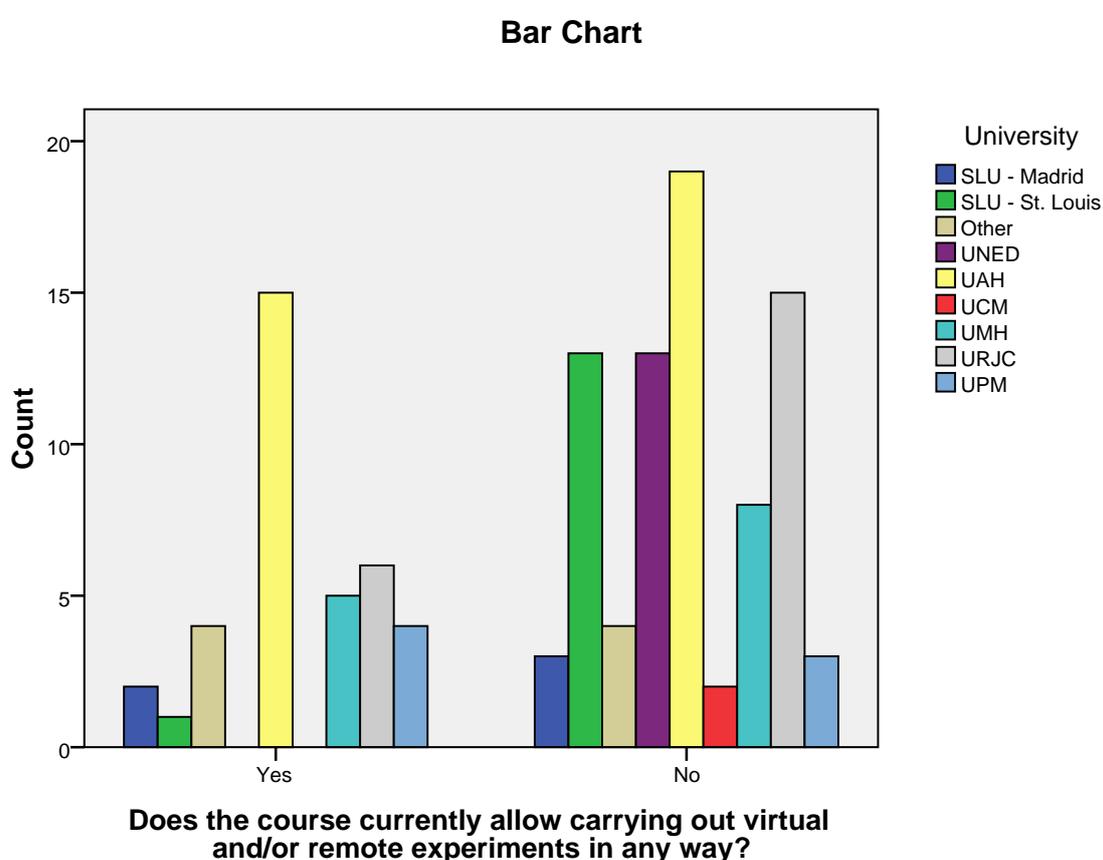


Figura 4.68 Gráfica de barras agrupadas por las variables EVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota? y EVP1.1: Universidad

La variable EVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia, como apoyo a la enseñanza presencial en el laboratorio? es una de las que se consideran clave para este trabajo, pues sus resultados determinan en gran medida el interés o no de los estudiantes por disponer de una plataforma VRL, como ayuda a la experimentación presencial. El análisis comparativo de esta variable con EVP1.2: Especialidad se muestra en la [Tabla 4.41](#). La prueba de la χ^2 de Pearson produce un valor de 15,746, con 7 grados de libertad, y una significación $\rho = 0,028$, que al estar

por debajo del valor 0,05 establecido para tener una confianza del 95 %, nos indica que **podemos rechazar la hipótesis nula de independencia entre estas dos variables.**

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	17,163 ^a	8	,028
Likelihood Ratio	22,318	8	,004
Linear-by-Linear Association	2,537	1	,111
N of Valid Cases	117		

a. 10 cells (55,6%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,63.

Tabla 4.41 Relación entre las variables EVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia de apoyo? y EVP1.2: Especialidad

En lo referente al grado de asociación de ambas variables, el coeficiente de contingencia calculado, según muestra la [Tabla 4.42](#), produce un valor $C = 0,344$, con una significación 0,028, lo que determina que **las variables EVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia, como apoyo a la enseñanza presencial? y EVP1.2: Especialidad** tienen una asociación significativa entre sí.

Symmetric Measures

	Value	Approx. Sig.
Nominal by Nominal		
Phi	,383	,028
Cramer's V	,383	,028
Contingency Coefficient	,358	,028
N of Valid Cases	117	

Tabla 4.42 Medidas de asociación para las variables EVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia de apoyo? y EVP1.2: Especialidad

De la gráfica mostrada en la [Figura 4.69](#), se observa, una vez más, que la mayoría de estudiantes de todas las especialidades, ven conveniente la utilización de una plataforma **VRL**, como apoyo a la enseñanza tradicional. Cabe señalar que los estudiantes de la especialidad de Ingeniería Biomédica, y en menor medida, también los de Ingeniería Aeroespacial, tienen división de opiniones a la hora de decidir sobre la conveniencia o no de utilizar una plataforma **VRL**, como ayuda al laboratorio presencial.

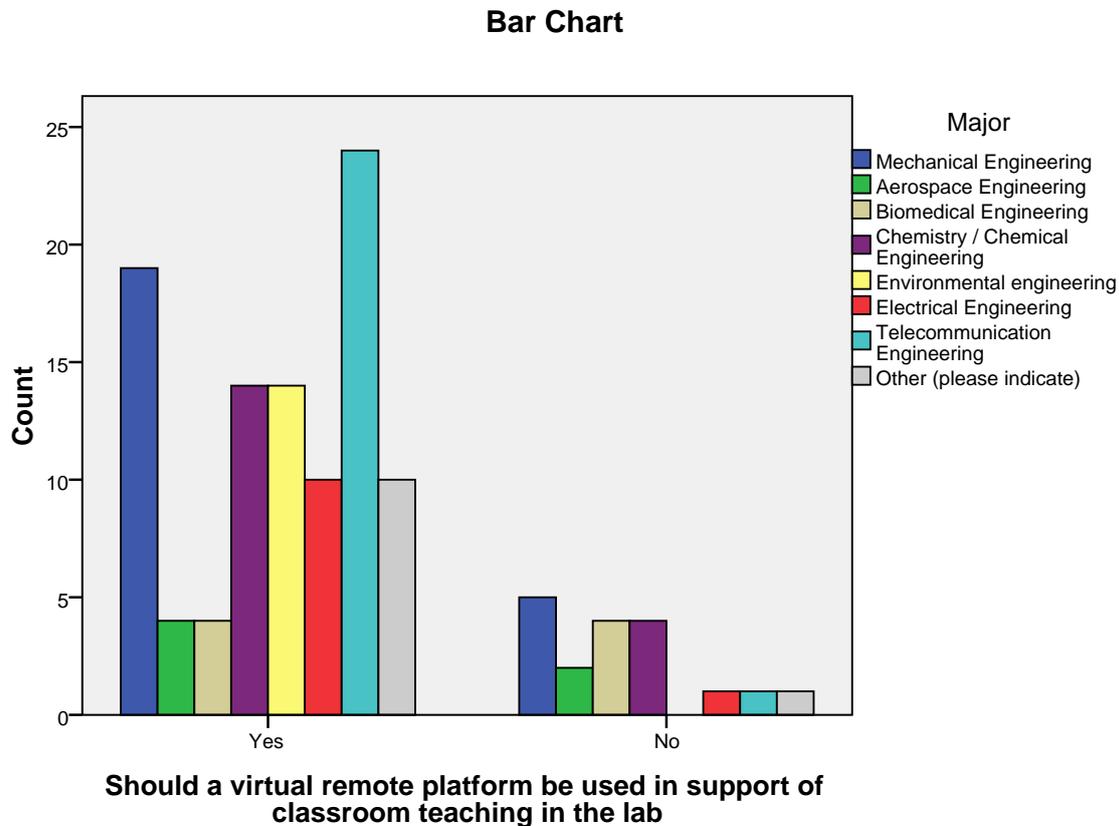


Figura 4.69 Gráfica de barras agrupadas por las variables EVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia de apoyo? y EVP1.2: Especialidad

Respecto a la variable EVS3.4: ¿Alguna vez ha participado en el diseño, prueba y/o validación de cualquier herramienta digital para la realización de prácticas de laboratorio virtuales y/o remotas?, la prueba de la χ^2 de Pearson realizada frente a la variable EVP1.2: Especialidad, cuyo resultado se muestra en la [Tabla 4.43](#), nos produce un valor de $\chi^2 = 8,382$, con 7 grados de libertad y una significación $\rho = 0,300$, que al ser mayor del límite de 0,05 establecido para tener una confianza del 95 %, nos lleva a **tener que aceptar la hipótesis nula, de independencia de estas dos variables**, y por tanto, no continuamos con el análisis de la relación entre ambas variables.

Otra de las preguntas más importantes de este trabajo viene recogido en la EVS4.1: ¿Qué contenidos encuentra más interesantes para ser incluidos en la plataforma digital. Dado que se trata de una variable de valoración con varias respuestas posibles, se ha calculado la prueba de ANOVA, mostrada en la [Tabla 4.44](#). Tal y como se observa, en ningún caso la significación estadística está por debajo del límite 0,05 establecido para el nivel de confianza del 95 %, por lo que **aceptamos la**

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	8,382 ^a	7	,300
Likelihood Ratio	10,455	7	,164
Linear-by-Linear Association	1,491	1	,222
N of Valid Cases	117		

a. 8 cells (50,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,36.

Tabla 4.43 Relación entre las variables EVS3.4: Participación en diseño, prueba y/o evaluación de alguna herramienta de VRL y EVP1.2: Especialidad

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Preferred contents-Lab handbook to conduct the real sessions at the classroom laboratory	Between Groups	2,013	7	,288	,541	,802
	Within Groups	57,987	109	,532		
	Total	60,000	116			
Preferred contents-Downloading videos from real experiments	Between Groups	3,098	7	,443	,834	,561
	Within Groups	57,825	109	,531		
	Total	60,923	116			
Preferred contents-Pre-lab questions to introduce the real experimental session	Between Groups	2,889	7	,413	,473	,852
	Within Groups	95,026	109	,872		
	Total	97,915	116			
Preferred contents-Self-assessment exercises	Between Groups	1,790	7	,256	,463	,859
	Within Groups	60,175	109	,552		
	Total	61,966	116			
Preferred contents-Software simulation of the phenomena under study	Between Groups	6,323	7	,903	1,353	,233
	Within Groups	72,754	109	,667		
	Total	79,077	116			
Preferred contents-Live experiments by managing real instrumentation remotely	Between Groups	3,441	7	,492	,424	,886
	Within Groups	126,422	109	1,160		
	Total	129,863	116			
Preferred contents-Other contents	Between Groups	4,273	7	,610	1,864	,082
	Within Groups	35,693	109	,327		
	Total	39,966	116			

Tabla 4.44 Tabla ANOVA de las variables EVS4.1: Contenidos más interesantes a incluir en la plataforma digital y EVP1.2: Especialidad

hipótesis H_0 de independencia, y por tanto no existe relación entre los contenidos preferidos para la plataforma y la especialidad cursada por el estudiante.

En cuanto a la variable EVS5.1: Valore las herramientas que considere más útiles de la plataforma virtual, su estudio comparativo con la variable EVP1.2: Especialidad se muestra en la [Tabla 4.45](#). De nuevo, en ninguno de los casos se alcanza un nivel de significación estadística que permita rechazar la hipótesis nula, por lo que aceptamos que **no existe dependencia entre las herramientas preferidas para la plataforma digital, y la especialidad escogida por el estudiante.**

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Preferred tools-E-mail with the instructor and other students	Between Groups	3,927	7	,561	,805	,585
	Within Groups	75,936	109	,697		
	Total	79,863	116			
Preferred tools-Open forums for discussions, to raise doubts, etc.	Between Groups	3,311	7	,473	,497	,835
	Within Groups	103,766	109	,952		
	Total	107,077	116			
Preferred tools-Chat sessions with the instructor	Between Groups	7,188	7	1,027	1,045	,404
	Within Groups	107,137	109	,983		
	Total	114,325	116			
Preferred tools-External links to further information	Between Groups	2,474	7	,353	,404	,898
	Within Groups	95,390	109	,875		
	Total	97,863	116			
Preferred tools-Other tools (please indicate)	Between Groups	1,355	7	,194	1,270	,272
	Within Groups	16,611	109	,152		
	Total	17,966	116			

Tabla 4.45 Tabla ANOVA de las variables EVS5.1: Herramientas más útiles de la plataforma virtual y EVP1.2: Especialidad

Las siguientes variables tienen que ver con el uso de herramientas colaborativas. Se trata de discernir si la especialidad tiene algún tipo de influencia en el conocimiento y uso de estas herramientas. Para ello, se ha estudiado la relación de las variables EVS6.1: *Valore las aplicaciones siguientes, en relación con el conocimiento que tenga de las mismas* y ESV6.2: *Uso de estas mismas aplicaciones*, con la variable EVP1.2: *Especialidad*. La [Tabla 4.46](#) muestra el test de ANOVA realizado sobre ambas variables, que vuelve a demostrar que, en todos los casos contemplados, el valor ρ es superior a 0,05, por lo que **no podemos rechazar la hipótesis nula de independencia entre el conocimiento y uso de aplicaciones colaborativas, y la especialidad cursada por el estudiante.**

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Knowledge of collaborative apps-Dropbox	Between Groups	5,682	7	,812	,649	,714
	Within Groups	136,284	109	1,250		
	Total	141,966	116			
Knowledge of collaborative apps-Evernote	Between Groups	23,694	7	3,385	2,086	,051
	Within Groups	176,887	109	1,623		
	Total	200,581	116			
Knowledge of collaborative apps-Doodle	Between Groups	13,682	7	1,955	1,068	,389
	Within Groups	199,463	109	1,830		
	Total	213,145	116			
Knowledge of collaborative apps-Google Drive	Between Groups	15,506	7	2,215	1,310	,252
	Within Groups	184,306	109	1,691		
	Total	199,812	116			
Knowledge of collaborative apps-Skydrive	Between Groups	21,290	7	3,041	1,541	,161
	Within Groups	215,188	109	1,974		
	Total	236,479	116			

(a)

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Use of collaborative apps-Dropbox	Between Groups	21,895	7	3,128	1,650	,129
	Within Groups	206,583	109	1,895		
	Total	228,479	116			
Use of collaborative apps-Evernote	Between Groups	7,771	7	1,110	1,228	,294
	Within Groups	98,553	109	,904		
	Total	106,325	116			
Use of collaborative apps-Doodle	Between Groups	2,251	7	,322	,222	,979
	Within Groups	157,749	109	1,447		
	Total	160,000	116			
Use of collaborative apps-Google Drive	Between Groups	28,324	7	4,046	1,795	,095
	Within Groups	245,642	109	2,254		
	Total	273,966	116			
Use of collaborative apps-Skydrive	Between Groups	14,677	7	2,097	1,466	,187
	Within Groups	155,853	109	1,430		
	Total	170,530	116			

(b)

Tabla 4.46 Tabla ANOVA de las variables (a) EVS6.1: Conocimiento de aplicaciones colaborativas y (b) EVS6.2: Uso de dichas aplicaciones, frente a EVP1.2: Especialidad

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Participation in social networks-Facebook	Between Groups	13,349	7	1,907	,662	,703
	Within Groups	313,797	109	2,879		
	Total	327,145	116			
Participation in social networks-Twitter	Between Groups	2,384	7	,341	,129	,996
	Within Groups	287,308	109	2,636		
	Total	289,692	116			
Participation in social networks-Tuenti	Between Groups	16,115	7	2,302	2,996	,006
	Within Groups	83,748	109	,768		
	Total	99,863	116			
Participation in social networks-Google+	Between Groups	9,986	7	1,427	1,108	,363
	Within Groups	140,338	109	1,288		
	Total	150,325	116			
Participation in social networks-Linkedin	Between Groups	4,629	7	,661	,321	,943
	Within Groups	224,601	109	2,061		
	Total	229,231	116			
Participation in social networks-Instagram	Between Groups	6,440	7	,920	,317	,945
	Within Groups	316,637	109	2,905		
	Total	323,077	116			

Tabla 4.47 Tabla ANOVA de las variables EVS6.3: Presencia en redes sociales y EVP1.2: Especialidad

Para el estudio de la posible relación entre la variable EVS6.3: **Valore su presencia en redes sociales** y la variable EVP1.2: **Especialidad**, al tratarse nuevamente de una variable de valoración con múltiples respuestas, se realiza un test ANOVA, cuyo resultado viene descrito en la Tabla 4.47. Tal y como puede observarse, ninguna de las redes sociales planteadas presentan significación estadística, salvo la red **tuenti**.

Con objeto de saber cuál de las comparaciones múltiples debemos realizar para detectar posibles diferencias en el ítem EVS6.3.3: **Presencia en redes sociales (tuenti)**, aplicamos la prueba de homogeneidad de varianza de Levene a la variable, cuyo resultado se muestra en la Tabla 4.48.

Test of Homogeneity of Variances

Participation in social networks-Tuenti			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
10,818	7	109	,000

Tabla 4.48 Prueba de homogeneidad de varianzas de las variables EVS6.3.3: Presencia en redes sociales (tuenti) y EVP1.2: Especialidad

Como puede observarse, el valor de significación obtenido es inferior a 0,05, lo que nos indica que no cumple con la prueba de homogeneidad de varianzas, por

lo que aplicaremos a continuación la prueba de Games-Howell,⁷ para detectar las posibles diferencias entre medias.

La [Tabla 4.49](#) muestra los resultados al realizar la prueba de Games-Howell sobre la variable **EVS6.3.3: Presencia en redes sociales (tuenti)**. Según estos resultados, existen diferencias significativas en el uso de la red **tuenti**, entre las especialidades de Ingeniería de Aeroespacial e Ingeniería Medioambiental, respecto a la especialidad de Ingeniería de Telecomunicación.

Multiple Comparisons

Participation in social networks-Tuenti
Games-Howell

(I) Major	(J) Major	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Telecommunication Engineering	Mechanical Engineering	,22167 *	,22906	,976	-,5199	,9633
	Aerospace Engineering	-,32000	,09522	,045	-,6354	-,0046
	Biomedical Engineering	-,19500	,15714	,907	-,7394	,3494
	Chemistry / Chemical Engineering	-,09778	,16053	,999	-,6163	,4207
	Environmental engineering	-,32000 *	,09522	,045	-,6354	-,0046
	Electrical Engineering	-1,13818	,65111	,662	-3,5584	1,2820
	Other (please indicate)	,13455	,18401	,995	-,4946	,7637
Other (please indicate)	Mechanical Engineering	,08712	,26114	1,000	-,7580	,9323
	Aerospace Engineering	-,45455	,15746	,175	-1,0451	,1360
	Biomedical Engineering	-,32955	,20104	,722	-1,0204	,3613
	Chemistry / Chemical Engineering	-,23232	,20371	,940	-,9121	,4475
	Environmental engineering	-,45455	,15746	,175	-1,0451	,1360
	Electrical Engineering	-1,27273	,66308	,565	-3,7038	1,1583
	Telecommunication Engineering	-,13455	,18401	,995	-,7637	,4946

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Tabla 4.49 Prueba de comparaciones múltiples de la variable **EVS6.3.3: Presencia en redes sociales (tuenti)** y **EVP1.2: Especialidad**

La gráfica de la [Figura 4.70](#) muestra las diferencias existentes entre las distintas especialidades. Hay que señalar que, si bien la mayor diferencia con el resto se produce en la especialidad Ingeniería Eléctrica, ésta no es estadísticamente significativa, como indica su valor $\rho = 0,662$ calculado en la [Tabla 4.49](#).

Respecto a la última variable del cuestionario, **EVS6.4: ¿Escribe en algún blog?**, la prueba de la χ^2 de Pearson respecto a la variable **EVP1.2: Especialidad** mostrada en la [Tabla 4.50](#), nos produce un valor de $\chi^2 = 78,120$, con 70 grados de libertad y una significación asintótica $\rho = 0,237$, que claramente nos hace **aceptar la hipótesis nula de independencia de estas dos variables**, y por tanto, no continuamos con su análisis comparativo.

⁷La prueba de Games-Howell es una de las pruebas de comparación por parejas adecuada cuando las varianzas son desiguales.

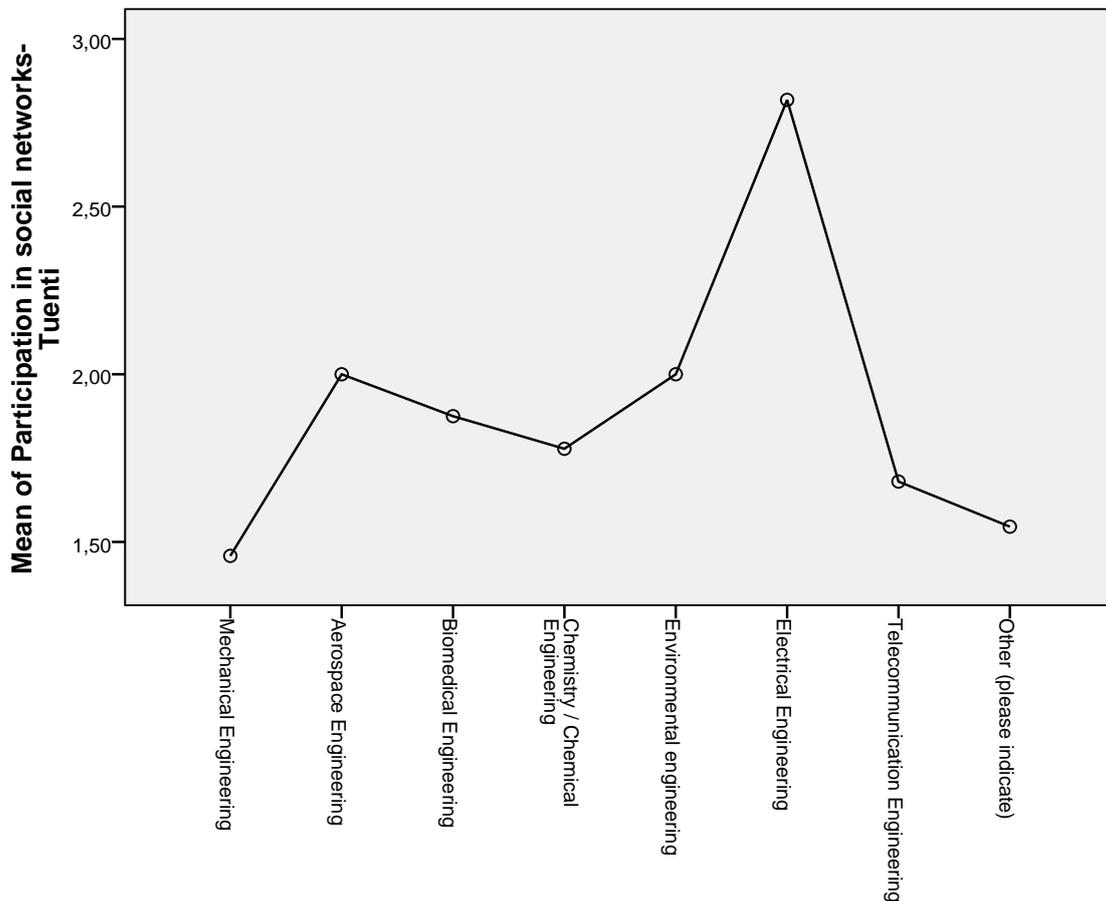


Figura 4.70 Gráfica de medias de la variable EVS6.3.3: Presencia en redes sociales (tuenti) y EVP1.2: Especialidad

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	78,120 ^a	70	,237
Likelihood Ratio	51,480	70	,953
N of Valid Cases	117		

a. 80 cells (90,9%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,05.

Tabla 4.50 Relación entre las variables EVS6.4: ¿Escribe en algún blog? y EVP1.2: Especialidad

4.3.2. Análisis comparativo en el cuestionario de profesores

Una vez analizadas comparativamente las variables del cuestionario de requisitos de estudiantes, se repite la misma operación con las que conforman el cuestionario de requisitos de profesores.

Esta vez, se ha elegido la variable **PVP1.1: Universidad** como variable independiente para realizar las comparaciones. La razón para ello es que, al contrario de lo que ocurría en épocas pasadas, ahora no es posible establecer una relación unívoca profesor-especialidad; la proliferación de titulaciones, hace que muchos profesores impartan docencia en varias especialidades al mismo tiempo.⁸

4.3.2.1. Análisis comparativo de la especialidad frente a variables del bloque 1 de profesores

Comenzamos el análisis comparativo estudiando la relación entre la variable **PVP1.1: Universidad** y las contenidas en el BLOQUE 1: PREGUNTAS SOBRE POBLACIÓN ENCUESTADA del cuestionario de requisitos de profesores, que vienen reflejadas en la [Tabla 3.3](#), y que como sabemos, recogen las variables de identificación del colectivo encuestado.

Estudiamos primeramente la variable **PVE1.1: Edad**, mediante la prueba de la χ^2 de Pearson. La [Tabla 4.51](#) muestra los resultados del cálculo de esta prueba sobre ambas variables. Tal y como se observa, el valor de χ^2 es igual a 60,340, con 48 grados de libertad, y una significación $p = 0,109$, por lo que, al ser dicha significación mayor que 0,05, no podemos rechazar la hipótesis nula de independencia, es decir: **las variables PVE1.1: Edad y PVP1.1: Universidad no muestran una dependencia entre si, estadísticamente significativa.**

En la gráfica de barras de la [Figura 4.71](#), puede verse que la mayor frecuencia corresponde a profesores que optaron por no indicar la institución donde trabajan, y cuya edad está en la franja 40 - 50 años. Los profesores englobados en la categoría "Otros" están repartidos prácticamente en todas las franjas, predominando nuevamente la categoría 40 - 50 años. Como se comentó en el análisis individual de variables, este colectivo pertenece fundamentalmente a centros de investigación y empresas tecnológicas, que imparten docencia científico-técnica.

⁸El caso más claro lo constituyen las escuelas politécnicas, donde se imparten múltiples titulaciones de ingenierías en un mismo edificio.

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	60,340 ^a	48	,109
Likelihood Ratio	56,750	48	,181
Linear-by-Linear Association	,106	1	,745
N of Valid Cases	86		

a. 61 cells (93,8%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,02.

Tabla 4.51 Relación entre las variables PVE1.1: Edad y PVP1.1: Universidad

Bar Chart

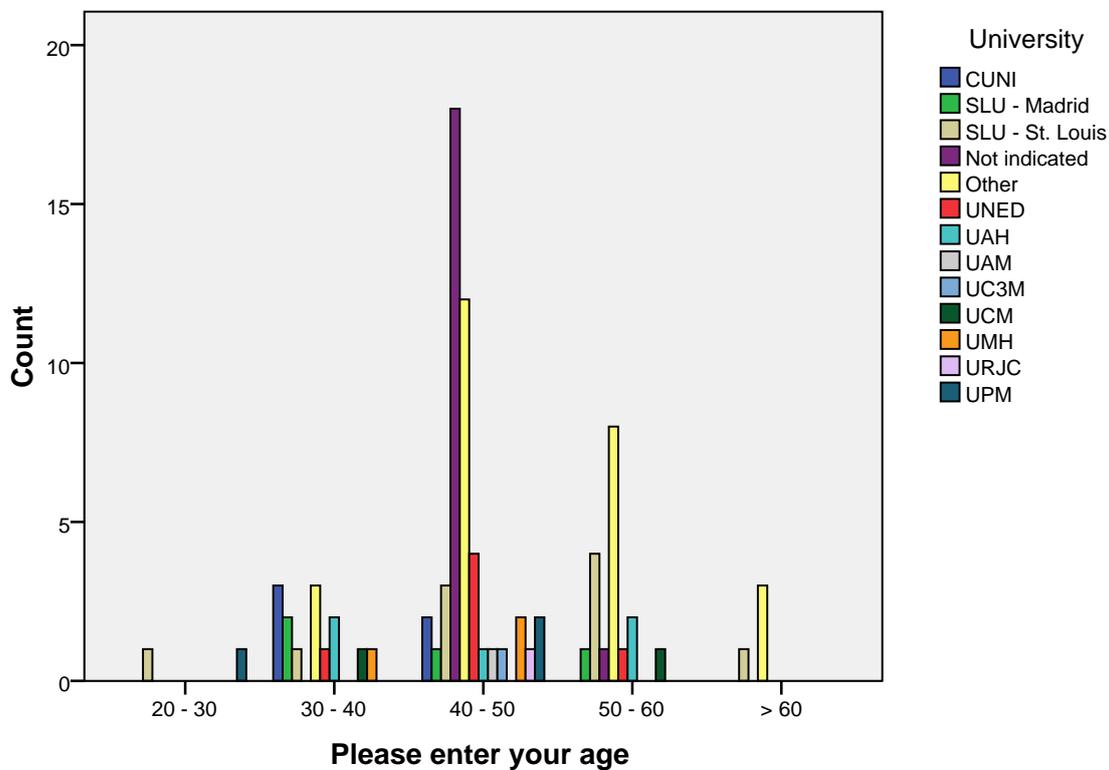


Figura 4.71 Gráfica de barras agrupadas por las variables PVE1.1: Edad y PVP1.1: Universidad

Seguidamente se estudian las variables **PVE1.2: Género** y **PVP1.1: Universidad**. El cálculo de la prueba de la χ^2 de Pearson, mostrado en la [Tabla 4.52](#), proporciona un valor de 54,328, con 24 grados de libertad y un nivel de significación asintótico nulo, lo que permite afirmar que **las variables PVE1.2: Género y PVP1.1: Universidad son dependientes entre si**.

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	54,328 ^a	24	,000
Likelihood Ratio	32,396	24	,117
Linear-by-Linear Association	1,466	1	,226
N of Valid Cases	86		

a. 35 cells (89,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,03.

Tabla 4.52 Relación entre las variables **PVE1.2: Género** y **PVP1.1: Universidad**

Analizamos a continuación el grado de asociación que hay entre ambas variables, calculando los parámetros descritos en la [Tabla 4.53](#). El coeficiente de contingencia es $C = 0,622$, con una significación asintótica nula, por lo que confirmamos que **la asociación o dependencia entre las variables PVE1.2: Género y PVP1.1: Universidad es muy significativa**.

	Value	Approx. Sig.
Nominal by Nominal Phi	,795	,000
Cramer's V	,562	,000
Contingency Coefficient	,622	,000
N of Valid Cases	86	

Tabla 4.53 Medidas de asociación para las variables **PVE1.2: Género** y **PVP1.1: Universidad**

La [Figura 4.72](#) muestra la representación gráfica de estas dos variables. Como era de prever, entre el profesorado encuestado predominan los varones en prácticamente todas las instituciones, salvo en **CUNI**, **SLU - Madrid** y **UCM**, donde los pocos profesores que participaron en la encuesta aparecen repartidos entre ambos géneros. Los casos donde no quisieron indicar el género provienen de **CUNI**, **URJC** y "Otros".

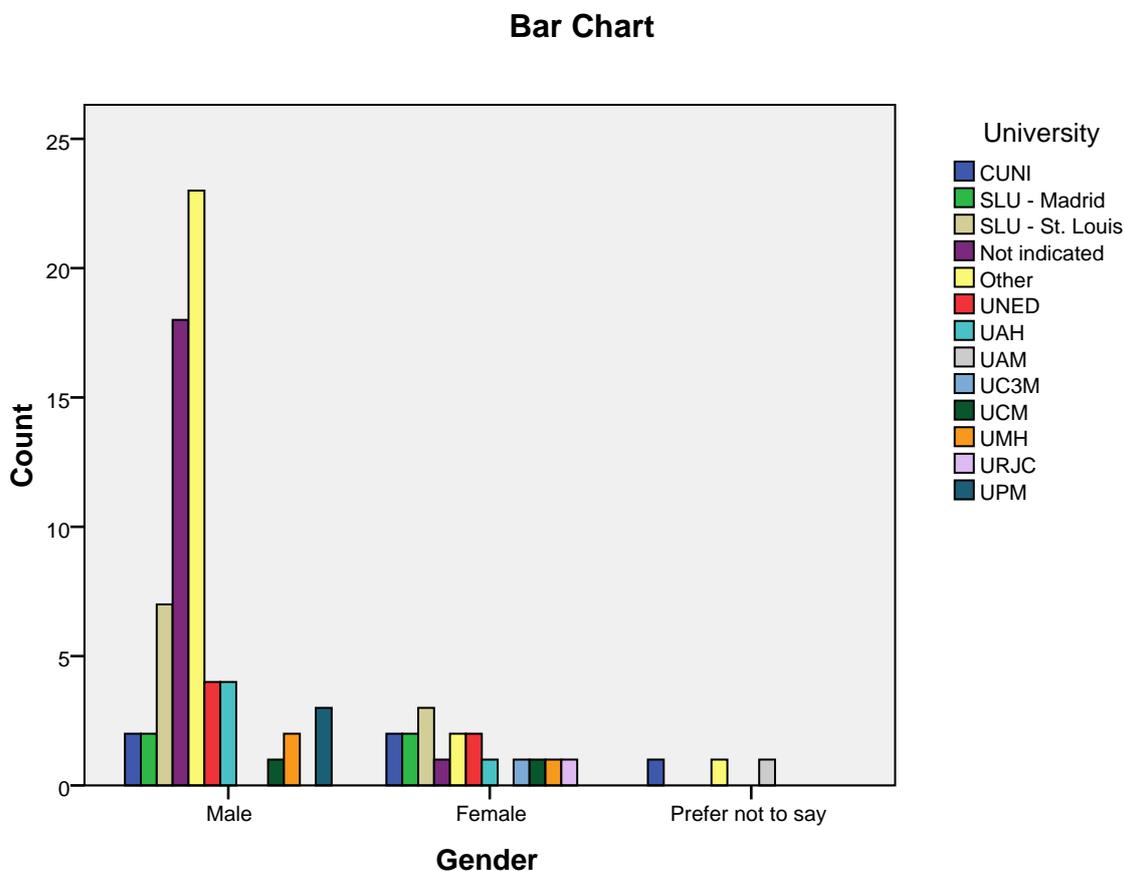


Figura 4.72 Gráfica de barras agrupadas por las variables PVE1.2: Género y PVP1.1: Universidad

El estudio de las variables PVE1.4: Ocupación principal y PVP1.1: Universidad se indica en la [Tabla 4.54](#). La prueba de la χ^2 de Pearson produce un resultado de $\chi^2 = 25,983$, con 24 grados de libertad, y una significación $\rho = 0,354 > 0,05$, lo que nos dice que **no podemos rechazar la hipótesis nula de independencia de las variables PVE1.4: Ocupación principal y PVP1.1: Universidad.**

El análisis de la representación gráfica de ambas variables, tal y como aparece en la [Figura 4.73](#), tampoco arroja ningún resultado significativo respecto a la relación dichas variables.

4.3.2.2. Análisis comparativo de la especialidad frente a variables del bloque 2 de profesores

A continuación, se estudia comparativamente la variable PVP1.1: Universidad con las que aparecen en el BLOQUE 2: PREGUNTAS GENERALES SOBRE ENSEÑANZA

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	25,983 ^a	24	,354
Likelihood Ratio	32,527	24	,114
Linear-by-Linear Association	1,419	1	,234
N of Valid Cases	82		

a. 35 cells (89,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,12.

Tabla 4.54 Relación entre las variables PVE1.4: Ocupación principal y PVP1.1: Universidad

Bar Chart

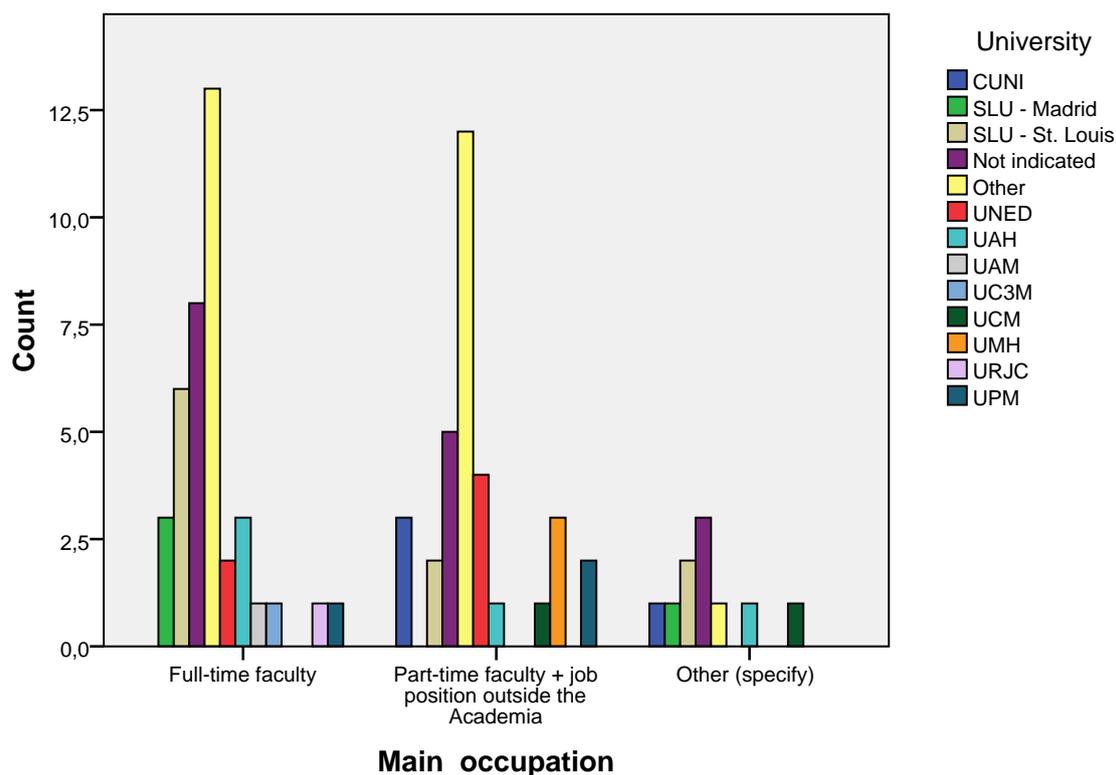


Figura 4.73 Gráfica de barras agrupadas por las variables PVE1.4: Ocupación principal y PVP1.1: Universidad

VIRTUAL del cuestionario de requisitos de profesores, descritas en la [Tabla 3.4](#), y que tratan de conocer el grado de utilización por parte de los profesores de recursos didácticos digitales.

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	57,514 ^a	36	,013
Likelihood Ratio	55,429	36	,020
Linear-by-Linear Association	5,652	1	,017
N of Valid Cases	86		

a. 49 cells (94,2%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,02.

Tabla 4.55 Relación entre las variables PVE2.2: Tipo de conexión y PVP1.1: Universidad

Symmetric Measures

		Value	Approx. Sig.
Nominal by Nominal	Phi	,818	,013
	Cramer's V	,472	,013
	Contingency Coefficient	,633	,013
	N of Valid Cases	86	

Tabla 4.56 Medidas de asociación para las variables PVE2.2: Tipo de conexión y PVP1.1: Universidad

Respecto a la primera variable PVE2.1: ¿Tiene conexión a internet en casa?, no merece la pena su análisis comparativo, pues todos los profesores, salvo uno, contestaron afirmativamente a esta pregunta, como ya se describió en la [Sección 4.2.2.2](#).

Respecto al análisis de la variable PVE2.2: Si es así, ¿qué tipo de conexión tiene? y su relación con la variable PVP1.1: Universidad, la prueba de la χ^2 de Pearson mostrada en la [Tabla 4.55](#), arroja un valor de $\chi^2 = 57,514$, con 36 grados de libertad y una significación asintótica $p = 0,013$, lo cual nos indica que **las variables PVE2.2: Tipo de conexión y PVP1.1: Universidad muestran una dependencia significativa entre si.**

El estudio de las medidas de simetría, mostrado en la [Tabla 4.56](#), exhibe un resultado para el coeficiente de contingencia de $C = 0,633$, con una significación de 0,013, que al ser menor de 0,05, nos confirma que **la asociación o dependencia entre las variables PVE2.2: Tipo de conexión y PVP1.1: Universidad es muy significativa.**

La [Figura 4.74](#) muestra la representación gráfica de estas dos variables. Como ya sucedía con los estudiantes, es llamativo que muy pocos de los profesores encuestados, procedentes de [SLU - St. Louis](#), disponga de conexión a internet mediante

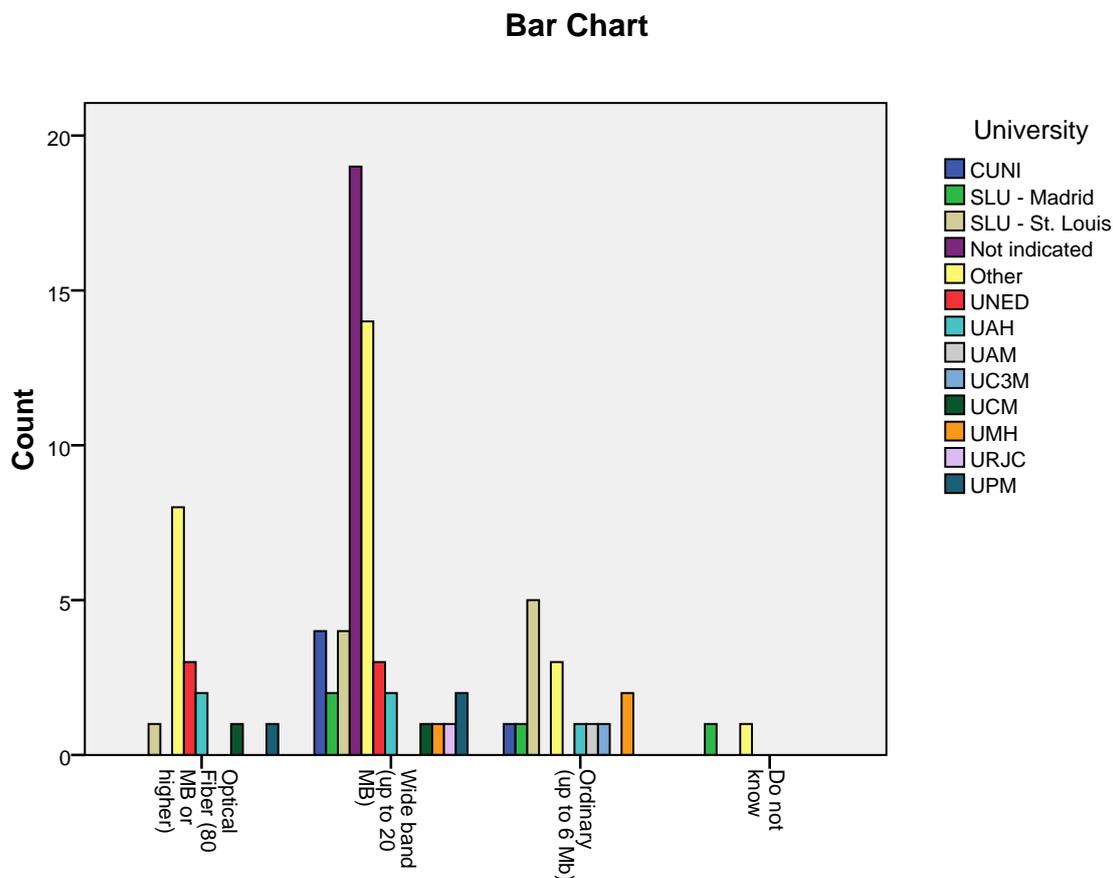


Figura 4.74 Gráfica de barras agrupadas por las variables PVE2.2: Tipo de conexión y PVP1.1: Universidad

fibra óptica, siendo superados, en este aspecto, por los profesores de la [UNED](#). Tratándose de una universidad perteneciente a uno de los países tecnológicamente más avanzados del mundo, este dato es ciertamente sorprendente.

En cuanto al análisis de la variable **PVP2.1: Nº de asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital** y su posible relación con la variable **PVP1.1: Universidad**, el cálculo de la prueba de la χ^2 de Pearson, tal y como aparece en la [Tabla 4.57](#), arroja un valor $\chi^2 = 52,392$, con 44 grados de libertad y una significación asintótica $\rho = 0,181$, que al ser mayor de 0,05, **no permite rechazar la hipótesis nula de independencia entre ambas variables**, por lo que no se prosigue con el estudio de dicha relación.

De forma similar, se estudia a continuación la variable **PVP3.1: Nº de asignaturas totalmente virtuales**, en función de la variable **PVP1.1: Universidad**. Como indica la [Tabla 4.58](#), al realizar la prueba de la χ^2 de Pearson se obtiene un valor de 62,561, con 44 grados de libertad y una significación de $\rho = 0,034 < 0,05$, la cual permi-

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	52,392 ^a	44	,181
Likelihood Ratio	50,877	44	,221
Linear-by-Linear Association	7,101	1	,008
N of Valid Cases	58		

a. 59 cells (98,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,16.

Tabla 4.57 Relación entre las variables PVP2.1: Nº de asignaturas presenciales y PVP1.1: Universidad

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	62,561 ^a	44	,034
Likelihood Ratio	44,184	44	,464
Linear-by-Linear Association	,038	1	,845
N of Valid Cases	59		

a. 58 cells (96,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,02.

Tabla 4.58 Relación entre las variables PVP3.1: Nº de asignaturas virtuales y PVP1.1: Universidad

te asegurar que las variables **PVP3.1: Nº de asignaturas totalmente virtuales** y **PVP1.1: Universidad** poseen una dependencia significativa entre si.

Al estudiar las medidas de asociación entre ambas variables, tal y como se representa en la [Tabla 4.59](#), se obtiene un valor para el coeficiente de contingencia de $C = 0,717$, con una significación asintótica $p = 0,034$, lo que confirma nuevamente que las variables **PVP3.1: Nº de asignaturas virtuales** y **PVP1.1: Universidad** presentan una asociación o dependencia francamente notable.

Para poder visualizar gráficamente la relación entre ambas variables, la [Figura 4.75](#) muestra la gráfica de barras comparativa. Como era de esperar, un grupo de profesores de la UNED afirman haber impartido más de 5 asignaturas totalmente virtuales en los últimos 12 meses. Destaca un profesor de SLU - Madrid, quien sostiene haber impartido 4 asignaturas virtuales en el último año, mientras que la mayoría de profesores encuestados dicen no haber impartido ninguna asignatura virtual, independientemente de la universidad de que se trate.

Symmetric Measures

		Value	Approx. Sig.
Nominal by Nominal	Phi	1,030	,034
	Cramer's V	,515	,034
	Contingency Coefficient	,717	,034
	N of Valid Cases	59	

Tabla 4.59 Medidas de asociación para las variables PVP3.1: N° de asignaturas virtuales y PVP1.1: Universidad

Bar Chart

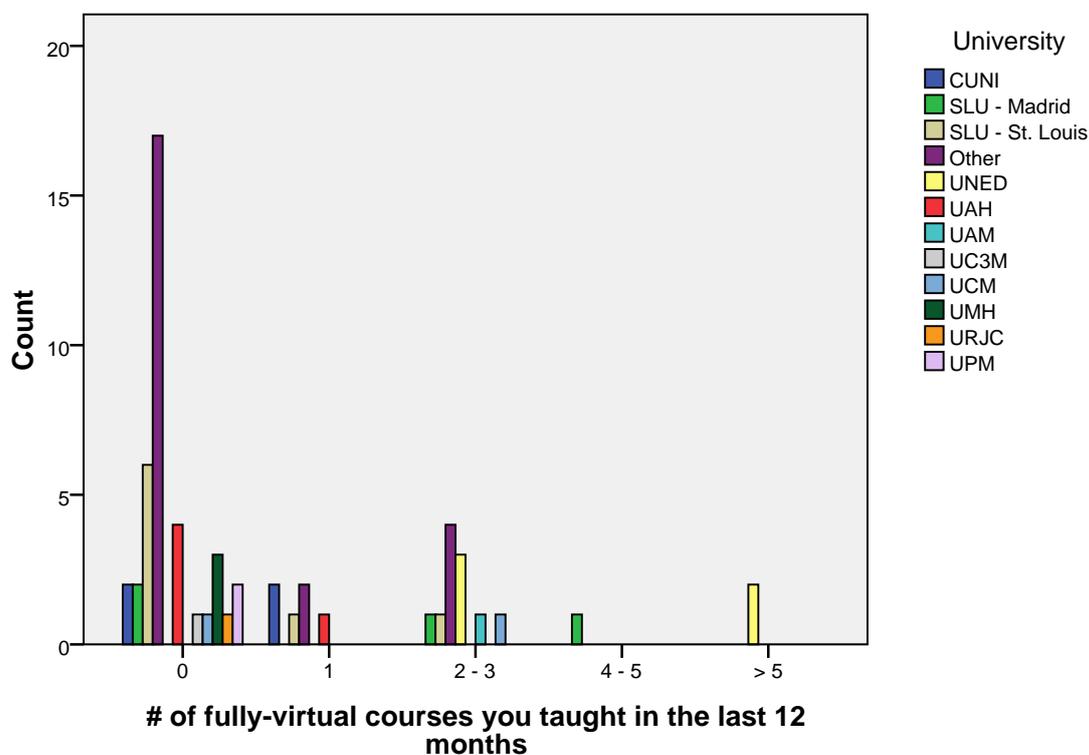


Figura 4.75 Gráfica de barras agrupadas por las variables PVP3.1: N° de asignaturas virtuales y PVP1.1: Universidad

En cuanto a la variable PVP3.2: Plataforma digital que alojaba la(s) asignatura(s) presencial(es)/virtual(es), tal y como ocurrió en el caso de los cuestionarios de estudiantes, no se ha podido estudiar su relación con la variable PVP1.1: Universidad, por haber incongruencia en los datos, tal y como indica la [Figura 4.76](#).

En el análisis de la variable PVP3.3: Razones por las que no ha impartido ningún curso totalmente virtual, se ha calculado la correspondiente tabla ANOVA, por tratar-

Warnings

No measures of association are computed for the crosstabulation of Platforms hosting the face-to-face taught course(s) you taught-Blackboard * University. At least one variable in each 2-way table upon which measures of association are computed is a constant.
No measures of association are computed for the crosstabulation of Platforms hosting the face-to-face taught course(s) you taught-Moodle * University. At least one variable in each 2-way table upon which measures of association are computed is a constant.
No measures of association are computed for the crosstabulation of Platforms hosting the face-to-face taught course(s) you taught-alf * University. At least one variable in each 2-way table upon which measures of association are computed is a constant.
No measures of association are computed for the crosstabulation of Platforms hosting the face-to-face taught course(s) you taught-I do not know * University. At least one variable in each 2-way table upon which measures of association are computed is a constant.
No measures of association are computed for the crosstabulation of Platforms hosting the face-to-face taught course(s) you taught-Others (please indicate) * University. At least one variable in each 2-way table upon which measures of association are computed is a constant.

Figura 4.76 Error en el cálculo de la relación entre las variables PVP3.2: Plataforma digital y PVP1.1: Universidad

se de una variable de valoración. Tal y como describe la [Tabla 4.60](#), el ítem PVP3.3.1: Los planes de estudios donde imparto docencia no contemplan la realización de asignaturas no presenciales constituye la única de las respuestas que tiene una significación cercana al límite de confianza del 95 % ($\rho = 0,051$, muy cercana al 0,05). Por tanto, y aun a riesgo de no ser totalmente estrictos, vamos a analizar esta variable, como si tuviese una significación válida.

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Reasons not to teach fully-virtual courses-Study programs where I currently teach do not offer fully-virtual courses	Between Groups	21,532	12	1,794	1,877	,051
	Within Groups	69,782	73	,956		
	Total	91,314	85			
Reasons not to teach fully-virtual courses-I chose to teach the equivalent, face-to-face course	Between Groups	18,236	12	1,520	1,636	,100
	Within Groups	67,822	73	,929		
	Total	86,058	85			
Reasons not to teach fully-virtual courses-Do not believe in fully-virtual teaching	Between Groups	20,701	12	1,725	1,669	,092
	Within Groups	75,438	73	1,033		
	Total	96,140	85			
Reasons not to teach fully-virtual courses-Other reasons (please indicate)	Between Groups	8,200	2	4,100	,482	,675
	Within Groups	17,000	2	8,500		
	Total	25,200	4			

Tabla 4.60 Tabla ANOVA de las variables PVP3.3: Razones por las que no ha impartido ningún curso totalmente virtual y PVP1.1: Universidad

Antes de comenzar a realizar comparaciones múltiples para detectar posibles diferencias en este ítem, aplicamos la prueba de homogeneidad de varianza de Levene a la variable.

Tal y como puede observarse en la [Tabla 4.61](#), el valor de significación estadística obtenido en la prueba de Levene arroja un resultado $\rho = 0,000$, lo que indica que las varianzas no son homogéneas. Por tanto, aplicaremos a continuación la prueba de Games-Howell, para intentar detectar posibles diferencias entre las medias.

Test of Homogeneity of Variances

Reasons not to teach fully-virtual courses-Study programs where I currently teach do not offer fully-virtual courses

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
10,012	9	73	,000

Tabla 4.61 Prueba de homogeneidad de varianzas de las variables PVP3.3.1: Los planes de estudio no contemplan asignaturas virtuales y PVP1.1: Universidad

Al intentar realizar mediante SPSS STATISTICS® la prueba de Games-Howell, el programa nos informa que no puede realizar ninguna de las pruebas *Post-hoc* de comparaciones múltiples, al haber pocos casos en uno de los grupos.

Warnings

Post hoc tests are not performed for Reasons not to teach fully-virtual courses-Study programs where I currently teach do not offer fully-virtual courses because at least one group has fewer than two cases.

Figura 4.77 Error en pruebas de comparaciones múltiples de la variable PVS6.3.3: Presencia en redes sociales (tuenti) y PVP1.1: Universidad

Por tanto, únicamente nos resta analizar la gráfica de medias, la cual viene representada en la [Figura 4.78](#). Como puede observarse, hay tres universidades (UC3M, UMH y URJC) donde los profesores han señalado con rotundidad que los planes de estudios donde imparten docencia no contemplan la realización de asignaturas virtuales.

A los profesores que han impartido docencia virtual en los últimos 12 meses, se les mostró la variable PVS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es). Al estudiar la posible relación de esta variable con la variable PVP1.1: Universidad, como PVS2.1 es una variable de valoración, se realiza el análisis ANOVA correspondiente, mostrado en la [Tabla 4.62](#)

Tal y como puede observarse, los siguientes criterios tuvieron significación estadística ($\rho < 0,05$), para el nivel de confianza del 95% establecido:

- PVS2.1.1: Área temática

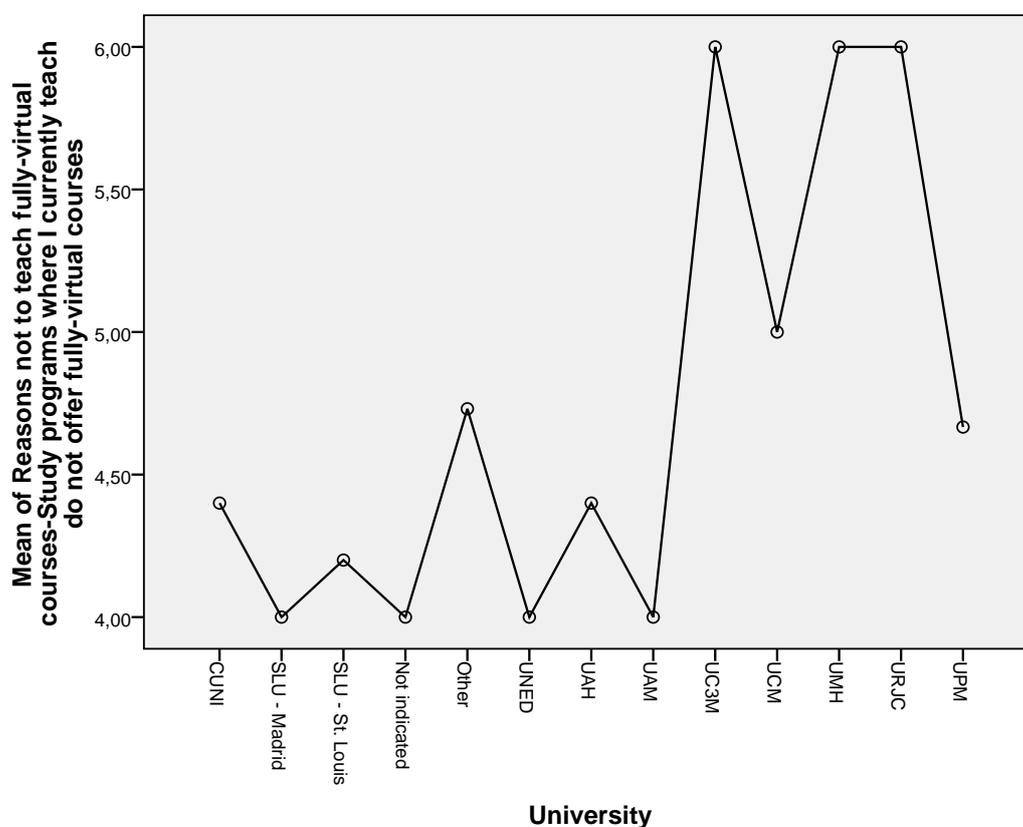


Figura 4.78 Gráfica de medias de la variable PVP3.3.1: Los planes de estudio no contemplan asignaturas virtuales y PVP1.1: Universidad

- PVS2.1.2: Formato y presentación del curso
- PVS2.1.3: Actividades obligatorias
- PVS2.1.4: Actividades voluntarias
- PVS2.1.5: Flexibilidad de horario para que los estudiantes puedan seguir el curso a su propio ritmo
- PVS2.1.6: Actitud de los estudiantes

A continuación, aplicamos la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene a las variables que presentaron significación estadística en el test [ANOVA](#), para saber qué prueba deberemos aplicar posteriormente. La [Tabla 4.63](#) muestra el resultado del test de Levene. Como puede observarse, el valor de significación obtenido en los casos de interés es inferior a 0,05, lo que nos indica que las varianzas no son homogéneas, y debemos aplicar alguna prueba *Post-hoc* que cumpla con dicho criterio, como por ejemplo la prueba de Games-Howell.

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)- Subject area	Between Groups	25,616	12	2,135	3,163	,001
	Within Groups	49,268	73	,675		
	Total	74,884	85			
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)- Format and course presentation	Between Groups	15,467	12	1,289	3,582	,000
	Within Groups	26,265	73	,360		
	Total	41,733	85			
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)- Mandatory activities	Between Groups	12,987	12	1,082	5,413	,000
	Within Groups	14,595	73	,200		
	Total	27,581	85			
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)- Voluntary activities	Between Groups	5,484	12	,457	1,648	,097
	Within Groups	20,237	73	,277		
	Total	25,721	85			
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)- Participative attitude of the students	Between Groups	50,215	12	4,185	2,348	,013
	Within Groups	130,122	73	1,782		
	Total	180,337	85			
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)- Collaboration with other colleagues	Between Groups	9,687	12	,807	,905	,546
	Within Groups	65,115	73	,892		
	Total	74,802	85			
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)- Flexibility of schedule to follow the course at the students's own pace	Between Groups	74,086	12	6,174	2,288	,016
	Within Groups	196,937	73	2,698		
	Total	271,023	85			

Tabla 4.62 Tabla ANOVA de las variables PVS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es) y PVP1.1: Universidad

Test of Homogeneity of Variances				
	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)- Subject area	7,195 ^a	9	73	,000
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)- Format and course presentation	5,702 ^b	9	73	,000
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)- Mandatory activities	4,820 ^c	9	73	,000
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)- Voluntary activities	9,076 ^d	9	73	,000
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)- Participative attitude of the students	6,762 ^e	9	73	,000
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)- Collaboration with other colleagues	3,412 ^f	9	73	,002
Highest satisfaction in fully-virtual course(s)- Flexibility of schedule to follow the course at the students's own pace	9,752 ^g	9	73	,000

Tabla 4.63 Prueba de homogeneidad de varianzas de las variables PVS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es) y PVP1.1: Universidad

Al intentar realizar dichas pruebas en SPSS STATISTICS®, nuevamente el programa nos muestra el mensaje de aviso representado en la [Figura 4.79](#), donde se nos informa que la baja disponibilidad de datos en algunos grupos, no permite realizar dicho análisis *Post-hoc*.

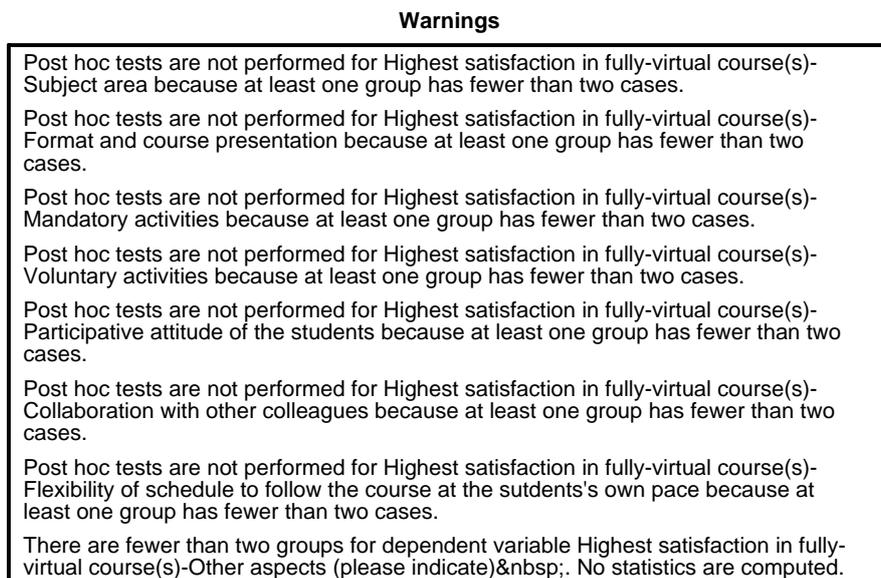


Figura 4.79 Error en pruebas de comparaciones múltiples de la variable PVS2.1: Razones de mayor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es) y PVP1.1: Universidad

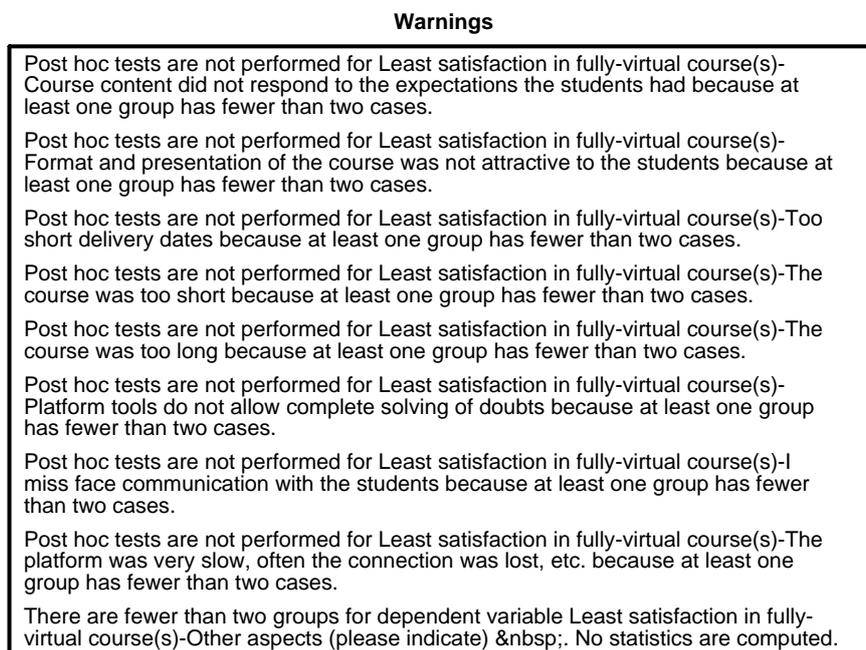


Figura 4.80 Error en pruebas de comparaciones múltiples de la variable PVS2.1: Razones de menor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es) y PVP1.1: Universidad

De igual forma, el análisis de la variable PVS2.2: Razones de menor satisfacción en asignatura(s) totalmente virtual(es) con la variable PVP1.1: Universidad produce idéntica advertencia sobre el bajo número de casos, como indica la [Figura 4.80](#). Por tanto, no se prosigue con el análisis cruzado de estas variables.

La relación entre la variable PVP4.1: N° horas semanales usando la plataforma digital y la variable PVP1.1: Universidad, indicada en la [Tabla 4.64](#), muestra un valor para la prueba de la χ^2 de Pearson de 46,164, con 33 grados de libertad, y una significación $\rho = 0,064 > 0,05$, por lo que **no podemos rechazar la hipótesis nula de independencia entre las variables PVP4.1: N° horas semanales usando la plataforma digital y PVP1.1: Universidad**, y por tanto no se continúa con el análisis de la relación entre ambas variables.

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	46,164 ^a	33	,064
Likelihood Ratio	37,240	33	,280
Linear-by-Linear Association	,142	1	,706
N of Valid Cases	50		

a. 45 cells (93,8%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,04.

Tabla 4.64 Relación entre las variables PVP4.1: N° horas semanales usando la plataforma digital y PVP1.1: Universidad

Al intentar estudiar la posible relación entre la variable PVP4.2: Ubicación preferente de conexión a la plataforma y la variable PVP1.1: Universidad, el test de [ANOVA](#) correspondiente, mostrado en la [Tabla 4.65](#), no produce ningún resultado estadísticamente significativo (la significación es siempre $\rho > 0,05$), lo que nos lleva a concluir que **las variables PVP4.2: Ubicación preferente de conexión a la plataforma y PVP1.1: Universidad no son dependientes entre sí**.

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Preferred location to connect to the portal- From home	Between Groups	40,125	11	3,648	1,954	,075
	Within Groups	52,275	28	1,867		
	Total	92,400	39			
Preferred location to connect to the portal- From university facilities	Between Groups	29,375	11	2,670	1,473	,186
	Within Groups	63,433	35	1,812		
	Total	92,809	46			
Preferred location to connect to the portal- From workplace outside university	Between Groups	33,957	8	4,245	1,701	,160
	Within Groups	49,905	20	2,495		
	Total	83,862	28			
Preferred location to connect to the portal- Other	Between Groups	4,167	1	4,167	8,333	,212
	Within Groups	,500	1	,500		
	Total	4,667	2			

Tabla 4.65 Tabla [ANOVA](#) de la variable PVP4.2: Ubicación preferente de conexión a la plataforma y PVP1.1: Universidad

En relación a la variable **PVP4.3: Horario preferente de conexión a la plataforma** y su posible asociación con la variable **PVP1.1: Universidad**, al ser la primera una variable de valoración, es necesario realizar nuevamente la prueba de **ANOVA**. La **Tabla 4.66** muestra la salida de este cálculo proporcionada por SPSS STATISTICS®, que una vez más, no indica ningún resultado estadísticamente significativo. Por tanto, esto nos lleva a **tener que aceptar la hipótesis de independencia entre la variable PVP4.3: Horario preferente de conexión a la plataforma y PVP1.1: Universidad**.

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Prime time of connection to the portal-From 8.00h to 14.00h	Between Groups	24,855	9	2,762	1,489	,202
	Within Groups	50,064	27	1,854		
	Total	74,919	36			
Prime time of connection to the portal-From 14.00h to 18.00h	Between Groups	25,319	9	2,813	1,489	,213
	Within Groups	41,556	22	1,889		
	Total	66,875	31			
Prime time of connection to the portal-From 18.00h to 20.00h	Between Groups	17,006	7	2,429	,977	,474
	Within Groups	49,708	20	2,485		
	Total	66,714	27			
Prime time of connection to the portal-After 20.00h	Between Groups	32,304	8	4,038	1,143	,385
	Within Groups	60,042	17	3,532		
	Total	92,346	25			

Tabla 4.66 Tabla **ANOVA** de la variable **PVP4.3: Horario preferente de conexión a la plataforma** y **PVP1.1: Universidad**

Como resumen sobre la valoración que los profesores de distintas universidades hacen de las modalidades de enseñanza presencial y virtual, se analiza la posible dependencia entre las variables **PVS1.1: Grado de satisfacción de asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital** y **PVS2.3: Grado de satisfacción de asignaturas virtuales**, con la variable **PVP1.1: Universidad**. Nuevamente, al tratarse de variables de valoración, se realizó el test de **ANOVA** mostrado en la **Tabla 4.67**.

Los resultados indican que, en el caso del grado de satisfacción de asignaturas virtuales, parece haber significación estadística ($\rho = 0,000$); pero una vez más, al intentar realizar pruebas de comparaciones múltiples para ver las posibles diferencias entre las medias, se obtiene el consabido mensaje de advertencia mostrado en la **Figura 4.81**, donde se indica que dicho análisis no ha podido ser realizado, por falta de datos.

Las últimas variables analizadas de este bloque, tienen que ver con las opiniones de los docentes acerca de **MOOCs**. Como ya se comentó, en el caso de los estudiantes, no se ha hecho distinción entre asignaturas virtuales y **MOOCs**, atendiendo al consejo de los jueces expertos que realizaron la valoración de contenido de

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Overall satisfaction with the face-to-face taught course(s) you taught in the last 12 months	Between Groups	10,030	12	,836	,529	,882
	Within Groups	58,450	37	1,580		
	Total	68,480	49			
Overall satisfaction with the fully-virtual course(s)	Between Groups	5,940	12	,495	3,571	,000
	Within Groups	10,118	73	,139		
	Total	16,058	85			

Tabla 4.67 Tabla ANOVA de las variables PVS1.1: Grado de satisfacción de asignaturas presenciales, PVS2.3: *idem* virtuales y PVP1.1: Universidad

Warnings

Post hoc tests are not performed for Overall satisfaction with the face-to-face taught course(s) you taught in the last 12 months because at least one group has fewer than two cases.

Post hoc tests are not performed for Overall satisfaction with the fully-virtual course(s) because at least one group has fewer than two cases.

Figura 4.81 Error en pruebas de comparaciones múltiples de las variables PVS1.1: Grado de satisfacción de asignaturas presenciales, PVS2.3: *idem* virtuales y PVP1.1: Universidad

los cuestionarios, según se explicó en la [Sección 3.2.6.3](#); en el caso del cuestionario de requisitos de profesores, sí que se ha mantenido dicha distinción, por entenderse que este colectivo debe, cuando menos, ser consciente de la existencia de este nuevo paradigma educativo que representan los MOOCs.

Se estudia a continuación la relación entre la variable PVP3.4: N° de MOOCs como estudiante en los últimos 12 meses y la variable PVP1.1: Universidad. El análisis de la prueba de la χ^2 de Pearson, mostrado en la [Tabla 4.68](#), arroja un valor $\chi^2 = 85,629$, con 44 grados de libertad y una significación asintótica nula, lo que nos lleva a afirmar que las variables **PVP3.4: N° de MOOCs como estudiante en los últimos 12 meses** y **PVP1.1: Universidad** son dependientes entre sí.

Para comprobar el grado de asociación entre estas dos variables, la [Tabla 4.69](#) muestra el resultado obtenido en las medidas de asociación correspondientes. El coeficiente de contingencia alcanza un alto valor ($C = 0,786$), con una significación nula, que nos lleva a poder afirmar que **las variables PVP3.4: N° de MOOCs como estudiante en los últimos 12 meses** y **PVP1.1: Universidad** tienen una asociación significativa.

La relación entre ambas variables se representa gráficamente en la [Figura 4.82](#). Si bien la gran mayoría de los profesores encuestados reconocen no haber cursado ningún MOOC en los últimos 12 meses, es interesante descubrir que el docente que ha cursado más MOOCs (4 - 5) en el último año, es un profesor de una universidad

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	85,629 ^a	44	,000
Likelihood Ratio	39,796	44	,652
Linear-by-Linear Association	1,153	1	,283
N of Valid Cases	53		

a. 59 cells (98,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,02.

Tabla 4.68 Relación entre las variables PVP3.4: N° de MOOCs como estudiante en los últimos 12 meses y PVP1.1: Universidad

Symmetric Measures

		Value	Approx. Sig.
Nominal by Nominal	Phi	1,271	,000
	Cramer's V	,636	,000
	Contingency Coefficient	,786	,000
	N of Valid Cases	53	

Tabla 4.69 Medidas de asociación para las variables PVP3.4: N° de MOOCs como estudiante en los últimos 12 meses y PVP1.1: Universidad

presencial (UAM); en el grupo de los que han realizado 2 - 3 cursos MOOCs como estudiantes en los últimos 12 meses, se encuentran profesores de la UNED y de SLU - St. Louis. Y por último, entre los que reconocen no saber lo que es un MOOC, se encuentra un profesor de la UAH, otro de la UMH, y un grupo de 3 profesores de otras universidades, no identificadas inicialmente.

La variable “hermana” PVP3.5: N° de MOOCs como instructor/coordinador en los últimos 12 meses, se analiza también mediante la prueba de la χ^2 de Pearson, en su relación con la variable PVP1.1: Universidad. Los resultados mostrados en la Tabla 4.70, indican un valor de $\chi^2 = 29,237$, con 33 grados de libertad y un nivel de significación de 0,655, lo que demuestra que **estamos lejos de poder asegurar la dependencia de estas dos variables**, y por tanto, no proseguiremos el estudio de la relación entre las mismas.

Respecto a la variable PVS3.1: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC hasta ahora, como se comentó en la Sección 4.2.1, por consejo de los expertos

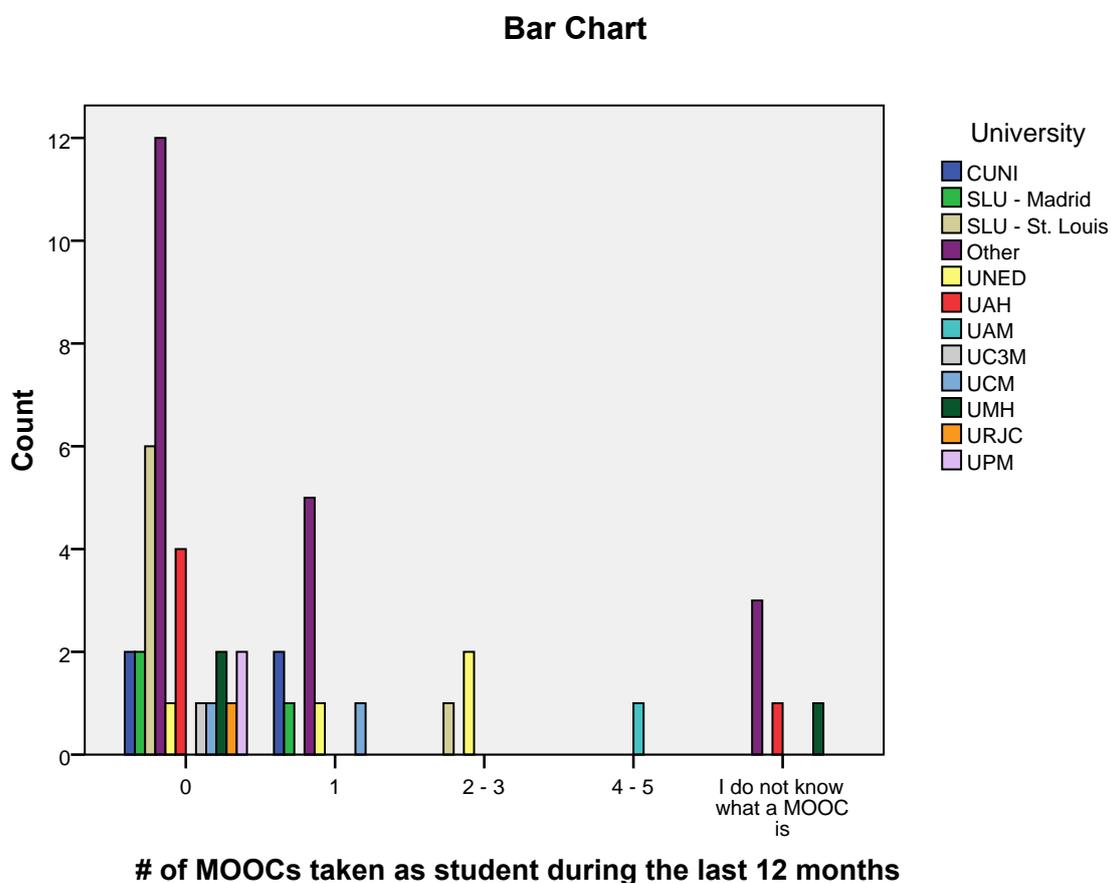


Figura 4.82 Gráfica de barras agrupadas por las variables PVP3.4: N° de MOOCs como estudiante en los últimos 12 meses y PVP1.1: Universidad

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	29,237 ^a	33	,655
Likelihood Ratio	23,073	33	,901
Linear-by-Linear Association	1,603	1	,205
N of Valid Cases	53		

a. 46 cells (95,8%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,02.

Tabla 4.70 Relación entre las variables PVP3.4: N° de MOOCs como estudiante en los últimos 12 meses y PVP1.1: Universidad

que participaron en la validación del contenido de los cuestionarios de requisitos, esta variable se ha dividido en dos:

- PVS3.1a: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC como alumno
- PVS3.1b: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC como instructor/coordinador

Los tests de ANOVA correspondientes, necesarios al tratarse de variables de valoración, se muestran en la Tabla 4.71 y Tabla 4.72, respectivamente. Como puede observarse, en ninguno de los casos planteados existe significación estadística, con el nivel de confianza del 95% establecido, por lo que concluimos que **no podemos rechazar la hipótesis nula de independencia entre las razones de no participar en MOOCs y la institución donde trabaja el profesorado.**

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Reasons not to take any MOOC in the last 12 months-No chance yet to take a MOOC, but would be interested in the future	Between Groups	39,958	10	3,996	1,070	,445
	Within Groups	48,542	13	3,734		
	Total	88,500	23			
Reasons not to take any MOOC in the last 12 months-Do not believe in MOOCs as an effective teaching tool	Between Groups	8,833	5	1,767	,502	,768
	Within Groups	35,167	10	3,517		
	Total	44,000	15			
Reasons not to take any MOOC in the last 12 months-MOOCs put in danger the traditional system of education I am working in	Between Groups	16,900	5	3,380	2,645	,097
	Within Groups	11,500	9	1,278		
	Total	28,400	14			
Reasons not to take any MOOC in the last 12 months-No time to take on-line courses, in addition to my current duties	Between Groups	5,749	8	,719	,491	,846
	Within Groups	24,867	17	1,463		
	Total	30,615	25			
Reasons not to take any MOOC in the last 12 months-Do not believe in totally non-face teaching. Need class interaction with the students	Between Groups	30,611	7	4,373	1,534	,260
	Within Groups	28,500	10	2,850		
	Total	59,111	17			
Reasons not to take any MOOC in the last 12 months-Other reasons (please indicate)	Between Groups	,000	1	,000	.	.
	Within Groups	,000	1	,000		
	Total	,000	2			

Tabla 4.71 Tabla ANOVA de las variables PVS3.1a: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC como alumno y PVP1.1: Universidad

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Reasons not to participate in any MOOC in the last 12 months-I think MOOCs put in danger the traditional system of education I am working in	Between Groups	25,119	7	3,588	2,338	,100
	Within Groups	16,881	11	1,535		
	Total	42,000	18			
Reasons not to participate in any MOOC in the last 12 months-No time to teach on-line courses, in addition to my current duties	Between Groups	21,859	10	2,186	,647	,759
	Within Groups	74,383	22	3,381		
	Total	96,242	32			
Reasons not to participate in any MOOC in the last 12 months-No chance yet to teach a MOOC, but would be interested in the future	Between Groups	34,810	7	4,973	1,624	,181
	Within Groups	67,357	22	3,062		
	Total	102,167	29			
Reasons not to participate in any MOOC in the last 12 months-Do not believe in totally non-face teaching. Need class interaction with the students	Between Groups	27,758	7	3,965	,958	,492
	Within Groups	66,242	16	4,140		
	Total	94,000	23			
Reasons not to participate in any MOOC in the last 12 months-Do not believe in MOOCs as an effective teaching tool	Between Groups	10,306	7	1,472	,389	,894
	Within Groups	52,967	14	3,783		
	Total	63,273	21			
Reasons not to participate in any MOOC in the last 12 months-Other reasons (please indicate)	Between Groups	,000	1	,000		
	Within Groups	,000	0			
	Total	,000	1			

Tabla 4.72 Tabla ANOVA de las variables PVS3.1a: Razones por las que no ha participado en ningún MOOC como instructor/coordinador y PVP1.1: Universidad

4.3.2.3. Análisis comparativo de la especialidad frente a variables del bloque 3 de profesores

Por último, llega el turno de analizar de forma comparativa las variables del BLOQUE 3: PREGUNTAS ESPECÍFICAS Y CULTURA COLABORATIVA del cuestionario de requisitos de profesores, que recordemos una vez más, tratan sobre preguntas específicas acerca de plataformas **VRL**, y sobre la cultura colaborativa existente entre el profesorado.

Como sucede en el cuestionario de requisitos de estudiantes, este bloque se inicia con la frase “Piense en una asignatura de las que imparta, que contenga prácticas de laboratorio. Si no tiene ninguna, piense en alguna asignatura/carrera que requiera de algún tipo de práctica experimental”.

El estudio comienza con el análisis de la variable **PVS3.2: ¿La asignatura en cuestión permite algún tipo de experimentación virtual y/o remota (i.e. simulaciones en línea, gestión remota de instrumentos, etc.)**, la cual se compara con la variable **PVP1.1: Universidad**. El cálculo de la prueba de la χ^2 de Pearson, indicado en la **Tabla 4.73**, arroja un resultado de 10,342, con 11 grados de libertad, y una significación $\rho = 0,500 > 0,05$, que no nos evita **tener que aceptar la hipótesis H_0 , o lo que es lo mismo, admitir la independencia de las variables entre sí**; por tanto, debemos concluir en este punto el análisis de la relación entre ambas variables.

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	10,342 ^a	11	,500
Likelihood Ratio	12,013	11	,363
Linear-by-Linear Association	3,949	1	,047
N of Valid Cases	54		

a. 22 cells (91,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,39.

Tabla 4.73 Relación entre las variables **PVS3.2: ¿La asignatura permite experimentación virtual y/o remota?** y **PVP1.1: Universidad**

A continuación, se analiza la relación de la variable **PVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia, como apoyo a la enseñanza presencial en el laboratorio?**, con la variable **PVP1.1: Universidad**. La prueba de la χ^2 de Pearson, mostrada en la **Tabla 4.74**, produce un valor de 18,471, con 11 grados de libertad, y una significación 0,071, que es superior al valor 0,05 establecido para tener una con-

fianza del 95 % en el rechazo de la hipótesis nula de independencia de variables; así pues, no podemos rechazar H_0 , y debemos afirmar que **no existe una relación de dependencia de estas dos variables entre si.**

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	18,471 ^a	11	,071
Likelihood Ratio	19,005	11	,061
Linear-by-Linear Association	,953	1	,329
N of Valid Cases	53		

a. 22 cells (91,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,19.

Tabla 4.74 Relación entre las variables PVS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia de apoyo? y PVP1.1: Universidad

Respecto a la variable PVS3.4: ¿Alguna vez ha participado en el diseño, prueba y/o validación de cualquier herramienta digital para la realización de prácticas de laboratorio virtuales y/o remotas?, al realizar la prueba de la χ^2 de Pearson con la variable PVP1.1: Universidad, produce un valor de $\chi^2 = 8,648$, con 10 grados de libertad y un nivel de significación $\rho = 0,566$, tal y como muestra la [Tabla 4.75](#). Este valor de significación es muy superior al valor 0,05, lo que nos lleva a afirmar que **ambas variables son claramente independientes**, y por tanto, no procede continuar estudiando su posible relación mutua.

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	8,648 ^a	10	,566
Likelihood Ratio	10,673	10	,384
Linear-by-Linear Association	,001	1	,974
N of Valid Cases	43		

a. 20 cells (90,9%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,49.

Tabla 4.75 Relación entre las variables PVS3.4: Participación en diseño, prueba y/o evaluación de alguna herramienta de [VRL](#) y PVP1.1: Universidad

A continuación, se estudia la posible relación de dependencia entre la variable PVS4.1: ¿Qué contenidos encuentra más interesantes para ser incluidos en la plataforma digital y la variable PVP1.1: Universidad. Al tratarse de una variable de valoración

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Preferred contents-Lab handbook to conduct the real sessions at the classroom laboratory	Between Groups	12,307	10	1,231	1,072	,412
	Within Groups	35,598	31	1,148		
	Total	47,905	41			
Preferred contents-Downloading videos from real experiments	Between Groups	15,106	10	1,511	,781	,646
	Within Groups	59,966	31	1,934		
	Total	75,071	41			
Preferred contents-Pre-lab questions to introduce the real experimental session	Between Groups	21,218	9	2,358	1,427	,220
	Within Groups	51,221	31	1,652		
	Total	72,439	40			
Preferred contents-Self-assessment exercises	Between Groups	6,419	10	,642	,619	,784
	Within Groups	29,017	28	1,036		
	Total	35,436	38			
Preferred contents-Software simulation of the phenomena under study	Between Groups	11,825	9	1,314	,871	,561
	Within Groups	43,765	29	1,509		
	Total	55,590	38			
Preferred contents-Live experiments by managing real instrumentation remotely	Between Groups	42,340	8	5,293	2,275	,050
	Within Groups	67,475	29	2,327		
	Total	109,816	37			

Tabla 4.76 Tabla ANOVA de las variables PVS4.1: Contenidos más interesantes a incluir en la plataforma digital y PVP1.1: Universidad

con varias posibilidades de respuesta, se calcula la prueba de ANOVA correspondiente, tal y como se muestra en la Tabla 4.76. Como puede apreciarse, el único ítem cuya significación está justo en el límite ($\rho \simeq 0,05$) es la respuesta PVS4.1.6: Realización de experimentos “en vivo” manejando instrumentación real de forma remota.

Test of Homogeneity of Variances

Preferred contents-Live experiments by managing real instrumentation remotely

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,478 ^a	7	29	,040

a. Groups with only one case are ignored in computing the test of homogeneity of variance for Preferred contents-Live experiments by managing real instrumentation remotely.

Tabla 4.77 Prueba de homogeneidad de varianzas de las variables PVS4.1.6: Realización de experimentos “en vivo” manejando instrumentación real de forma remota y PVP1.1: Universidad

Con objeto de establecer el tipo de comparación múltiple que se debe realizar, que permita detectar posibles diferencias en este ítem, aplicamos la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene a dicha variable. El resultado correspondiente se muestra en la Tabla 4.77. Dado que el valor de significación $\rho = 0,04 < 0,05$, el ítem no cumple con la prueba de homogeneidad de varianzas, por lo que aplicaremos

a continuación pruebas que consideran varianzas no homogéneas para detectar las posibles diferencias entre medias, como puede ser el test de Games-Howell.

Al intentar realizar estos cálculos mediante SPSS STATISTICS®, el programa nos informa una vez más que la pruebas *Post-hoc* no pueden realizarse, por falta de datos en, al menos, uno de los grupos, tal y como muestra la [Figura 4.83](#).

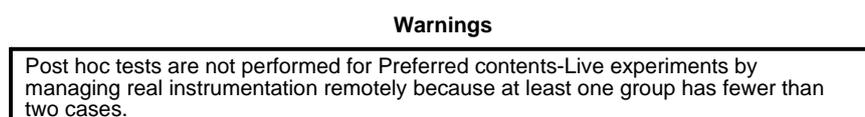


Figura 4.83 Error en el cálculo de la relación entre las variables PVS4.1.6: Realización de experimentos “en vivo” manejando instrumentación real de forma remota y PVP1.1: Universidad

En cuanto a la variable PVS5.1: Valore las herramientas que considere más útiles de la plataforma virtual, su estudio comparativo con la variable PVP1.1: Universidad se muestra en la [Tabla 4.78](#). Únicamente el ítem PVS5.1.3: Sesiones de *chat* con el profesor presenta un nivel de significación estadística ($\rho = 0,018 < 0,05$) que permite rechazar la hipótesis nula.

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Preferred tools-E-mail with the students and other colleagues	Between Groups	16,608	9	1,845	,905	,533
	Within Groups	61,167	30	2,039		
	Total	77,775	39			
Preferred tools-Open forums for discussions, to raise doubts, etc.	Between Groups	16,006	10	1,601	,846	,590
	Within Groups	56,775	30	1,892		
	Total	72,780	40			
Preferred tools-Chat sessions with the instructor	Between Groups	59,021	10	5,902	2,702	,018
	Within Groups	63,354	29	2,185		
	Total	122,375	39			
Preferred tools-External links to further information	Between Groups	6,638	9	,738	,506	,859
	Within Groups	45,167	31	1,457		
	Total	51,805	40			
Preferred tools-Other tools (please indicate)	Between Groups	,667	1	,667	.	.
	Within Groups	,000	1	,000		
	Total	,667	2			

Tabla 4.78 Tabla ANOVA de las variables PVS5.1: Herramientas más útiles de la plataforma virtual y PVP1.1: Universidad

Vamos, por tanto, a realizar la prueba de homogeneidad de varianza de Levene a la variable PVS5.1.3: Sesiones de *chat* con el profesor, para conocer si la varianza es homogénea o no, y así determinar el tipo de comparación múltiple que se debe realizar, para detectar posibles diferencias en el ítem. La [Tabla 4.79](#) muestra el resultado de dicho test de Levene. El valor de significación es $\rho = 0,032$, que al ser menor que el límite 0,05, nos lleva a afirmar que este ítem no cumple con la prue-

ba de homogeneidad de varianzas. Por tanto, aplicaremos pruebas que consideran varianzas no homogéneas, como por ejemplo, el test de Games-Howell.

Test of Homogeneity of Variances

Preferred tools-Chat sessions with the instructor			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,521 ^a	8	29	,032

a. Groups with only one case are ignored in computing the test of homogeneity of variance for Preferred tools-Chat sessions with the instructor.

Tabla 4.79 Prueba de homogeneidad de varianzas de las variables PVS5.1.3: Sesiones de *chat* con el profesor y PVP1.1: Universidad

Cuando pedimos a SPSS STATISTICS[®] que nos calcule el test de Games-Howell, de nuevo nos advierte que no puede realizarlo, pues faltan datos en, al menos, uno de los grupos, tal y como muestra la [Figura 4.84](#).

Warnings

Post hoc tests are not performed for Preferred tools-Chat sessions with the instructor because at least one group has fewer than two cases.

Figura 4.84 Error en el cálculo de la relación entre las variables PVS5.1.3: Sesiones de *chat* con el profesor y PVP1.1: Universidad

Respecto al uso y conocimiento de herramientas colaborativas, de nuevo al tratarse de variables de valoración, se procede al cálculo de las tablas [ANOVA](#) correspondientes, para estudiar la posible relación de dependencia con la variable PVP1.1: Universidad.

La [Tabla 4.80](#) muestra el test de [ANOVA](#) realizado sobre las variables PVS6.1: Valore las aplicaciones siguientes, en relación con el *conocimiento* que tenga de las mismas y PSV6.2: *Uso* de estas mismas aplicaciones, respecto a la variable PVP1.1: Universidad. Los resultados demuestran que, en todos los casos, el valor de significación ρ es superior a 0,05, por lo que podemos afirmar que **el uso y conocimiento de herramientas colaborativas es independiente de la institución donde trabaje el profesor**.

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Knowledge of collaborative apps-Dropbox	Between Groups	25,276	11	2,298	1,343	,237
	Within Groups	68,417	40	1,710		
	Total	93,692	51			
Knowledge of collaborative apps-Evernote	Between Groups	41,307	11	3,755	,924	,528
	Within Groups	150,367	37	4,064		
	Total	191,673	48			
Knowledge of collaborative apps-Doodle	Between Groups	33,997	9	3,777	1,309	,275
	Within Groups	83,695	29	2,886		
	Total	117,692	38			
Knowledge of collaborative apps-Google Drive	Between Groups	32,143	10	3,214	,943	,508
	Within Groups	119,357	35	3,410		
	Total	151,500	45			
Knowledge of collaborative apps-Skydrive	Between Groups	30,704	9	3,412	,879	,555
	Within Groups	108,690	28	3,882		
	Total	139,395	37			

(a)

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Use of collaborative apps-Dropbox	Between Groups	54,383	11	4,944	1,665	,119
	Within Groups	115,774	39	2,969		
	Total	170,157	50			
Use of collaborative apps-Evernote	Between Groups	60,245	11	5,477	1,585	,151
	Within Groups	110,550	32	3,455		
	Total	170,795	43			
Use of collaborative apps-Doodle	Between Groups	18,210	8	2,276	,728	,666
	Within Groups	81,333	26	3,128		
	Total	99,543	34			
Use of collaborative apps-Google Drive	Between Groups	55,495	10	5,549	1,634	,138
	Within Groups	118,875	35	3,396		
	Total	174,370	45			
Use of collaborative apps-Skydrive	Between Groups	29,148	8	3,643	1,538	,193
	Within Groups	61,595	26	2,369		
	Total	90,743	34			

(b)

Tabla 4.80 Tabla ANOVA de las variables (a) PVS6.1: Conocimiento de aplicaciones colaborativas y (b) PVS62: Uso de las mismas, frente a PVP1.1: Universidad

A continuación, se analiza la posible relación entre la variable PVS6.3: Valore su presencia en redes sociales y la variable PVP1.1: Universidad. El test ANOVA correspondiente se muestra en la [Tabla 4.81](#).

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Participation in social networks-Facebook	Between Groups	55,786	10	5,579	1,671	,131
	Within Groups	106,818	32	3,338		
	Total	162,605	42			
Participation in social networks-Twitter	Between Groups	68,056	10	6,806	2,325	,042
	Within Groups	73,167	25	2,927		
	Total	141,222	35			
Participation in social networks-Tuenti	Between Groups	8,976	9	,997	9,163	,000
	Within Groups	1,524	14	,109		
	Total	10,500	23			
Participation in social networks-Google+	Between Groups	44,155	9	4,906	1,778	,125
	Within Groups	66,227	24	2,759		
	Total	110,382	33			
Participation in social networks-Linkedin	Between Groups	62,688	11	5,699	3,050	,007
	Within Groups	57,917	31	1,868		
	Total	120,605	42			
Participation in social networks-Instagram	Between Groups	38,380	11	3,489	1,193	,354
	Within Groups	55,556	19	2,924		
	Total	93,935	30			

Tabla 4.81 Tabla ANOVA de las variables PVS6.3: Presencia en redes sociales y PVP1.1: Universidad

En esta ocasión, hay varios ítems que presentan significación estadística, por lo que realizamos, de nuevo, la consabida prueba de Levene, para averiguar la homogeneidad de varianzas. Como muestra la [Tabla 4.82](#), el valor de significación obtenido es inferior a 0,05, lo que sugiere la utilización de pruebas que no tengan en cuenta dicha homogeneidad, para detectar las posibles diferencias entre medias.

Test of Homogeneity of Variances				
	Levene Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Participation in social networks-Facebook	4,313 ^a	8	32	,001
Participation in social networks-Twitter	2,308 ^b	6	25	,065
Participation in social networks-Tuenti	3,583 ^c	4	14	,033
Participation in social networks-Google+	6,539 ^d	6	24	,000
Participation in social networks-Linkedin	3,546 ^e	7	31	,007
Participation in social networks-Instagram	1,787 ^f	5	19	,164

Tabla 4.82 Prueba de homogeneidad de varianzas de las variables PVS6.3: Presencia en redes sociales y PVP1.1: Universidad

Una vez mas, al intentar calcular el test de Games-Howell, se nos informa que no ha sido posible realizarlo, al faltar datos en, al menos, uno de los grupos, tal y como refleja la [Figura 4.85](#).

Warnings

Post hoc tests are not performed for Participation in social networks-Facebook because at least one group has fewer than two cases. Post hoc tests are not performed for Participation in social networks-Twitter because at least one group has fewer than two cases. Post hoc tests are not performed for Participation in social networks-Tuenti because at least one group has fewer than two cases. Post hoc tests are not performed for Participation in social networks-Google+ because at least one group has fewer than two cases. Post hoc tests are not performed for Participation in social networks-Linkedin because at least one group has fewer than two cases. Post hoc tests are not performed for Participation in social networks-Instagram because at least one group has fewer than two cases.

Figura 4.85 Error en el cálculo de la relación entre las variables PVS6.3: Presencia en redes sociales y PVP1.1: Universidad

Finalmente, el análisis de la posible relación entre la variable PVS6.4: ¿Escribe en algún blog? y la variable PVP1.1: Universidad mediante la prueba de la χ^2 de Pearson, nos produce un valor de $\chi^2 = 102,280$, con 84 grados de libertad y una significación asintótica $\rho = 0,085$, tal y como indica la [Tabla 4.83](#). Estos resultados nos llevan a poder declarar que **no existe relación dependencia entre ambas variables**, con lo que no continuaremos el análisis comparativo entre dichas variables.

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	102,280 ^a	84	,085
Likelihood Ratio	46,714	84	1,000
N of Valid Cases	86		

a. 101 cells (97,1%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,01.

Tabla 4.83 Relación entre las variables PVS6.4: ¿Escribe en algún blog? y PVP1.1: Universidad

4.4. Análisis de resultados mediante el modelo TAM

Como se comentó en la [Sección 2.1.4](#), la elaboración de los cuestionarios de requisitos de profesores y estudiantes ha incluido algunas ideas provenientes del Modelo de Aceptación de Tecnología (*Technology Acceptance Model*) (TAM). Si bien este modelo está orientado a la evaluación de sistemas tecnológicos ya en funcionamiento, creemos que es procedente tener en cuenta desde el comienzo algunas de las reflexiones planteadas en este modelo, de forma que estén contempladas en el proceso de recopilación de expectativas y necesidades manifestadas por los usuarios finales de la plataforma VRL.

El TAM utiliza dos constructos fundamentales, a saber [[Davis, 1993](#)]:

- **Utilidad Percibida:** es el grado con el que un individuo cree que, utilizando un sistema particular, aumentará su desempeño laboral. En nuestro caso, este constructo lo constituirán las variables VS4.1: ¿Qué contenidos encuentra más interesantes para ser incluidos en la plataforma digital? y VS5.1: Valore las herramientas que considere más útiles de la plataforma virtual
- **Facilidad de Uso Percibida:** es el grado con el que un individuo cree que, usando un sistema particular, se verá liberado de esfuerzo físico y mental. Las variables seleccionadas para este constructo son VS2.1.2: Formato y presentación del curso y VS2.1.5: Flexibilidad de horario para [que los estudiantes puedan] seguir el curso a *mi* [su] propio ritmo

Además de estos dos constructos, y siguiendo las extensiones del modelo TAM original, desarrolladas por otros autores, [[Persico et al., 2014](#); [Liu et al., 2010](#); [Novo-Corti et al., 2013](#)], se han incluido otros dos constructos, a saber:

- **Actitud hacia la Enseñanza Virtual:** En este constructo, se incluyen las variables VS2.1.6: Actitud *del docente/coordinador* [de los estudiantes] del curso y VS2.1.7: *Participación de los compañeros* [Colaboración con otros colegas].
- **Experiencia Previa:** Como parte de este constructo, se han considerados las variables VP2.1: N° asignaturas presenciales con apoyo de plataforma digital y VP3.1: N° asignaturas/cursos totalmente virtuales.

La [Tabla 4.84](#) muestra las medias y desviaciones típicas, obtenidas sobre los cuatro constructos TAM considerados. Los datos, expresados en porcentaje, se muestran en la parte inferior de dicha [Tabla 4.84](#).⁹

Constructo	Variable	Estudiantes		Profesores		
		Media	Desv. Estándar	Media	Desv. Estándar	
Actitud hacia la Enseñanza Virtual	EVS2.1.6	5,00	1,19	PVS2.1.6	4,22	1,59
	EVS2.1.7	3,68	1,62	PVS2.1.7	3,29	1,86
Experiencia Previa	EVP2.1	3,55	0,87	PVP2.1	2,94	1,28
	EVP3.1	1,44	0,84	PVP3.1	1,66	1,03
Utilidad Percibida	EVS41	4,93	0,94	PVS4.1	4,81	0,89
	EVS51	4,50	1,02	PVS5.1	4,60	0,95
Facilidad de Uso Percibida	EVS2.1.2	4,58	1,36	PVS2.1.2	4,42	0,96
	EVS2.1.5	5,05	0,00	PVS2.1.5	5,05	1,39

(a)

Constructo	Variable	Estudiantes					
		1	2	3	4	5	6
Actitud hacia la Enseñanza Virtual	EVS2.1.6	0%	6%	6%	17%	28%	44%
	EVS2.1.7	5%	11%	26%	32%	21%	5%
Experiencia Previa	EVP2.1	21%	7%	16%	9%	48%	0%
	EVP3.1	75%	11%	12%	0%	2%	0%
Utilidad Percibida	EVS41	0%	2%	12%	37%	32%	17%
	EVS51	0%	2%	23%	46%	14%	14%
Facilidad de Uso Percibida	EVS2.1.2	0%	0%	16%	32%	32%	21%
	EVS2.1.5	0%	10%	5%	10%	20%	55%

Profesores

Constructo	Variable	Profesores					
		1	2	3	4	5	6
Actitud hacia la Enseñanza Virtual	PVS2.1.6	6%	11%	17%	17%	22%	28%
	PVS2.1.7	18%	24%	24%	6%	6%	24%
Experiencia Previa	PVP2.1	18%	18%	33%	18%	14%	0%
	PVP3.1	64%	14%	17%	2%	3%	0%
Utilidad Percibida	PVS4.1	0%	6%	6%	30%	49%	9%
	PVS5.1	0%	4%	15%	38%	30%	13%
Facilidad de Uso Percibida	PVS2.1.2	0%	5%	5%	42%	37%	11%
	PVS2.1.5	0%	11%	5%	11%	16%	58%

(b)

Tabla 4.84 Resultados los constructos TAM: (a) medias y desviaciones estándar (b) porcentajes de cada respuesta

Como puede observarse, en el constructo **Actitud hacia la Enseñanza Virtual**, estudiantes y profesores consiguen una alta puntuación en ambos casos (5,00 y 4,22 sobre 6, respectivamente); sin embargo, la participación de los compañeros/colegas de profesión es ligeramente mejor valorada en el caso de los estudiantes (3,68), que en el de los profesores (3,29). Estos resultados vuelven a demostrar la *actitud individualista* que, en muchos casos, sigue imperando entre el colectivo docente, respecto al ejercicio de su profesión.

⁹Recordemos que, en todos los casos, los valores mostrados pertenecen al rango 1 - 6 de la escala de Likert que se ha venido utilizando en todas las variables de valoración.

Respecto al constructo **Experiencia Previa**, los estudiantes encuestados tienen bastante más experiencia en enseñanza presencial que en la modalidad virtual (3,55 frente a 1,44); en el caso de los profesores, si bien sigue predominando la experiencia en enseñanza presencial frente a la virtual, la diferencia en este caso no es tan acusada (2,94 frente a 1,66).

En el constructo **Utilidad Percibida** (uno de los constructos fundamentales del modelo **TAM** original), los contenidos propuestos para la plataforma **VRL** han sido agrupados en un único indicador (media de todas las variables **VP4.1.x**); los resultados obtenidos sobre este constructo muestran una alta consideración de ambos colectivos sobre dichos contenidos (4,93 por los estudiantes; 4,81 en el caso de los profesores). De igual forma, los encuestados han valorado muy positivamente las herramientas consideradas para la plataforma **VRL**, como indican los valores medios obtenidos sobre las variables **VP5.1.x** (4,50 en estudiantes; 4,60 en profesores).

Por último, el constructo **Facilidad de Uso Percibida**, que también forma parte del modelo **TAM** original, ha mostrado altos valores de consideración en las variables seleccionadas; así, el formato y presentación del curso es valorado con una media de 4,58 por los estudiantes y 4,42 por los profesores, mientras que la flexibilidad de horario en la utilización de la plataforma **VRL**, arroja unos resultados de 5,05 de valoración media en ambos casos.

4.5. Discusión de resultados con expertos

Además de la valoración cuantitativa (individual y comparativa) de las variables de los dos cuestionarios de requisitos anteriores, se ha establecido un **grupo de discusión** con tres de los expertos que participaron en determinar la validez del contenido de los cuestionarios, como se describió en la [Sección 3.2.5.1](#).

El propósito de este grupo de discusión ha sido realizar una triangulación sobre los resultados obtenidos de los cuestionarios, que complementen los análisis estadísticos expuestos en las secciones anteriores.

Los tres expertos que han formado este grupo de discusión, son profesores que tienen una amplia experiencia práctica en el diseño y utilización de plataformas **VRL**, como herramientas de enseñanza en sus clases. Por tanto, sus opiniones respecto a los resultados alcanzados, entendemos que son altamente relevantes, al aplicar los conocimientos que han adquirido sobre los **VRLs** a lo largo de su propia actividad profesional.

Se resumen las principales conclusiones obtenidas de la triangulación con expertos, al analizar las variables más relevantes relacionadas con los VRLs:

VP3.3: Razones por las que no ha impartido ningún curso totalmente virtual

- De los valores obtenidos, se deduce que las instituciones no ofrecen cursos totalmente virtuales, y que los profesores prefieren el contacto directo con los estudiantes.

VS2.2: Razones de menor satisfacción en cursos virtuales

- Sorprende que los profesores valoren en segunda posición el que “echan en falta el contacto directo con los estudiantes” y en la primera que “el curso era demasiado corto para los temas que se deberían tratar”.

VS3.3: ¿Se debe utilizar una plataforma virtual a distancia, como apoyo a la enseñanza presencial en el laboratorio?. Las razones positivas más señaladas, a tenor de los resultados, pueden ser:

- Para poder visualizar mejor los efectos de las distintas condiciones experimentales sin necesidad de repetirlas todas en el laboratorio.
- Facilita la práctica previa de los estudiantes.
- Porque las horas de laboratorio son limitadas. La plataforma virtual proporcionaría más horas de uso al estudiante.
- Permite a los estudiantes repetir experimentos a su propio ritmo, y tantas veces como deseen.

Respecto a las razones para no utilizar dicha plataforma VRL, la opinión común de los expertos ha sido la siguiente:

- Los VRLs no pueden desplazar a los presenciales, pero pueden ser de gran ayuda a la hora de realizar las prácticas en el laboratorio real, ya que los estudiantes sabrán cómo hacerlas, y los errores que no deben cometer, siempre y cuando el VRL esté bien diseñado.

VS4.1: ¿Qué contenidos encuentra más interesantes para ser incluidos en la plataforma digital?

- A la vista de los resultados, tanto de profesores como de estudiantes, parece claro que se impone el modelo de **laboratorio virtual** (*i.e.* simulaciones por ordenador de los fenómenos a estudiar), frente al **laboratorio real** (*i.e.* manejo de equipos en remoto).

- Hacer ejercicios antes y después de realizar la práctica es una de las primeras opciones. Creemos que la plataforma [VRL](#) debe también explicar, mediante video-tutoriales, el contenido teórico y problemas, además de todo lo relacionado con la práctica, para poder dedicar así más tiempo al laboratorio real.

VS5.1: Valore las herramientas que considere más útiles de la plataforma virtual

- Por la experiencia acumulada, una de las herramientas más importantes de las que se dispone en una plataforma digital, es el acceso a los foros y los *chats* con otros estudiantes y profesores.

Capítulo 5

Dimensión tecnológica

«La ciencia de hoy es la tecnología del mañana»

Edward Teller

Tal y como se ha comentado desde el [Capítulo 1](#) de esta memoria, la dimensión tecnológica tiene una gran importancia en este trabajo, toda vez que el objetivo final del mismo, es el diseño de una plataforma [VRL](#) para la experimentación en Óptica y Fotónica.

Como se explicó en la [Sección 1.1](#), existen dos conceptos asociados al [VRL](#): por un lado, el **laboratorio virtual** faculta al usuario para realizar simulaciones por ordenador de experimentos científicos; por otro, el **laboratorio remoto** permite el manejo a distancia de instrumentos y equipos reales, con los que realizar la experimentación.

A tenor de los resultados obtenidos en el análisis de los cuestionarios de requisitos de profesores y estudiantes, la dimensión tecnológica de este trabajo vendrá orientada, fundamentalmente, al desarrollo de *experimentos virtuales* en áreas de Óptica y Fotónica, que permitan complementar la enseñanza de asignaturas prácticas de laboratorio en carreras científico-técnicas [[Anterrieu y Pérez, 2010](#)].

Para ello, se utilizarán diversas tecnologías *hardware* y *software*, hasta converger en una plataforma [VRL](#) basada en la web, denominada OPTILAB.

En este capítulo, la [Sección 5.1](#) describe el estudio del estado del arte realizado, que recoge otras iniciativas de [VRLs](#), cercanas al objeto de investigación de este

trabajo. A continuación, la [Sección 5.2](#) realiza una visión global de la dimensión tecnológica, con una breve descripción de las distintas tecnologías que han sido utilizadas para la construcción de herramientas de simulación óptica.

La [Sección 5.3](#) recoge el trabajo realizado utilizando NI LABWINDOWS™/CVI, herramienta muy ligada al *hardware*, tal y como se verá. A continuación, la [Sección 5.4](#) describe las aplicaciones de simulación diseñadas, que utilizan la herramienta MATLAB® como base de desarrollo. La [Sección 5.5](#) describe los trabajos acometidos, que emplean la tecnología Java™. Por las razones que se explican a lo largo de este capítulo, Java™ es la tecnología que finalmente se ha elegido para la construcción del portal OPTILAB, nombre con el que se ha bautizado a la plataforma VRL basada en la web, que constituye el resultado final de este trabajo.

La [Sección 5.6](#) describe en detalle el portal OPTILAB; por una parte, en OPTILAB se incluyen, en formato Java™, las simulaciones ópticas desarrolladas anteriormente en MATLAB®; por otra parte, el portal OPTILAB intenta reflejar las necesidades y expectativas sobre VRLs, provenientes del análisis de resultados de los cuestionarios de requisitos de estudiantes y profesores de enseñanzas científico-técnicas, que se han descrito en el [Capítulo 4](#)

5.1. Estudio del estado del arte

Como todo proceso de investigación que se precie, es necesario en primer lugar realizar un análisis del estado del arte, que permita encontrar experiencias similares en el área de interés, y así poder centrar el objeto de investigación en el contexto actual.

Recordemos una vez más, que el área de interés para este trabajo son las plataformas VRL, que permitan la realización de experimentación virtual en Óptica y Fotónica, en titulaciones universitarias de carácter científico-técnico.

A continuación, se describen las experiencias más interesante, halladas en la bibliografía, sobre VRLs . Dado que no se han hallado demasiados trabajos de plataformas VRL en áreas relacionadas con la Óptica/Fotónica, el estudio se ha ampliado, incluyendo desarrollos en otras áreas de ingeniería.

5.1.1. Virtual Photonics Experiments Network (V-PEN)

El proyecto V-PEN propone un sistema de educación a distancia para la realización de experimentos sobre Fotónica, desarrollado por el Departamento de Tecnología Mecatrónica de la *National Taiwan Normal University* [Chang *et al.*, 2005].

El sistema V-PEN utiliza una arquitectura cliente-servidor, para poder realizar varios experimentos fotónicos, tanto en forma *off-line* como *on-line*. Como ejemplo, la Figura 5.1(a) representa el montaje experimental de una práctica sobre Óptica de Fourier. En la parte inferior se muestra la Interfaz Gráfica de Usuario (*Graphical User Interface*) (GUI) que maneja el estudiante, donde se ilustra una animación en línea del experimento de Óptica de Fourier, una imagen en tiempo real del montaje experimental en sí, el patrón de difracción luminoso del objeto anterior utilizado y del que se encuentra actualmente situado en el montaje experimental, y por último, las distribuciones espaciales de espectro correspondientes a dichos patrones luminosos de difracción.

A pesar de lo prometedor del proyecto V-PEN, no se ha podido obtener información para poder acceder como usuario al sistema, con el fin de realizar una evaluación en profundidad del mismo.

5.1.2. Javaoptics (JOptics)

El proyecto Javaoptics (JOptics) es una iniciativa del Grupo de Innovación Docente en Óptica Física y Fotónica de la Universidad de Barcelona, cuyo objetivo es fomentar el aprendizaje de la Óptica a través de Internet [Carnicer, 2014].

Accesible a cualquier internauta desde la dirección URL <http://www.ub.edu/javaoptics>, JOptics consiste en una serie de recursos docentes, dirigidos principalmente al estudiante universitario, que permiten afianzar los conocimientos de Óptica Física.

Además, una parte de los materiales desarrollados pueden ser utilizados por estudiantes y profesores de ESO y bachillerato, para ilustrar y ampliar conceptos de Física, a ese nivel educativo.

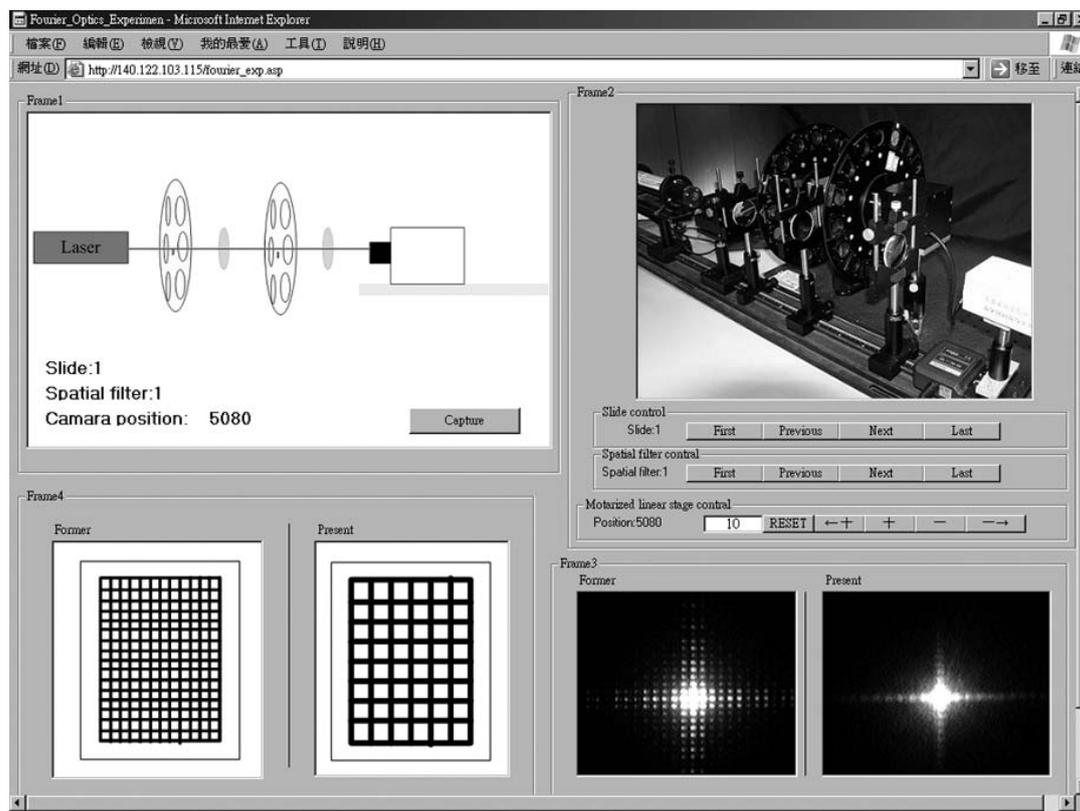
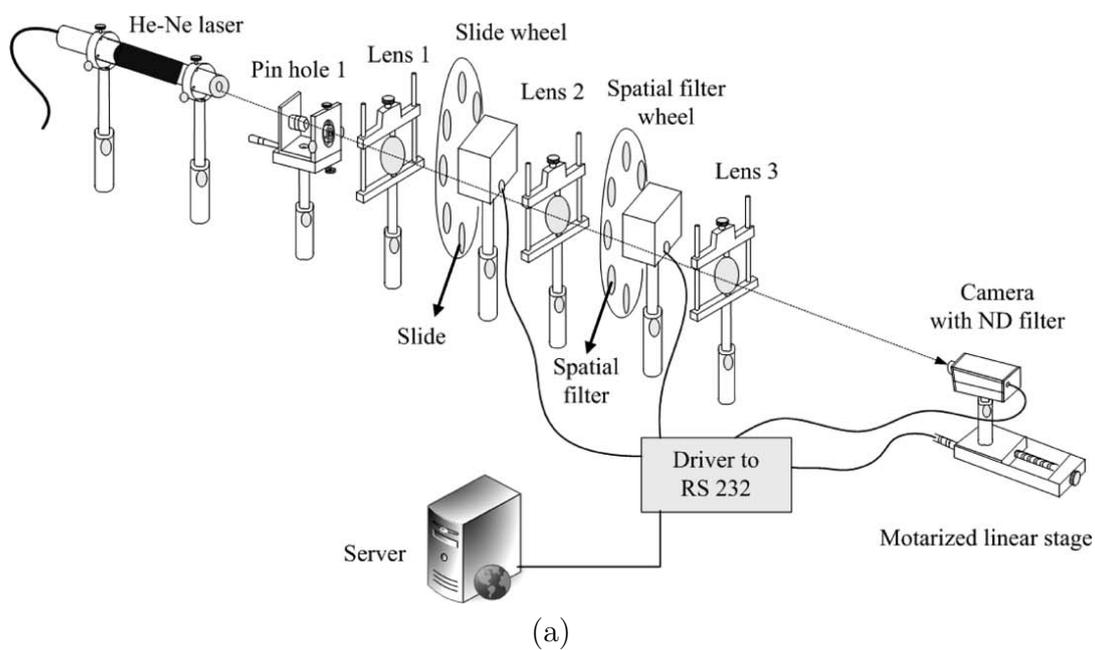


Figura 5.1 Experimento de Óptica de Fourier del proyecto V-PEN: (a) montaje experimental (b) GUI del sistema

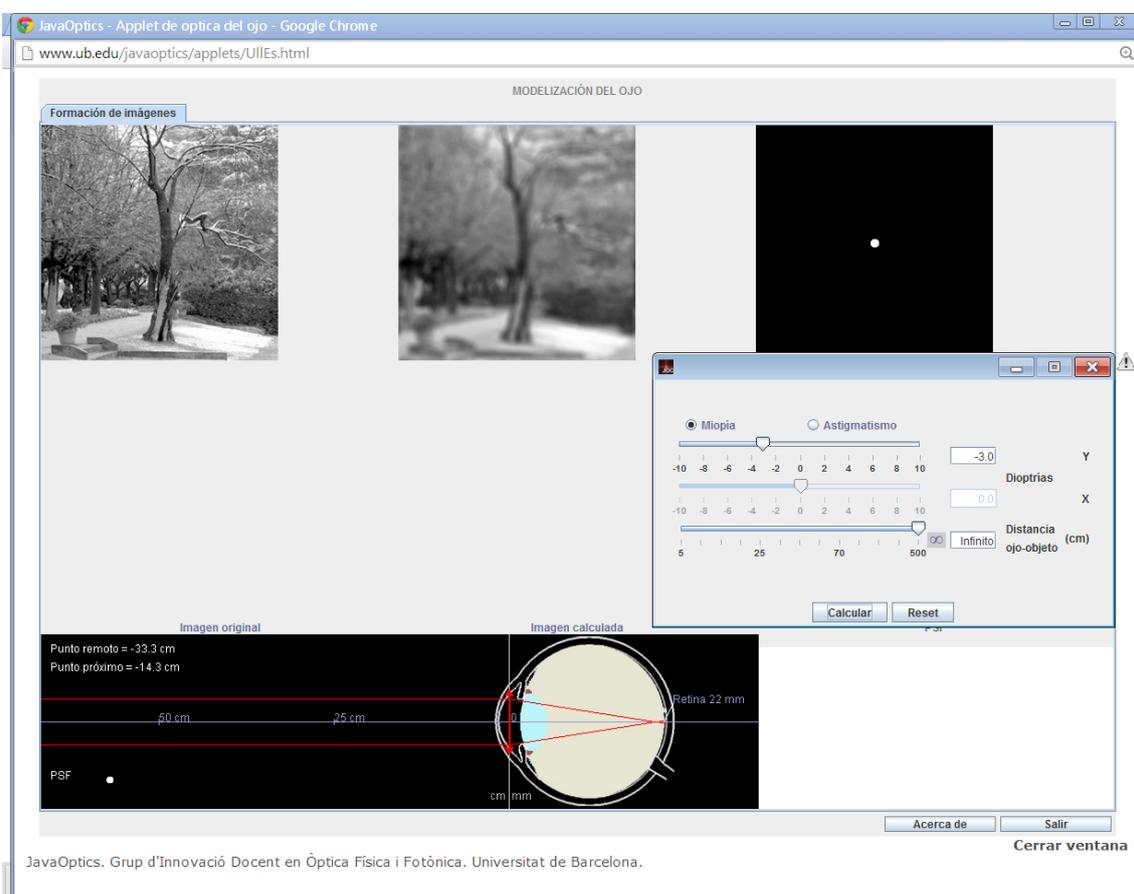


Figura 5.2 Simulación del funcionamiento de un ojo miope, incluido en JavaOptics

Actualmente, JOptics permite realizar experimentación virtual sobre 12 fenómenos ópticos, incluyendo fibras ópticas, modelo del ojo, difracción, colorimetría, etc. Las simulaciones pueden ejecutarse directamente como *applets* en el navegador, o bien descargarse en el ordenador para usarse en cualquier momento, sin necesidad de disponer de conexión a internet.

El portal JOptics ha sido galardonado con el premio MERLOT Classics Awards 2010, dentro del apartado de Física [MERLOT, 2010]. A pesar del excelente material desarrollado y cuidado diseño del portal, JOptics no permite que los usuarios compartan sus experiencias y/o preguntas (vía foro, por ejemplo). Además, los guiones de las prácticas son estáticos, no aportándose la capacidad multimedia que ofrecen los vídeo-tutoriales. Por último, JOptics tampoco permite, al menos de momento, una evaluación *on-line* del aprendizaje de los contenidos.

5.1.3. UNEDLABs

UNEDLabs (<http://unedlabs.dia.uned.es/>) aglutina una red de laboratorios virtuales, remotos y colaborativos de la Universidad Nacional de Educación a Distancia [UNED, 2014b; Dormido *et al.*, 2012]. En UNEDLabs, estudiantes de distintas carreras de la UNED pueden realizar sus prácticas experimentales, tanto reales como simuladas, mediante un entorno web que permite manejar a distancia los recursos experimentales, los cuales se encuentran ubicados físicamente en distintos laboratorios reales de la UNED.

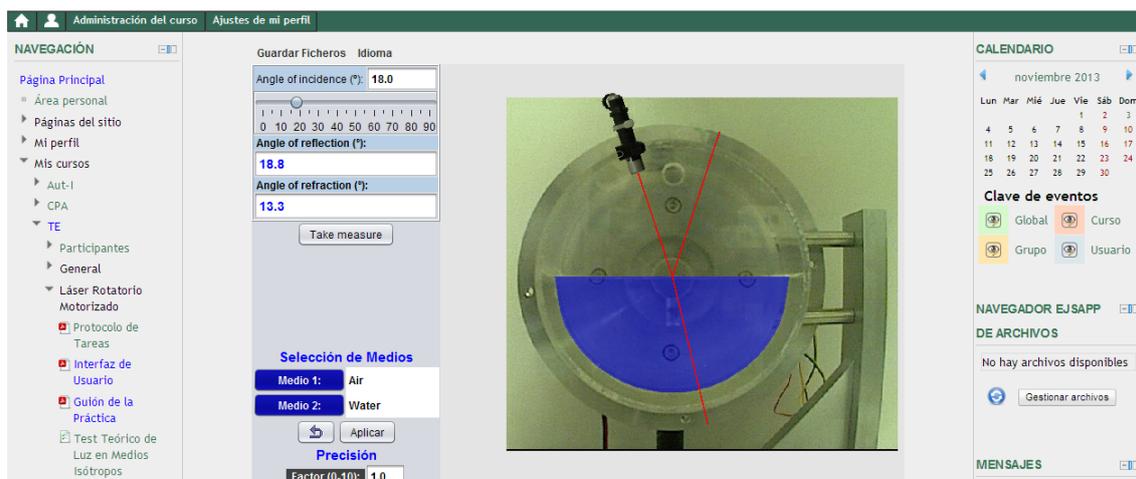


Figura 5.3 Experimento de refracción de haz láser en UNEDLabs

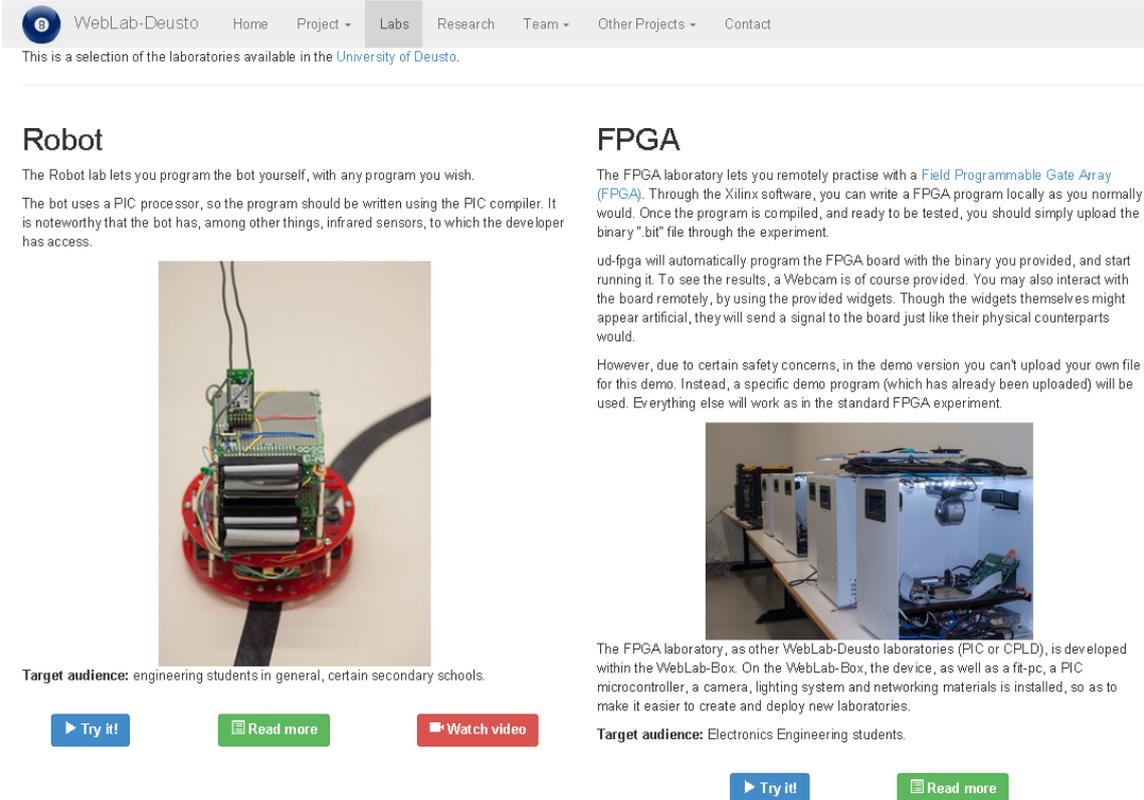
Actualmente, en UNEDLabs se pueden realizar experimentos de Automática, Matemáticas, Control de Procesos Avanzados, Técnicas Experimentales de Física,

etc. El entorno de simulación en que se basa UNEDLabs es *Easy Java Simulations* (EJS), descrito en la [Sección 5.2.3](#). De momento, en la red UNEDLabs no se incluyen experimentos en Óptica/Fotónica.

5.1.4. WebLab-Deusto

WebLab-Deusto es una iniciativa de la Universidad de Deusto, cuyo objetivo de aumentar el aprendizaje experimental de los estudiantes, a través del uso y desarrollo de VRLs.

A través de la página web <http://weblab.deusto.es/> se ofrece acceso a varios VRLs de forma gratuita; el *software* subyacente está disponible bajo Licencia de Libre Distribución (*General Public License*) (GPL) [[Free Software Foundation, 2014](#)].



The screenshot shows the WebLab-Deusto website interface. At the top, there is a navigation bar with a logo and links for Home, Project, Labs, Research, Team, Other Projects, and Contact. Below the navigation bar, a subtitle reads: "This is a selection of the laboratories available in the University of Deusto." The main content area is divided into two columns. The left column is titled "Robot" and contains text describing the Robot lab, which allows users to program a bot using a PIC processor. Below the text is a photograph of a small robot with a PIC microcontroller board mounted on top. The right column is titled "FPGA" and contains text describing the FPGA laboratory, which allows users to remotely practice with a Field Programmable Gate Array (FPGA) using Xilinx software. Below the text is a photograph of a laboratory setup with a computer monitor and a camera. At the bottom of each column, there are buttons for "Try it!", "Read more", and "Watch video".

Robot

The Robot lab lets you program the bot yourself, with any program you wish.

The bot uses a PIC processor, so the program should be written using the PIC compiler. It is noteworthy that the bot has, among other things, infrared sensors, to which the developer has access.

FPGA

The FPGA laboratory lets you remotely practise with a [Field Programmable Gate Array \(FPGA\)](#). Through the Xilinx software, you can write a FPGA program locally as you normally would. Once the program is compiled, and ready to be tested, you should simply upload the binary ".bit" file through the experiment.

ud-fpga will automatically program the FPGA board with the binary you provided, and start running it. To see the results, a Webcam is of course provided. You may also interact with the board remotely, by using the provided widgets. Though the widgets themselves might appear artificial, they will send a signal to the board just like their physical counterparts would.

However, due to certain safety concerns, in the demo version you can't upload your own file for this demo. Instead, a specific demo program (which has already been uploaded) will be used. Everything else will work as in the standard FPGA experiment.

Target audience: engineering students in general, certain secondary schools.

Target audience: Electronics Engineering students.

Figura 5.4 Plataforma de experimentación remota de WebLab-Deusto

Actualmente, WebLab-Deusto ofrece varios VRLs relacionados con diversas áreas de Electrónica (circuitos, robótica, programación de FPGAs), pero de nuevo, ninguno relacionado con Óptica/Fotónica.

5.1.5. MOOC Fundamentos de Comunicaciones Ópticas

En enero de 2014, se lanzó el **MOOC** *Fundamentos de Comunicaciones Ópticas*. Se trata del primer Curso En Línea, Abierto y Masivo (*Massive Open Online Course*) (**MOOC**) sobre comunicaciones ópticas ofrecido en la red, y accesible desde la **URL** <http://cursocomunicacionesopticas.upvx.es/>.

Según afirman los propios autores, “el curso está destinado a estudiantes universitarios de la rama de las **TIC**, que quieran conocer los mecanismos fundamentales de las comunicaciones por fibra óptica. También es adecuado para profesionales relacionados con las instalaciones de fibra óptica que deseen comprender aspectos fundamentales sobre la generación, propagación y detección de la señal óptica” [Capmany y Tamarit, 2014].

Este **MOOC** está alojado en la plataforma UPV[X] de la Universitat Politècnica de València (**UPV**), y se basa en POLIMEDIA, una tecnología desarrollada por la **UPV** para la elaboración de contenidos audiovisuales de calidad, de forma rápida y con un bajo coste de producción.



Figura 5.5 **MOOC** *Fundamentos de Comunicaciones Ópticas*

La metodología de este curso es la de cualquier **MOOC**, a saber:

- Un conjunto de vídeos donde se explican los conceptos básicos, segmentados de forma que sea posible consultar cada concepto tantas veces como el alumno necesite.

- Una serie de ejercicios intercalados con los vídeos que permiten al alumno consolidar lo aprendido.
- Unos exámenes tras cada unidad para comprobar la progresión del alumno, incluyendo un examen final de verificación.
- Finalmente, un foro de soporte en el que los estudiantes pueden intercambiar dudas y conocimientos con el resto de estudiantes y los profesores.

5.1.6. Ibercivis

El proyecto Ibercivis (<http://www.ibercivis.es/>) trata de realizar actividades de divulgación y formación en *Ciencia Ciudadana* [Fundación Ibercivis, 2014].

La Ciencia Ciudadana es un nuevo tipo de ciencia basada en la participación, consciente y voluntaria, de miles de ciudadanos que generan grandes cantidades de datos [Serrano *et al.*, 2014]. Cualquier persona puede aportar su inteligencia o sus recursos tecnológicos para encontrar resultados de utilidad social. El reto para los investigadores es concebir la *sociedad digital* como una nueva herramienta que hay que aprovechar e investigar.

En el portal de Ibercivis, se informa de las actividades concretas que se llevan a cabo en el proyecto, donde destacan los experimentos colaborativos en varias áreas, tanto científico-tecnológicas como en ciencias sociales.

En principio, los experimentos incluidos en Ibercivis están abiertos a la participación de cualquier internauta, no sólo como usuarios de los experimentos alojados en dicho portal, sino para que puedan contribuir activamente en su desarrollo, mejora y difusión.

A continuación, se describen las diversas herramientas analizadas para implementar la plataforma VRL objeto de este trabajo, analizando ventajas y desventajas en cada caso.

5.1.7. Sistema Gestor del Aprendizaje

Hoy en día, la mayor parte de las instituciones educativas, utilizan algún tipo de Sistema Gestor del Aprendizaje (*Learning Management System*) (LMS), sea cual sea el ámbito de enseñanza (básica, media o superior). Un LMS no es más que

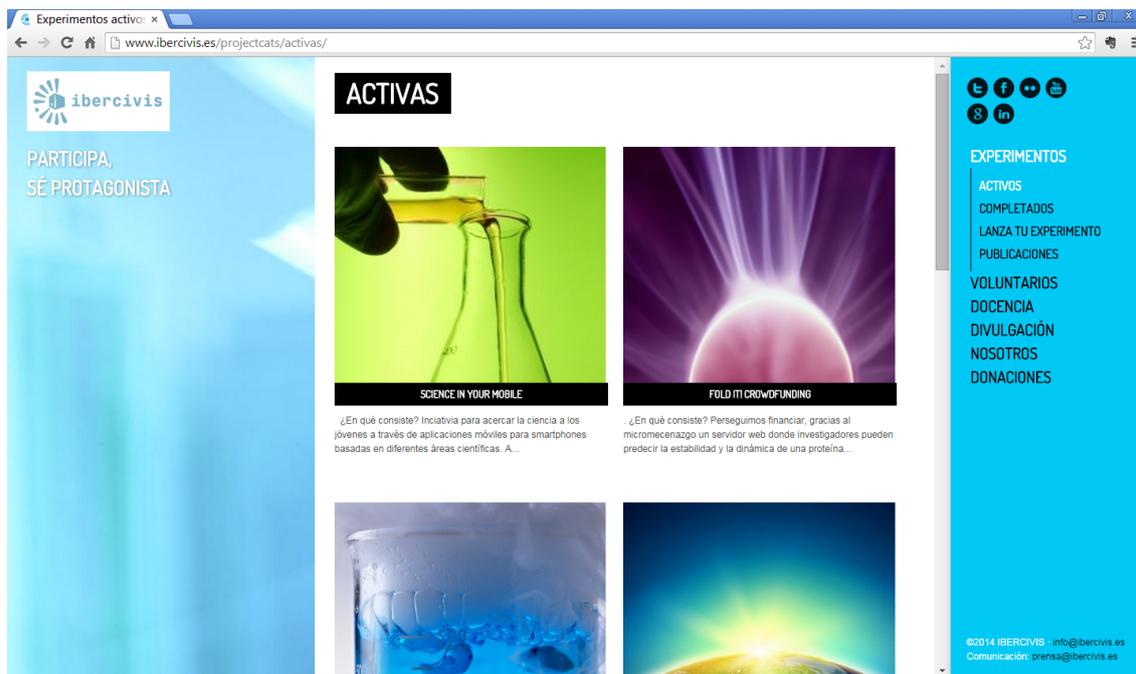


Figura 5.6 Proyecto IBERCIVIS de Ciencia Ciudadana

un es una aplicación *software* de apoyo a la enseñanza, que realiza tareas de administración, documentación, seguimiento, y evaluación de los contenidos educativos. Algunos de los LMS más conocidos son MOODLE [Moodle, 2014], BLACKBOARD® [Blackboard Inc., 2014] y aLF [UNED, 2014a], entre otros.

Dada la gran variedad de información existente al respecto, no se va a profundizar en la descripción de los LMS, remitiendo al lector interesado a las referencias aportadas en cada caso.

5.2. Visión global de la dimensión tecnológica

La historia seguida a lo largo de los distintos modelos tecnológicos implementados, se resume en la Figura 5.7. Los desarrollos han evolucionado cronológicamente, desde una concepción más ligada al *hardware* y a la experimentación presencial, hasta modelos de simulación cada vez más cercanos al *software* y, por tanto, al concepto de laboratorio virtual. El último estadio ha consistido en la construcción de una plataforma web, denominada OPTILAB, donde se aglutinan las simulaciones desarrolladas en etapas anteriores, incluyendo herramientas y funcionalidades detectadas en el análisis de resultados de los cuestionarios de requisitos de profesores y estudiantes, como se describe en el Capítulo 4.

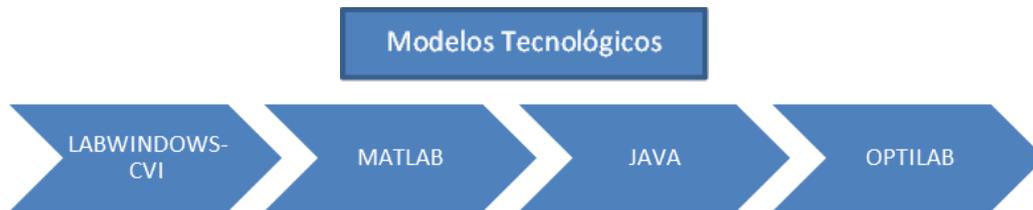


Figura 5.7 Evolución de los distintos modelos tecnológicos desarrollados

A continuación, se describen las distintas tecnologías de desarrollo utilizadas, ilustradas en la [Figura 5.7](#). Seguidamente, se explican los desarrollos concretos llevados a cabo en cada tecnología en concreto, hasta llegar a la implementación final de la plataforma OPTILAB basada en la web.

5.2.1. NI LABWINDOWS™/CVI

NI LABWINDOWS™/CVI es un Entorno Integrado de Desarrollo (*Integrated Development Environment*) (**IDE**) para programadores, basado en el lenguaje ANSI C [[Kernighan y Ritchie, 1988](#)], y orientado para aplicaciones de adquisición y procesamiento de señales [[National Instruments, 2014a](#)]. Entre las características más notables de NI LABWINDOWS™/CVI, destacan las siguientes:

- Permite el desarrollo interactivo de programas, con opciones de edición y depuración de código.
- Incluye herramientas de Interfaz Gráfica de Usuario (*Graphical User Interface*) (**GUI**) y generación automática de código.
- Contiene una extensa biblioteca de funciones de adquisición y análisis de datos.

VENTAJAS

- Permite el desarrollo rápido de programas que requieren adquisición y tratamiento de datos provenientes del mundo físico.
- Está basado en el lenguaje ANSI C, muy conocido en el ámbito científico-tecnológico.
- Hace más eficiente el desarrollo de programas, mediante el uso de asistentes de configuración de *hardware*.

DESVENTAJAS

- Solución propietaria, que requiere la adquisición de una licencia de pago.¹
- Aunque se pueden distribuir programas generados en NI LABWINDOWS™/CVI sin tener que pagar por la licencia, se precisa la instalación de un fichero *runtime* de tamaño considerable. Esto provoca que NI LABWINDOWS™/CVI sea poco atractivo, para ser utilizado en un entorno basado en la web.

5.2.2. Matlab®

MATLAB® es un entorno de programación matemático, muy popular en las áreas de ciencias e ingeniería, donde suele utilizarse para la realización de todo tipo de simulaciones y análisis de datos [Mathworks, 2014]. Al ser un programa eminentemente matemático, MATLAB® incluye dentro de sus librerías y principales *toolboxes*, funciones específicas para operaciones matemáticas, lo que ahorra mucho trabajo de programación adicional en el modelado y simulación de fenómenos físicos en general, y ópticos en particular.

VENTAJAS

- Gran potencia de cálculo matemático, lo que posibilita la implementación, de forma sencilla, de fórmulas y cálculos complejos.
- Al trabajar directamente con matrices, se aporta una velocidad de procesamiento difícilmente alcanzable con otros lenguajes de programación.
- El entorno IDE y la amplia gama de *toolboxes* disponibles, permite el desarrollo de GUIs funcionales con gran rapidez.
- La amplia comunidad de usuarios, distribuidos a nivel mundial, facilita la resolución de dudas e intercambio de información, programas de ejemplo, etc.

DESVENTAJAS

- Aplicación propietaria, que exige una licencia de pago.²
- Aunque incluye herramientas de conversión de código a otros lenguajes (Java™, C, etc.), estas conversiones automáticas no son demasiado eficientes.

¹Si bien existen licencias campus para el ámbito académico, más económicas que una licencia normal.

²De nuevo, existe una licencia campus más económica, para uso académico.

- Como ocurre con NI LABWINDOWS™/CVI, la distribución de código MATLAB® es posible, sin necesidad de tener instalado el programa completo. Pero, como ocurría con NI LABWINDOWS™/CVI, es necesaria la instalación de un programa *run-time*, bastante voluminoso en tamaño, que no facilita por tanto la ejecución de código MATLAB® directamente desde la web.

5.2.3. Java™

Sin duda alguna, Java™ es el lenguaje de programación por antonomasia utilizado en la web [Oracle Corporation, 2014a]. Con más de 9 millones de desarrolladores en todo el mundo, Java™ permite desarrollar de manera eficiente aplicaciones y servicios para múltiples plataformas. Se estima que unos 3.000 millones de dispositivos tienen instalado Java™, incluyendo ordenadores, teléfonos móviles y tabletas, entre otros.

Algunas de las características de Java™ son la facilidad de programación, la estandarización y la portabilidad. Todo esto, sumado a la gran adaptación que ofrece para la web, son las razones que han inclinado la balanza hacia la utilización de este lenguaje de programación para los contenidos del portal OPTILAB.

Se han desarrollado extensiones de Java™ para propósitos educativos. Sin duda, una de las más interesantes es *Easy Java Simulations (EJS)* [Esquembre, 2004]. Se trata de una herramienta *software* de código abierto, completamente gratuita, diseñada para crear simulaciones en Java™. EJS cuenta con capacidades gráficas de alto nivel, y ofrece un importante grado de interactividad.

VENTAJAS

- Entorno abierto, con licencia *Open Source* [OSI, 1998].
- El código Java™ es multiplataforma, por lo que puede portarse entre distintas arquitecturas *hardware*, sin necesidad de reprogramar.
- Altamente colaborativo, con muchos desarrolladores compartiendo experiencias y dando apoyo a los nuevos usuarios, a nivel mundial.

DESVENTAJAS

- Las capacidades gráficas puede mejorar, especialmente en lo referente a las representaciones 3D.

- Dado que **Java**[™] es un lenguaje de programación interpretado, la velocidad de ejecución de los programas escritos en **Java**[™] puede no ser tan alta como el *software* equivalente, escrito en lenguaje compilado.³

5.3. Simulaciones en NI LABWINDOWS[™]/CVI y PSPICE y experimentación presencial

La primera aproximación al concepto de Laboratorio Virtual Remoto (*Virtual Remote Laboratory*) (VRL) utilizaba NI LABWINDOWS[™]/CVI para controlar un [Módulo evaluador de transmisión en enlaces de fibra óptica](#) [Reguero, 2009]. La elección de esta herramienta frente a otras se debió, fundamentalmente, a los siguientes motivos:

- Por su propia naturaleza, el proyecto requería la generación y adquisición de señales analógicas y digitales, para lo que NI LABWINDOWS[™]/CVI es la herramienta ideal, como se describe en la [Sección 5.2.1](#).
- Tal y como sucede con todos los trabajos descritos en este capítulo, la concepción, diseño y definición de especificaciones técnicas de este proyecto correspondió a este investigador; en este caso concreto, el proyecto fue implementado con la ayuda de un estudiante de Ingeniería Técnica de Telecomunicación (Especialidad Sistemas Electrónicos) de la Universidad de Alcalá (UAH). En dicha titulación, la herramienta NI LABWINDOWS[™]/CVI es ampliamente conocida, al ser utilizada en varias asignaturas, lo que aceleró el desarrollo.⁴
- En el momento de realizar este proyecto, en el Departamento de Electrónica de la UAH se disponía de todo el *hardware* y *software* necesarios, incluyendo la correspondiente licencia de uso de NI LABWINDOWS[™]/CVI.

³Un lenguaje de programación *interpretado* es un lenguaje diseñado para ser ejecutado paso a paso, por medio de un intérprete; por su parte, un lenguaje de programación *compilado* utiliza un traductor (compilador), que genera un archivo ejecutable para una determinada plataforma, a partir de código fuente.

⁴Algunas de estas asignaturas, fueron impartidas por este investigador, en su etapa de Profesor Asociado en el Departamento de Electrónica de la Escuela Politécnica Superior de la UAH.

5.3.1. Módulo evaluador de transmisión en enlaces de fibra óptica

El sistema desarrollado sirve para explicar, con un enfoque altamente didáctico, el comportamiento de distintos emisores, cuando propagan haces luminosos que han sido previamente modulados con una señal externa aplicada. La [Figura 5.8\(a\)](#) representa el diagrama de bloques diseñado para este sistema, mientras que la [Figura 5.8\(b\)](#) describe el sistema *hardware* finalmente construido.

Como elementos emisores, se dispone tanto de un Diodo Emisor de Luz (*Light Emitting Diode*) ([LED](#)), como de un láser de diodo, cada uno de ellos con su correspondiente electrónica de control. El bloque SEÑAL DE REFERENCIA servirá para seleccionar un emisor u otro, según se desee en cada momento.

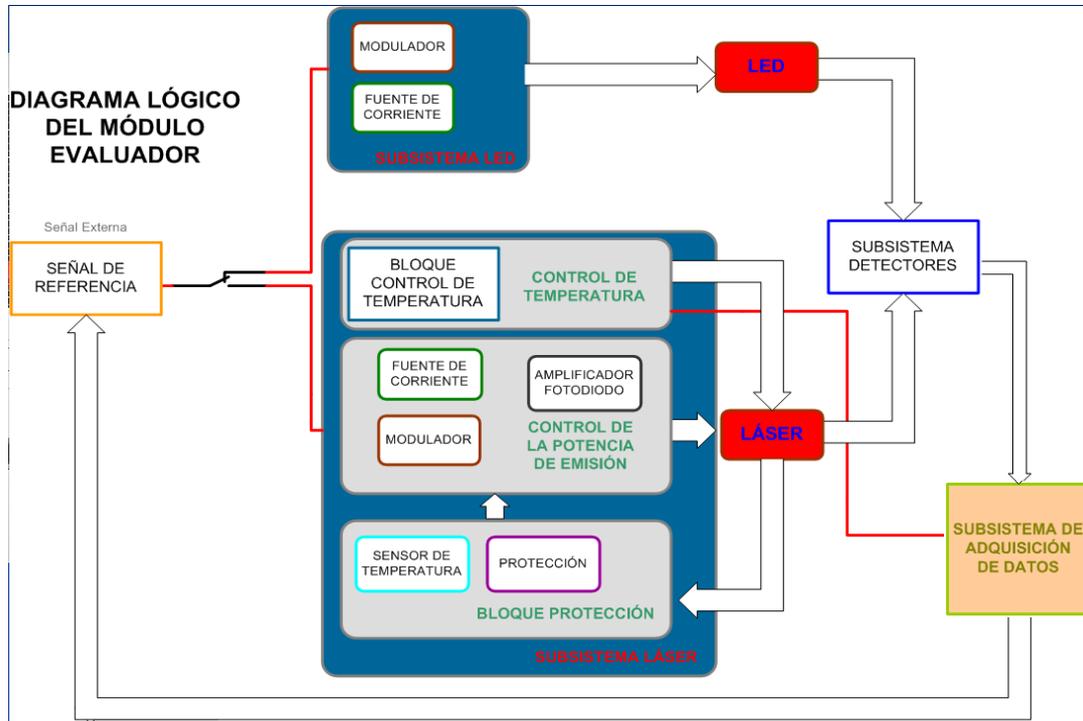
La intensidad de corriente eléctrica proveniente de la FUENTE DE CORRIENTE incluida en cada caso, se utiliza para alimentar el emisor correspondiente, y produce la emisión luminosa del [LED](#) y láser, respectivamente. Dicha corriente eléctrica de alimentación, es modulada analógicamente mediante el correspondiente bloque MODULADOR, como se describe en la [Figura 5.8\(a\)](#). Por tanto, la modulación eléctrica de la señal de alimentación del emisor, se traduce automáticamente en una modulación de la señal luminosa emitida por la fuente de luz.

Una vez modulada, la luz emitida por el emisor seleccionado se propaga a través de un enlace de fibra óptica, hasta que alcanza el BLOQUE DE DETECTORES, encargado de transformar la luz incidente en energía eléctrica, generando un voltaje proporcional a la intensidad de luz recibida.

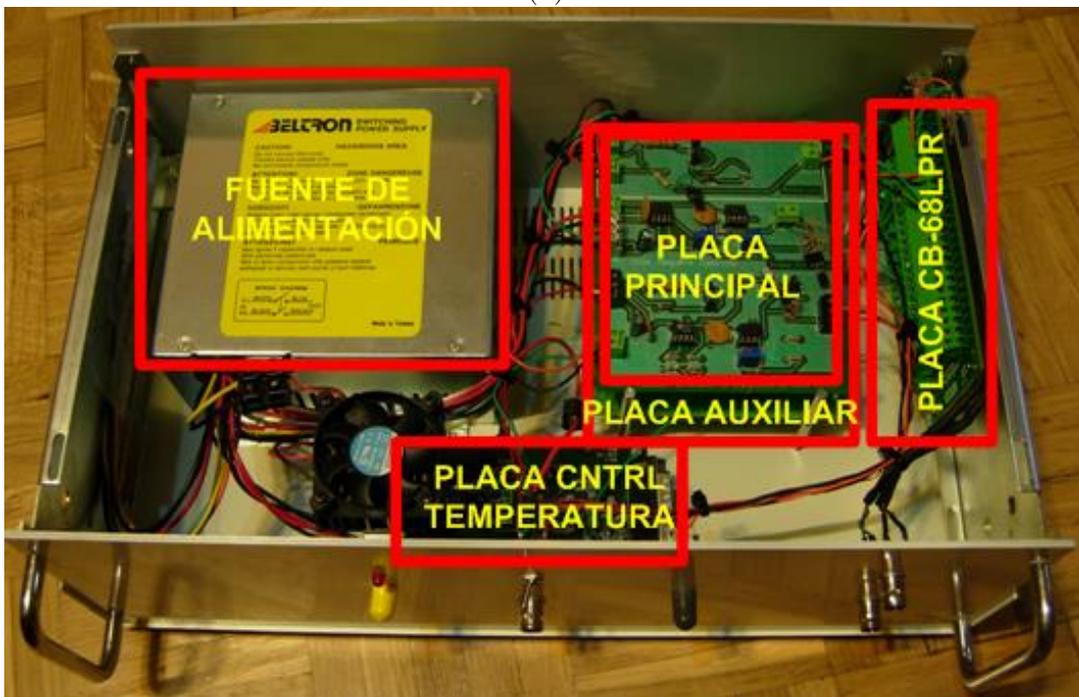
Posteriormente, esta señal eléctrica, ya rectificada y amplificada, se recoge mediante una tarjeta de adquisición de datos, y se representa gráficamente en una aplicación desarrollada en NI LABWINDOWS™/CVI [[National Instruments, 2014a](#)]. De esta manera, se pueden estudiar las diferencias de emisión y propagación de un [LED](#) y un láser de diodo.

Para el caso del láser, se realiza además un CONTROL DE EMISIÓN, que sirve para limitar la potencia de emisión radiante del láser. Así, en caso de que se produjera una emisión excesiva de potencia, entra en acción este circuito de control de emisión, disminuyendo la señal que excita al láser, y atenuando por tanto la intensidad de emisión del mismo, lo que provoca una reducción de la potencia radiante final.

A continuación, se describe en detalle cada uno de los bloques anteriores, comenzando por el bloque de control de emisión.



(a)



(b)

Figura 5.8 (a) Diagrama de bloques y (b) fotografía real del Módulo evaluador de transmisión en enlaces de fibra óptica

5.3.1.1. Bloque de control de emisión

El objetivo de este bloque es conseguir una modulación analógica de la señal luminosa de cada emisor, a través de una fuente de corriente constante, sin que ninguno de los emisores sufra daños irreversibles por una modulación inadecuada.

A pesar de que, tanto el LED como el láser, son emisores basados en diodo, cada uno tiene sus propias características, y por tanto posee requisitos diferentes. La Figura 5.9 muestra el comportamiento de un emisor láser típico. Por debajo de cierta corriente umbral de alimentación I_{th} , el dispositivo se comporta como un LED. Por encima de dicho valor umbral, se produce la emisión láser. Como puede observarse, la cantidad de potencia óptica emitida en cada caso, es muy diferente.

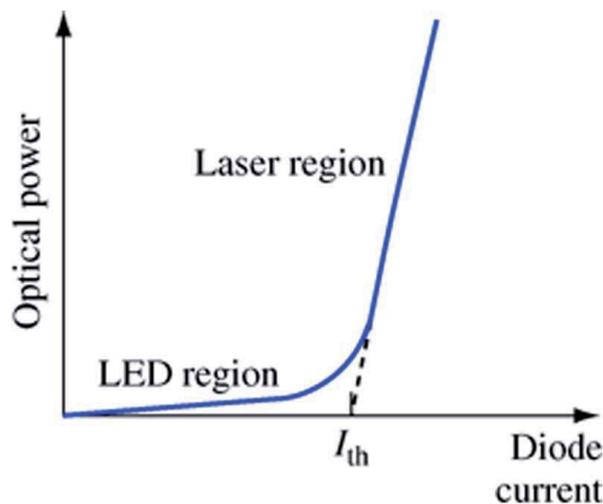


Figura 5.9 Curva potencia vs corriente en un láser de diodo

A continuación se describen las características del bloque de control de emisión de cada uno de los dos dispositivos emisores.

Requisitos para el control de emisión del LED: En principio, el único requisito de control de emisión para el LED sería la modulación analógica de la intensidad de luz emitida, realizada mediante el bloque MODULADOR descrito en la Figura 5.10. La SEÑAL DE REFERENCIA se utiliza para modular la FUENTE DE CORRIENTE eléctrica de alimentación del LED. Con ello, se logra modular la intensidad de emisión de luz por parte del dispositivo concreto de que se trate, como indica la Figura 5.11.

Requisitos para el control de emisión del láser: En el caso del láser, el control de emisión es algo más complejo. Como muestra la Figura 5.11, la potencia

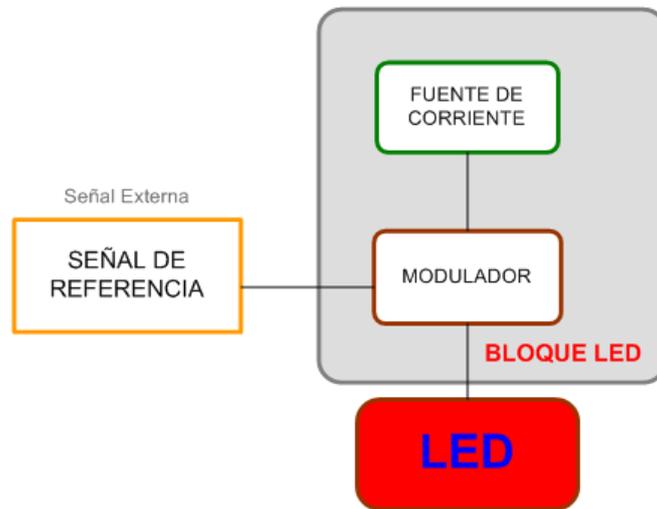


Figura 5.10 Diagrama de bloques de control de emisión del LED

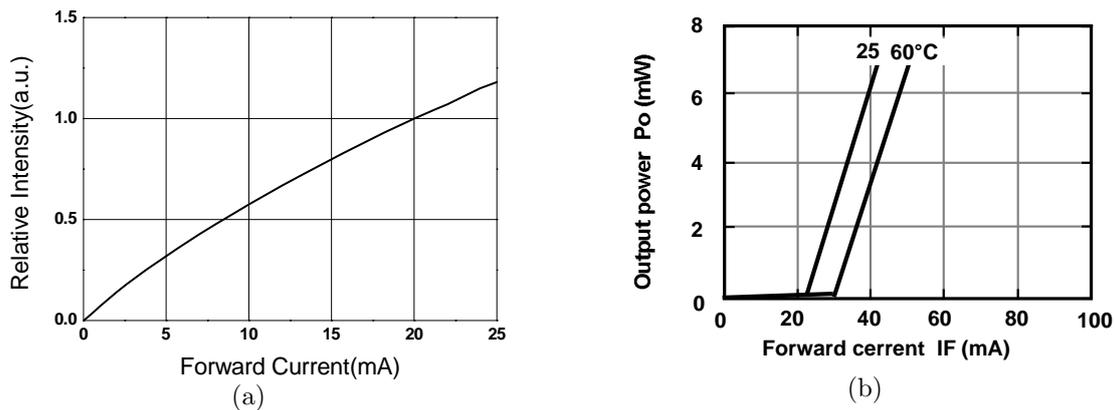


Figura 5.11 Curvas típicas de potencia luminosa de emisión, en función de la corriente eléctrica de alimentación, para (a) LED y (b) láser de diodo

de emisión láser aumenta drásticamente, una vez superada la corriente umbral I_{th} . Por esta razón, es muy importante monitorizar la potencia radiante emitida, lo cual puede hacerse a través del fotodiodo integrado en el propio láser, mostrado en la Figura 5.12. Mediante el circuito **RESTADOR**, se compara la luz emitida, medida por el **FOTODIODO**, con la **SEÑAL DE REFERENCIA** que establece la potencia radiante máxima. En caso de aproximarse al límite máximo de potencia permitida, se disminuye la intensidad eléctrica de alimentación, para volver a la zona de emisión segura. Todo lo anterior se debe realizar comprometiendo lo menos posible la estabilidad de emisión del láser. Para las señales externas, se establece como punto óptimo para la modulación analógica, una señal de tensión con un *offset* de 4,5 V y una frecuencia máxima de trabajo de 3 kHz.

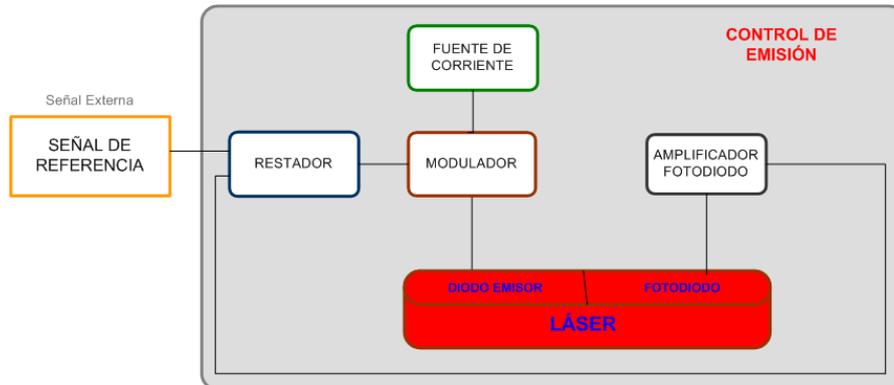


Figura 5.12 Diagrama de bloques de control de emisión del láser

5.3.1.2. Bloque de control de temperatura

La mayoría de los láseres de diodo muestran un comportamiento que depende de la temperatura (*vid.* [Figura 5.13](#)). Por ello, los láseres requieren un método de estabilización de temperatura, para conseguir un funcionamiento óptimo. El módulo descrito en la [Figura 5.14](#) se encarga de estabilizar la temperatura del láser, manteniéndola constante frente a las inercias y derivas térmicas. El funcionamiento resumido de este módulo es como sigue:

Circuito integrado [MAX1968]: controla el funcionamiento de una célula Peltier, encargada de refrigerar el láser, cuando proceda.

Lectura, realimentación y funcionamiento del control: se encarga de leer la temperatura proveniente de un termistor, y de amplificar esta señal, para posteriormente realizar un control Proporcional-Integrador-Derivativo (PID) mediante el circuito integrado [MAX1968].

Acondicionamiento con la tarjeta de adquisición: Este circuito acondiciona la señal eléctrica detectada, antes de ser capturada mediante una tarjeta de adquisición conectada al ordenador de control, donde se ejecuta la aplicación desarrollada en NI LABWINDOWS™ /CVI, explicada en la [Sección 5.3.1.4](#).

5.3.1.3. Bloque de protección de temperatura

Si el bloque de control de temperatura descrito en la [Sección 5.3.1.2](#) fuese incapaz de gestionar la potencia radiada en forma de calor por parte del láser, el bloque de protección descrito en la [Figura 5.15](#) apagará inmediatamente el dispositivo, evitando así su destrucción por sobrecalentamiento. Este bloque de protección

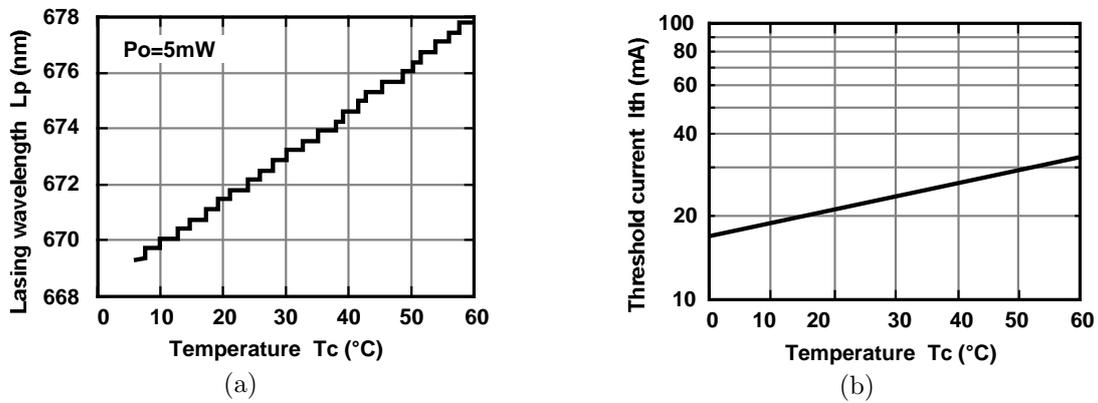


Figura 5.13 Comportamiento del láser de diodo frente a la temperatura

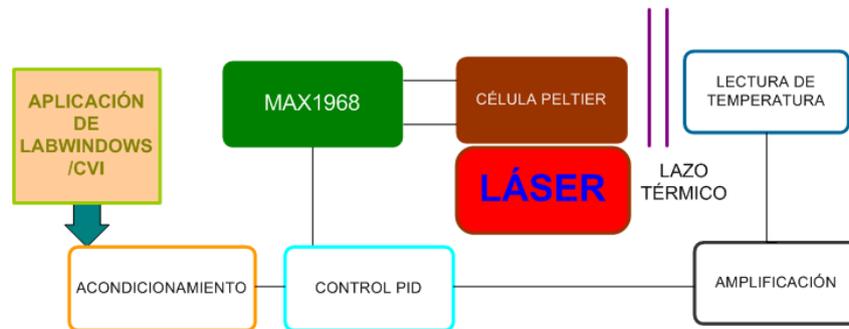


Figura 5.14 Bloque de control de temperatura para el láser

funciona como transductor de temperatura, y está basado en el circuito integrado LM35, un amplificador y un comparador. Mediante este bloque de protección, se monitoriza de forma continua la temperatura del láser en cada momento, cortando la alimentación del dispositivo en caso de alcanzarse una temperatura excesiva.

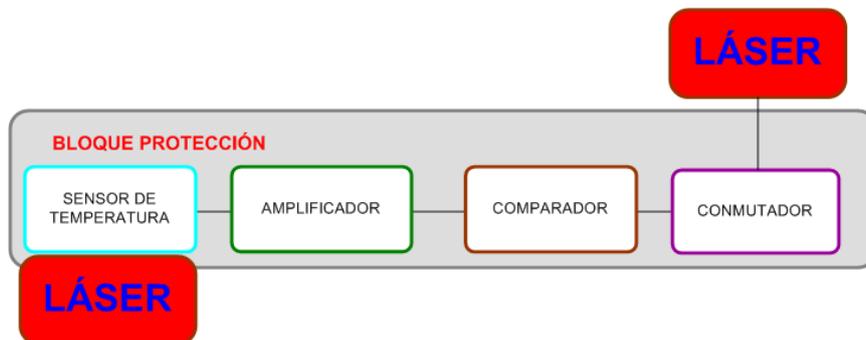


Figura 5.15 Bloque de protección de temperatura para el láser

5.3.1.4. Bloque de detección y adquisición de datos

Este bloque se encarga de la detección de luz, proveniente del LED o del láser, una vez que dicho haz luminoso sale por la fibra óptica. El bloque está formado por el detector PDA55 [Thorlabs, 2014], y la tarjeta de adquisición de datos NI PCI-6013, descrita más adelante.

Para controlar el funcionamiento del Módulo evaluador de transmisión en enlaces de fibra óptica en su conjunto, se ha desarrollado una aplicación *software* en NI LABWINDOWS™/CVI. Además de las razones expuestas en la Sección 5.2.1 para la elección de NI LABWINDOWS™/CVI, en este caso concreto podemos mencionar además los siguientes movitos, que aconsejaron la elección de este IDE:

- La finalidad última del Módulo evaluador de transmisión en enlaces de fibra óptica es didáctica, por lo que conviene utilizar una herramienta *software* que conozcan los estudiantes a los que va destinado este desarrollo.
- El *software* NI LABWINDOWS™/CVI se utiliza en diversas asignaturas impartidas en el Departamento de Electrónica de la UAH.
- NI LABWINDOWS™/CVI es un *software* fácilmente configurable, por lo que el usuario final puede modificar, de forma rápida y sencilla, tanto el aspecto de la interfaz gráfica, como los distintos parámetros de control que la componen.
- La tarjeta de adquisición de datos utilizada (que comunica el módulo *hardware* con el *software* de control) se programa fácilmente mediante las librerías de adquisición, accesibles desde NI LABWINDOWS™/CVI.

La Figura 5.16 muestra la tarjeta NI PCI-6013 de adquisición de datos utilizada [National Instruments, 2014b]. Las características técnicas de esta tarjeta son las siguientes:

- 16 entradas analógicas (8 en modo diferencial), 16 bits de resolución, 200 kS/s de velocidad de muestreo.
- 8 líneas de entrada y/o salida digitales.
- 2 contadores de 24 bits.
- Posibilidad de disparo digital.

La Figura 5.17 describe el diagrama de bloques y la interfaz principal de esta aplicación, la cual realiza las siguientes funciones:



Figura 5.16 Tarjeta de adquisición de datos NI PCI-6013

Control de activación de la interfaz: activa/desactiva la interfaz principal de la aplicación.

Visualización de señales: permite la adquisición y representación gráfica de la señal emitidas por el [LED](#)/láser, y la señal recibida en el bloque detector.

Configuración y adquisición de datos: constituye la función principal de la aplicación. Aunque la tarjeta NI PCI-6013 tiene hasta 16 canales analógicos de entrada, no es posible adquirir, de forma simultánea, dos señales al mismo tiempo (*i.e.* señal de entrada, emitida por el [LED](#)/láser, y señal de salida, detectada por el bloque detector). Por tanto, se utilizan técnicas asíncronas de adquisición, muestreando alternativamente cada canal, con un espacio de tiempo muy corto entre muestreos, aprovechando la velocidad de adquisición de la tarjeta (hasta 200.000 muestras por segundo).

Control de la temperatura de funcionamiento del láser: mediante esta función, que actúa directamente sobre el [Bloque de control de temperatura](#), se asegura que la temperatura del láser se mantenga, en todo momento, en el intervalo comprendido entre 15 °C y 50 °C.

Comparación de señales: esta función sirve para comparar, mediante un único gráfico, la señal de entrada (procedente del emisor seleccionado) y la de salida (una vez abandona la fibra óptica). De esta forma, se logra analizar la calidad de la fibra óptica, respecto a la distorsión que produce sobre la señal transmitida.

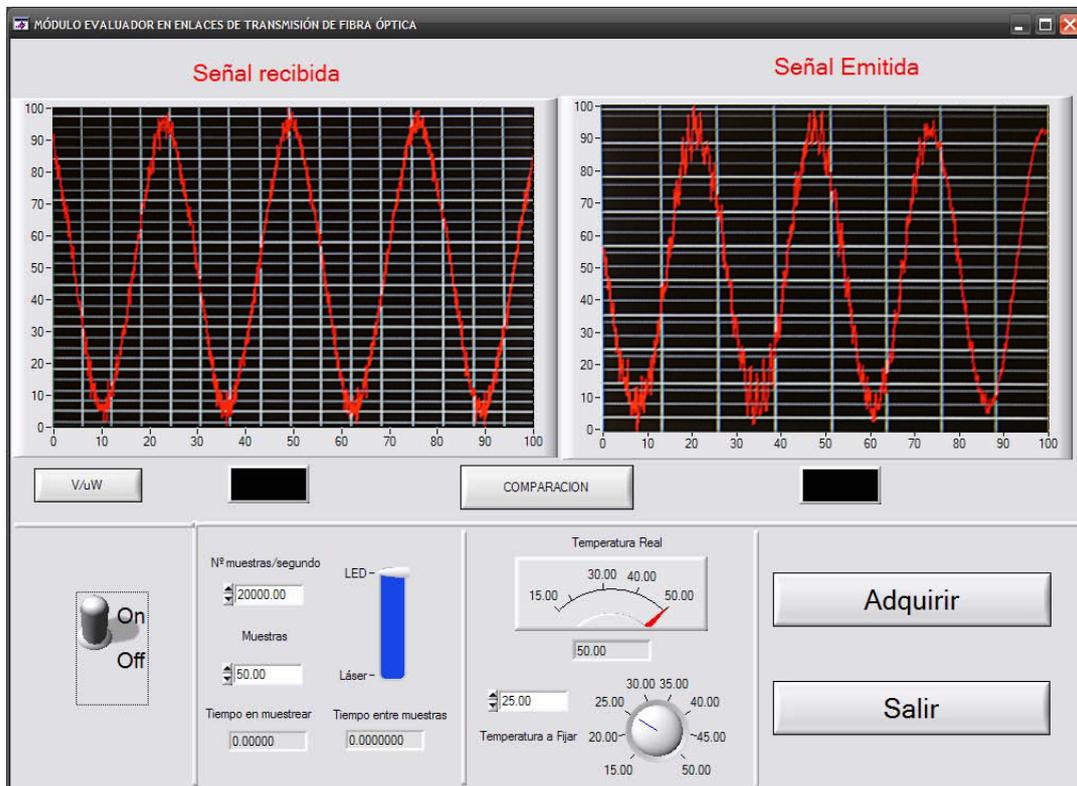
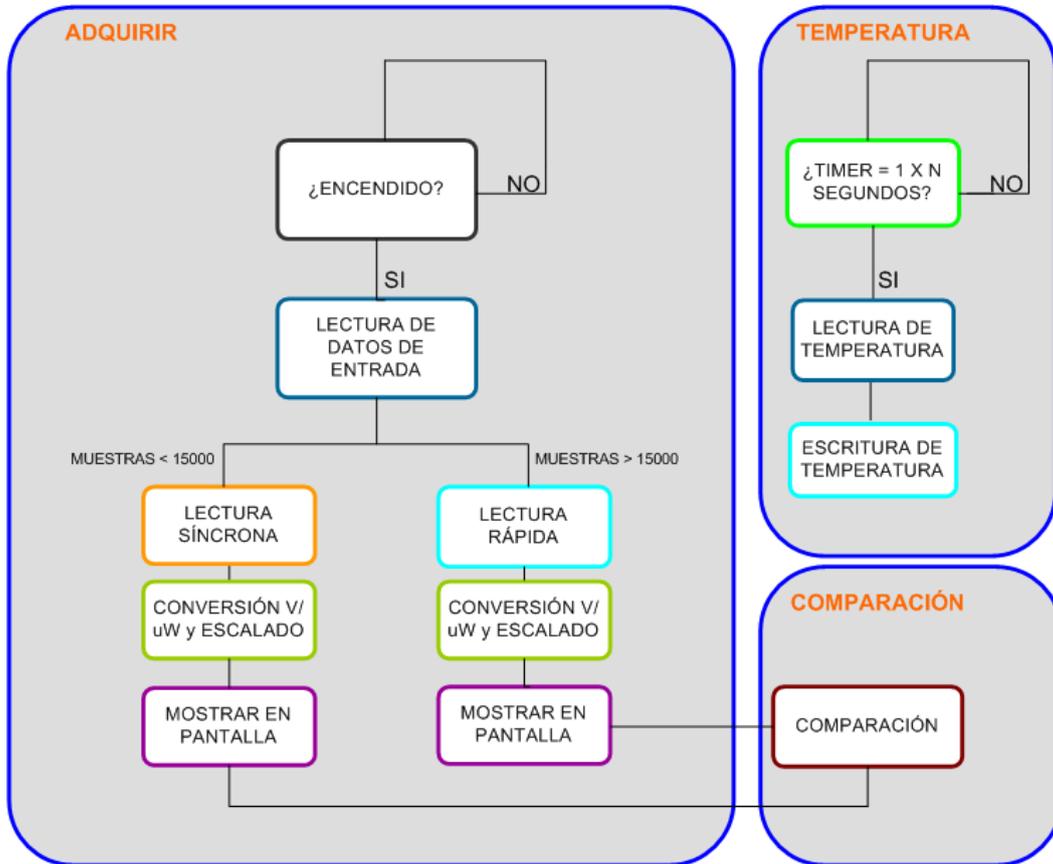


Figura 5.17 Diagrama de bloques e interfaz principal de la aplicación desarrollada en NI LABWINDOWS™/CVI

5.3.1.5. Simulaciones

Antes de fabricar los circuitos electrónicos que implementan los bloques descritos anteriormente, se realizaron simulaciones mediante la herramienta informática PSPICE [Orcad, 2014]. Como ejemplo, la Figura 5.18 muestra la simulación de señales de tensión en diversos puntos del Bloque de control de emisión, descrito en la Sección 5.3.1.1. Estas simulaciones sirvieron para comprobar el comportamiento de cada circuito, y hacer los ajustes previos correspondientes en el diseño de los mismos, para que el funcionamiento final del sistema implementado sea óptimo.

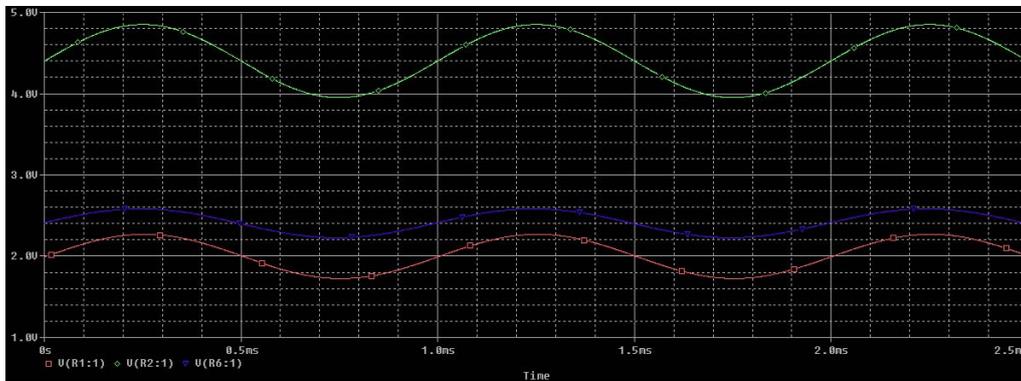


Figura 5.18 Simulación del bloque de control de emisión

5.4. Simulaciones en Matlab® y experimentación presencial

El siguiente paso en la investigación sobre VRLs consistió en desarrollar una serie de paquetes *software* para la enseñanza de la Óptica y la Fotónica, esta vez utilizando la herramienta MATLAB®, descrita en la Sección 5.2.2.

El objetivo era reforzar el aprendizaje en las prácticas de laboratorio de diversas asignaturas de optoelectrónica y fotónica, impartidas por el Departamento de Electrónica de la UAH, en distintas especialidades de ingeniería [Gamo *et al.*, 2008].

La lista de aplicaciones desarrolladas mediante MATLAB®, versan sobre las siguientes temáticas:

- Difracción.
- Radiometría y fotometría.

- Interacción acusto-óptica.
- Emisores y receptores.
- Holografía generada por ordenador.
- Efecto Moiré.

Cada aplicación intenta enlazar la experimentación virtual con la comprobación en el laboratorio presencial del fenómeno/paradigma en cuestión, utilizando para ello la potencia y flexibilidad de MATLAB[®].

La estructura común de las distintas aplicaciones MATLAB[®] consta de los siguientes módulos:

Módulo teórico: Este módulo presenta al estudiante la base teórica sobre la que se sustenta el fenómeno físico bajo estudio.

Módulo de simulación: Mediante este módulo, el estudiante puede realizar la experimentación virtual del fenómeno en cuestión, bajo distintos escenarios configurables, como se verá en cada caso.

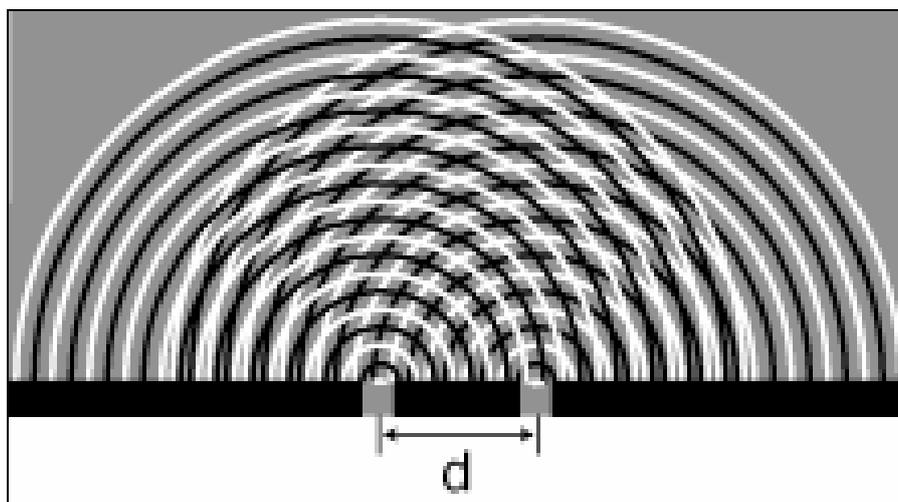
Módulo de experimentación en laboratorio: Por último, este módulo permite al estudiante contrastar las simulaciones realizadas con los resultados obtenidos en el laboratorio presencial, todo ello sin necesidad de abandonar la aplicación informática.

En el desarrollo de las aplicaciones MATLAB[®], colaboraron estudiantes de ingeniería de la [UAH](#); a cada uno de ellos, se le encomendó como Trabajo Fin de Carrera ([TFC](#)) la implementación de una de las aplicaciones MATLAB[®] descritas, las cuales fueron previamente diseñadas y concebidas por este autor.

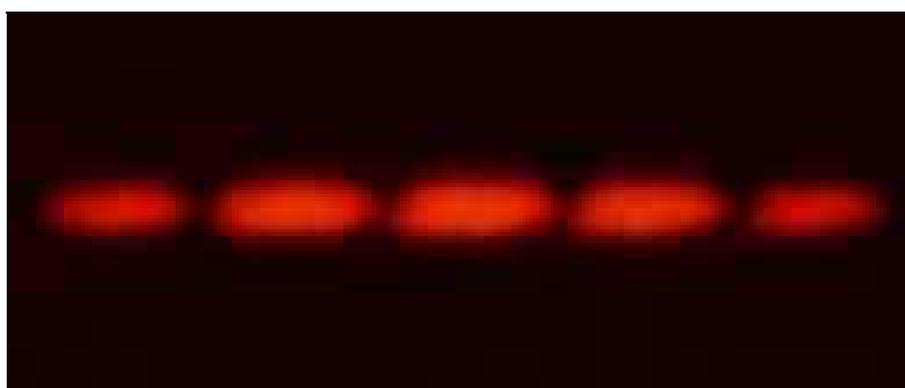
A continuación, se explican en detalle las distintas aplicaciones MATLAB[®] desarrolladas, cada una enfocada a un fenómeno/paradigma óptico concreto. En cada caso, se describe la estructura de módulos correspondiente, así como el [TFC](#) y las publicaciones que surgieron de cada desarrollo realizado.

5.4.1. Estudio de la difracción

La difracción puede definirse como la alteración que se produce en la propagación de las ondas, cuando éstas se encuentran con algún obstáculo [[?](#), cap. 10]. Este fenómeno aparece en múltiples tipos de ondas, incluyendo ondas de sonido, de agua y electromagnéticas, tales como la luz y las ondas de radio.



Interferencia de ondas del agua al pasar por dos aberturas



Difracción de la luz al atravesar una doble rendija

Figura 5.19 Ejemplos de fenómenos de interferencia y difracción

El ejemplo más claro de difracción es la producida por una doble hendidura, en la que ambas rendijas tienen anchuras relativamente estrechas comparadas con la dimensión vertical (altura) de las rendijas. Suponemos, para una mejor visualización, que nuestras ondas son de agua. Tras pasar a través de las rendijas separadas por una distancia d , se formarán dos patrones solapados de ondas semicirculares, como se muestra en la imagen superior de la [Figura 5.19](#). En los puntos donde se solapan *picos* con *picos*, se formarán crestas de altura doble; esto es una **interferencia constructiva**. Estas interferencias constructivas también aparecerán cuando una *depresión* se solape con otra *depresión*. Sin embargo, cuando un pico se solape con una depresión, se cancelarán mutuamente; tendremos entonces una **interferencia destructiva**.

La imagen inferior de la [Figura 5.19](#) muestra el resultado de este proceso con ondas de luz de una única longitud de onda, procedente de un láser. Las posiciones

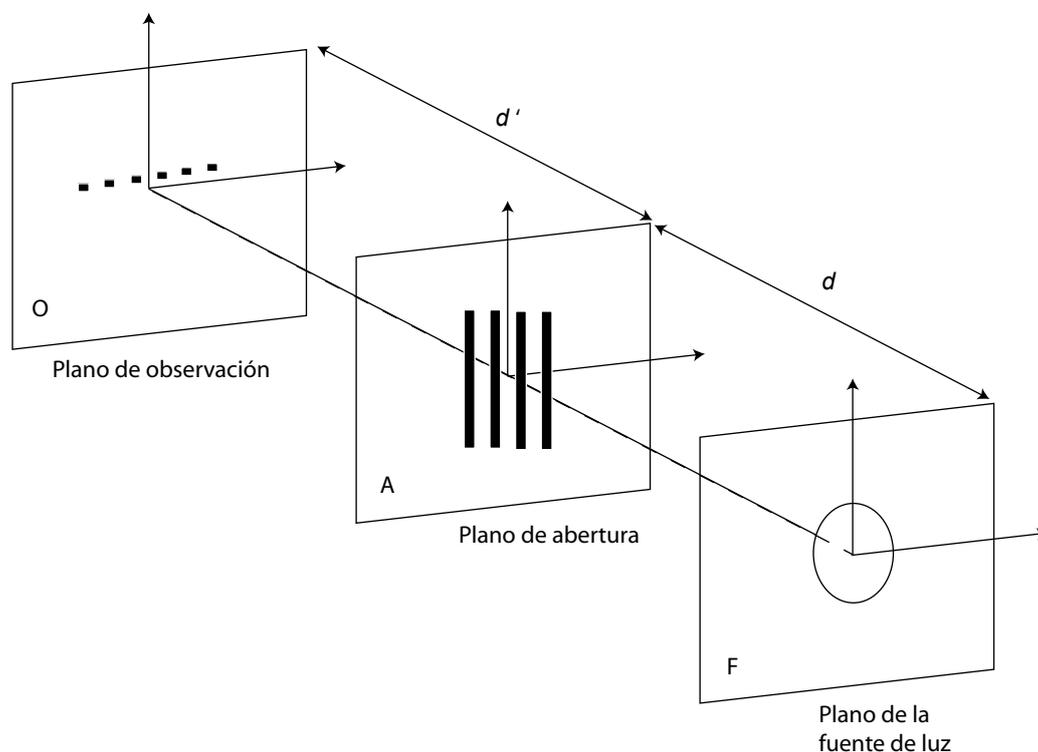


Figura 5.20 Esquema experimental genérico para observar fenómenos difractivos

en las que hay interferencias constructivas son llamadas **máximos**, porque en ellas se encuentra la máxima cantidad de luz. Las zonas de interferencias destructivas se denominan **mínimos**, y en ellas se produce, teóricamente, oscuridad total.

La [Figura 5.20](#) muestra el esquema general utilizado en la observación de fenómenos de difracción. Dependiendo de la distancia del plano de observación respecto a la abertura (d'), se habla de dos tipos de difracción, a saber:

Difracción de Fresnel/campo cercano: el plano de observación y la abertura no están muy lejos (d' no es muy grande). La imagen en el plano de observación corresponde a la de la propia abertura, con un patrón de franjas estructurado.

Difracción de Fraunhofer/campo lejano: el plano de observación y la abertura están bastante distantes (d' es grande). La figura que se produce en el plano de observación no se parece en nada a la abertura. Moviendo el plano de observación aún más lejos, cambia el tamaño del patrón, pero no su forma.

Como regla aproximada, una abertura/obstáculo de anchura máxima a producirá difracción de Fraunhofer si:

$$R > a^2/\lambda \quad (5.1)$$

siendo:

$$R = \text{mín}\{d, d'\}$$

λ : longitud de onda de la fuente de luz

Claramente, un aumento en λ desplaza el fenómeno hacia la región de Fraunhofer. En el límite $\lambda \rightarrow 0$, las franjas desaparecen, y la imagen formada en el punto de observación toma la forma de la abertura, tal y como predice la Óptica Geométrica.

La primera herramienta desarrollada en MATLAB[®], explica el fenómeno de la difracción óptica [Velilla, 2005]. La Figura 5.21 muestra la ventana principal de este módulo. Al hacer clic en el icono correspondiente, el usuario puede optar por estudiar los patrones de difracción producidos por varias aberturas clásicas: cuadrada, circular, rendija vertical (individual o múltiple), o imágenes predefinidas por el usuario. En cualquier momento, el estudiante puede obtener ayuda interactiva del módulo en que se encuentre.

5.4.1.1. Módulo teórico

Una vez seleccionado el icono representativo de la abertura de interés, se accede a la ventana mostrada en la Figura 5.22. En dicha ventana, pulsando en el botón **TEORÍA** de la parte superior, se muestra la base teórica que describe la difracción de Fresnel y Fraunhofer. El usuario puede navegar hacia adelante y hacia atrás, a lo largo de un entorno de varias páginas, utilizando los botones **Siguiente >>** y **<< Anterior**, respectivamente. El botón **APLICACIÓN** conduce al [Módulo de simulación](#), descrito en la [Sección 5.4.1.2](#). El botón **MANUAL** permite lanzar el manual de usuario de la herramienta, mostrado en la [Figura 5.23](#).



Figura 5.21 Ventana principal de la aplicación de difracción

Difraccion - Principios teoricos

PRINCIPIOS TEORICOS DE LA DIFRACCION

1. EL FENOMENO DE LA DIFRACCION DE LA LUZ

La difracción es un fenómeno característico de las ondas que consiste en la dispersión y curvado aparente de las ondas cuando encuentran un obstáculo.

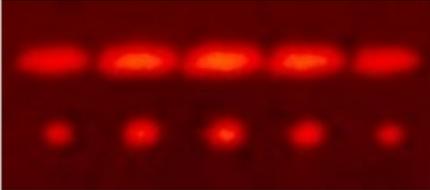
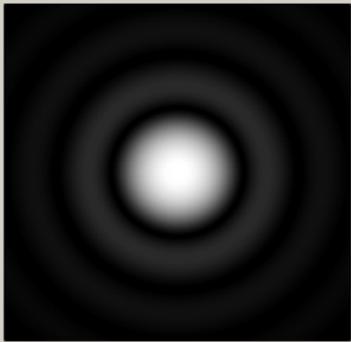
La difracción ocurre en todo tipo de ondas, desde ondas sonoras, ondas en la superficie de un fluido y ondas electromagnéticas como la luz y las ondas de radio. También sucede cuando un grupo de ondas de tamaño finito se propaga; por ejemplo, por culpa de la difracción, un haz angosto de ondas de luz de un láser deben finalmente diverger en un rayo más amplio a una distancia suficiente del emisor.

El fenómeno de la difracción es un fenómeno de tipo interferencial y como tal requiere la superposición de ondas coherentes entre sí. Los efectos de la difracción disminuyen hasta hacerse indetectables a medida que el tamaño del objeto aumenta comparado con la longitud de onda.

Patrón de difracción obtenido por una rendija simple.



Comparación entre los patrones de difracción e interferencia producidos por una doble rendija (arriba) y cinco rendijas (abajo).

Disco de Airy ideal producido por la difracción de una fuente de luz puntual a través de un sistema óptico de abertura circular.

- 1 -

Figura 5.22 Módulo de teoría de la aplicación de difracción

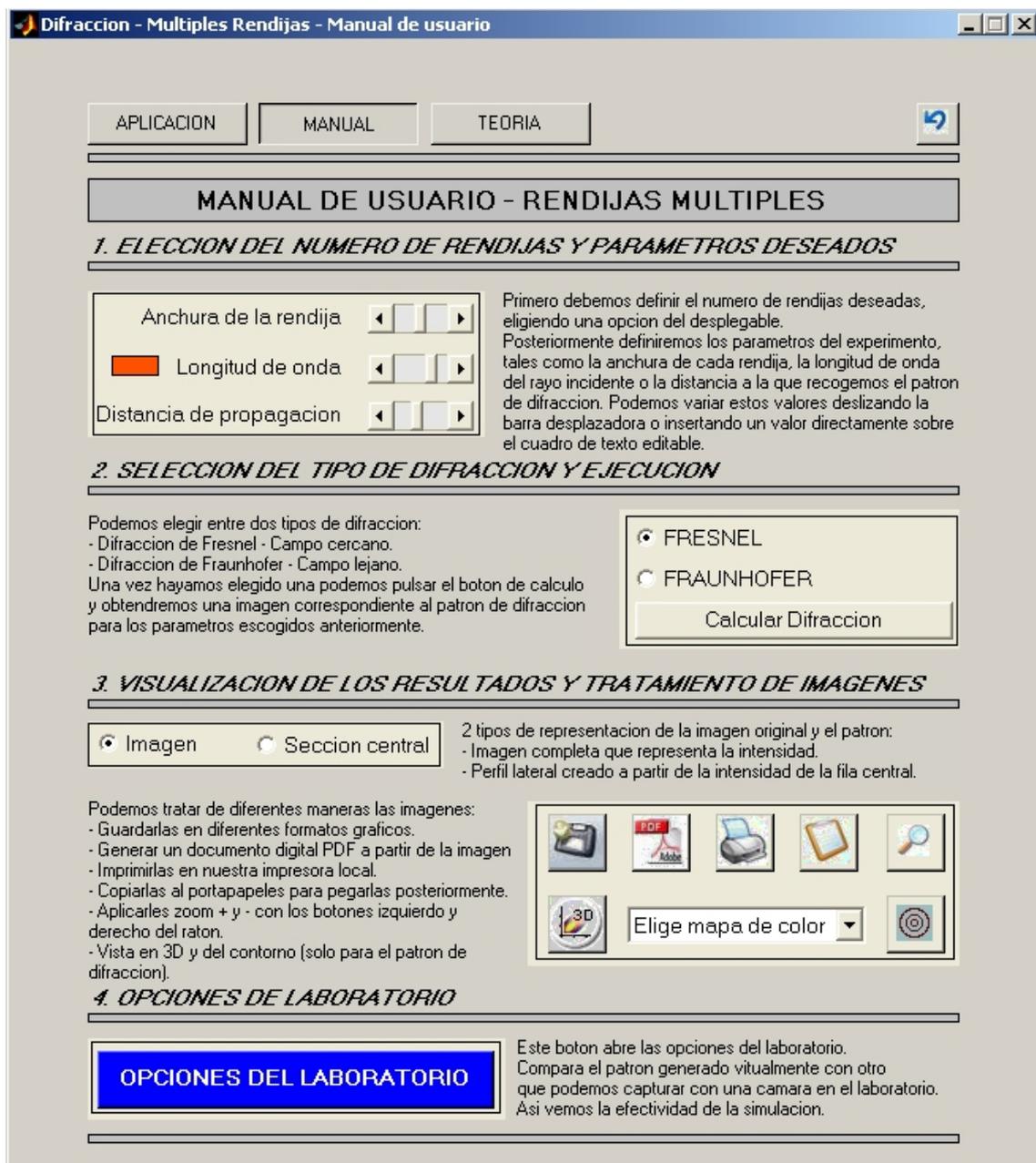


Figura 5.23 Manual de usuario de la aplicación de difracción

5.4.1.2. Módulo de simulación

Una vez que el usuario ha seleccionado la abertura de interés sobre la que quiere estudiar la difracción, pulsando el botón `SIMULACIÓN` de la [Figura 5.22](#) se accede a la ventana del [Módulo de simulación](#) correspondiente. Por ejemplo, la [Figura 5.24](#) muestra la interfaz para el cálculo del patrón de difracción de Fraunhofer de dos ranuras verticales, iluminadas con luz roja. Como se puede observar, los parámetros principales que puede gestionar el usuario de la aplicación son, en este caso:

- número de rendijas,
- distancia entre rendijas,
- ancho de ranura,
- longitud de onda de iluminación,
- distancia de observación de campo cercano (Fresnel) o de campo lejano (Fraunhofer).

Para el resto de aberturas disponibles, se muestran parámetros similares, en función de la geometría de la abertura particular.

La aplicación permite visualizar tanto el objeto (abertura) como el patrón de difracción de diversas formas (imagen 2D, perfil de línea, gráfica 3D con falso color), imprimir o exportar a fichero (PDF/mapa de bits), realizar *zoom*, copiar en el portapapeles, etc. Por ejemplo, seleccionado la opción `Sección circular` en la ventana de la [Figura 5.24](#), se calcula y representa el perfil de intensidad del patrón de difracción correspondiente, tal y como muestra la [Figura 5.25](#).

5.4.1.3. Módulo de experimentación en laboratorio

Una de las características más interesantes de cualquier [VRL](#) es la posibilidad de comparar las simulaciones realizadas por ordenador, con los resultados provenientes de experimentos reales, realizados en el laboratorio presencial.

La [Figura 5.26](#) muestra la configuración experimental de laboratorio, utilizada para el estudio de la difracción. Un láser de He-Ne ($\lambda = 632,8$ nm), se dirige adecuadamente mediante espejos M1 y M2 a lo largo del camino óptico, para aprovechar mejor el espacio disponible en el banco óptico, siendo colimado y expandido mediante la pareja de lentes L1 y L2, antes de iluminar el objeto (*i.e.* la abertura) AP. Una vez que el haz luminoso atraviesa el objeto AP, la imagen difractada del mismo

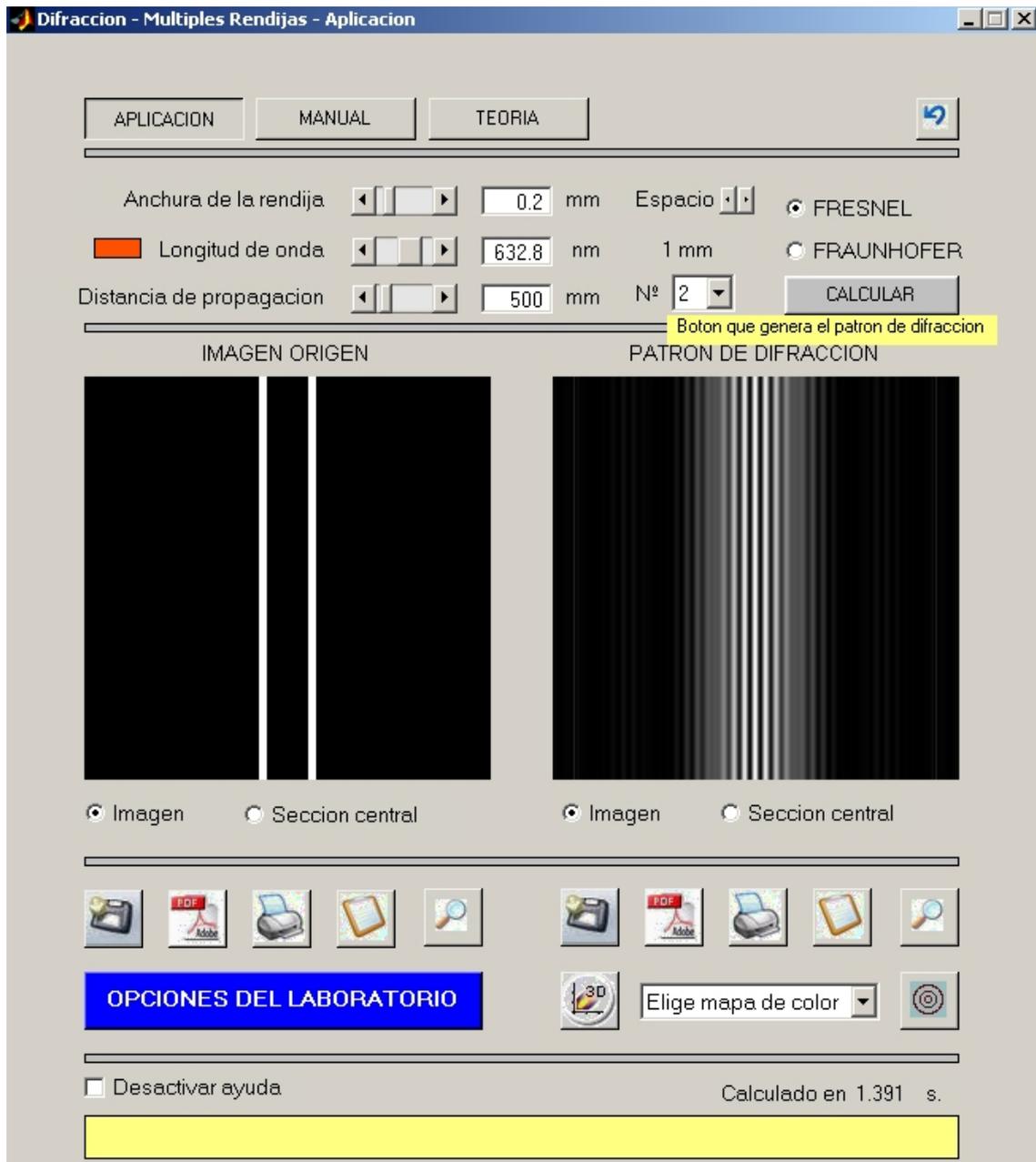


Figura 5.24 Módulo de simulación de la aplicación de difracción

se proyecta en la pantalla translúcida de salida P, y puede capturarse mediante una cámara de vídeo CCD, conectada al ordenador de control.

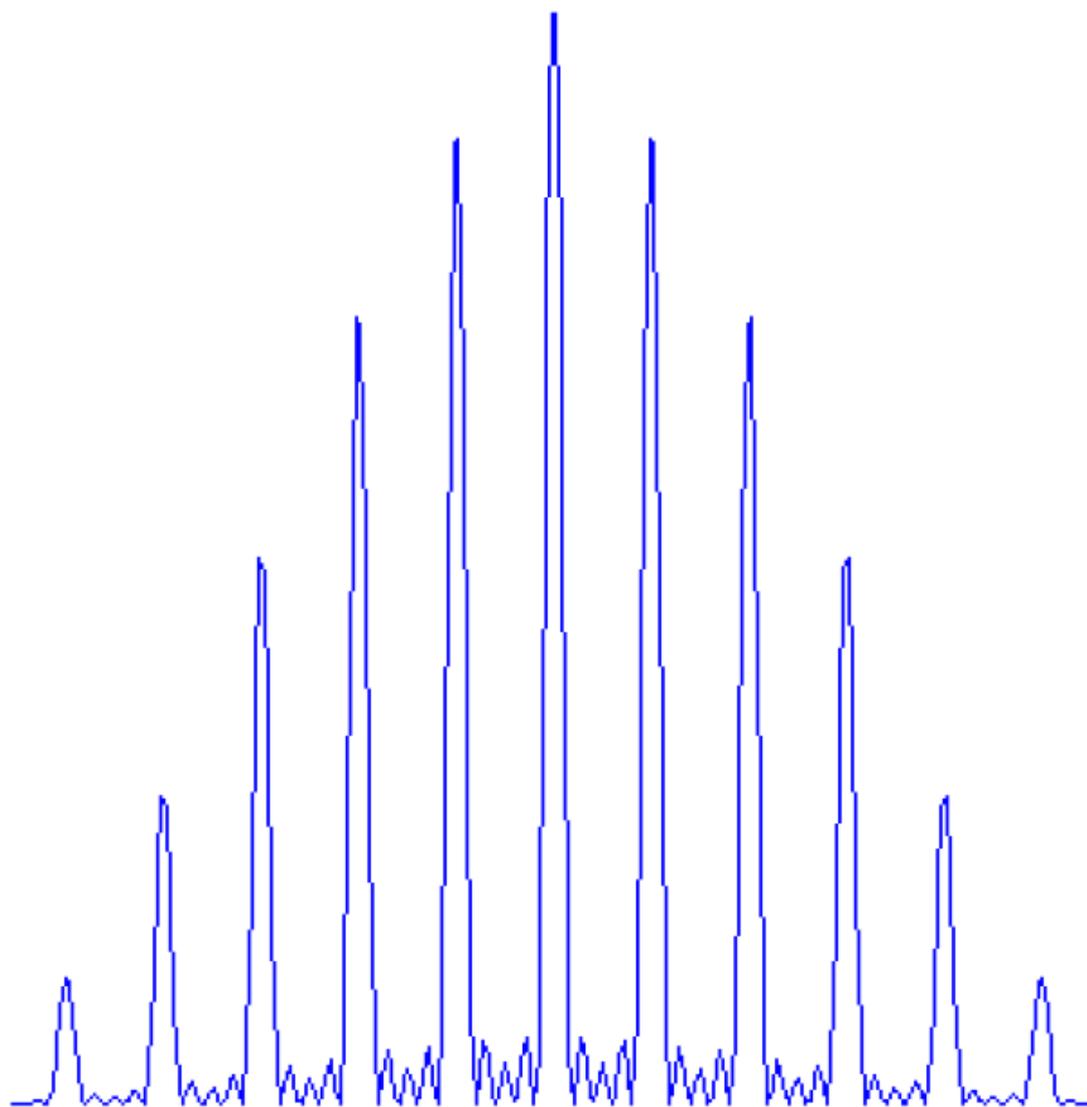
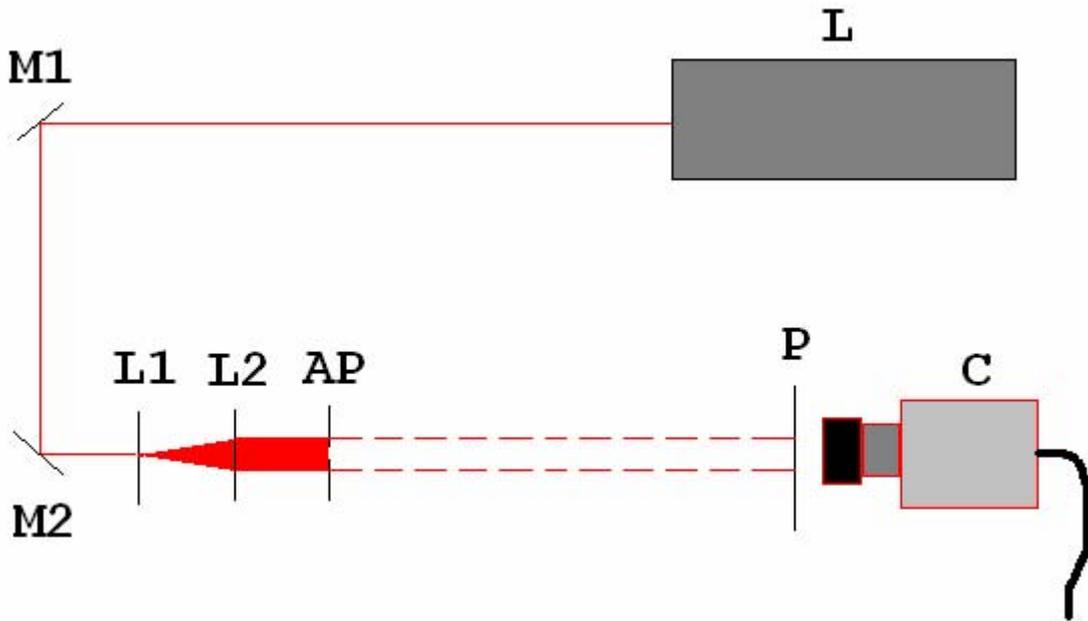
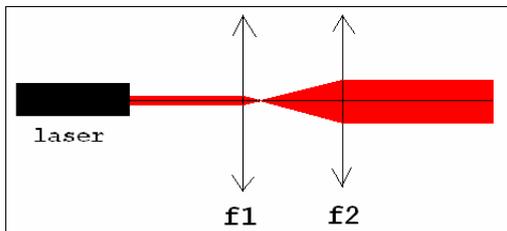


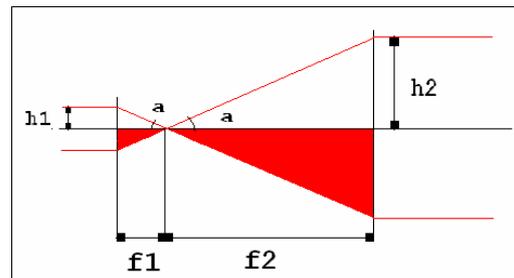
Figura 5.25 Perfil de intensidad del patrón de difracción calculado mediante el [Módulo de simulación](#)



Esquema del montaje experimental



Detalle del sistema óptico de colimación



Cálculo de lentes de colimación



Fotografía del montaje real en el laboratorio

Figura 5.26 Montaje experimental en laboratorio para estudiar la difracción

Suponiendo que se requiere un diámetro de luz de 1 cm aproximadamente (*i.e.* $h_2 = 5$ mm), y que el tamaño del haz de salida de la cavidad láser es de unos 2 mm de diámetro (*i.e.* $h_1 = 1$ mm), las ecuaciones de la Óptica Geométrica dictan:

$$\tan \alpha = \frac{h_1}{f_1} = \frac{h_2}{f_2} \quad (5.2)$$

Sustituyendo en la [Ecuación 5.2](#) por los valores definidos anteriormente:

$$h_1 = 1 \text{ mm}; h_2 = 5 \text{ mm}$$

encontramos:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{5} = \frac{f_1}{f_2}$$

Lo que supone que f_2 debe ser aproximadamente 5 veces mayor que f_1 . Las lentes disponibles en el laboratorio que cumplen dicha condición son:

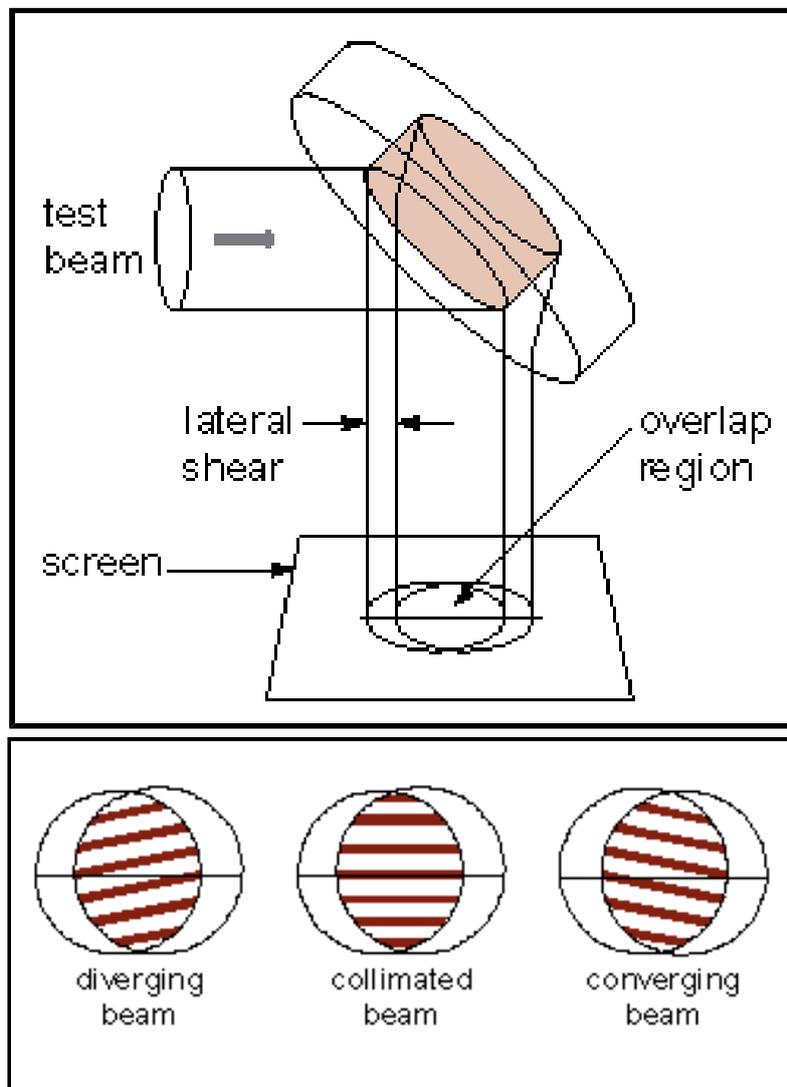
$$f_1 = 25 \text{ mm}, f_2 = 125 \text{ mm}$$

La separación entre lentes es, por tanto:

$$f_1 + f_2 = 15 \text{ cm}$$

Tras realizar la alineación de los espejos, y asegurarse que la altura del rayo luminoso es constante a lo largo de todo el camino óptico, se colocan las lentes a la distancia calculada, y se comprueba que el haz expandido está bien colimado. Para ello, se utiliza un dispositivo de medición de colimación de haz [[Malacara, 1992](#)].

La [Figura 5.27](#) muestra los resultados de las pruebas de colimación realizadas sobre el haz luminoso expandido de la [Figura 5.26](#). Tras varias iteraciones en la colocación relativa de las lentes entre sí, se logra un alto paralelismo en las franjas de interferencia producidas en el dispositivo de medición de colimación, lo que indica el buen grado de colimación alcanzado en el montaje experimental.



Detalle del funcionamiento del dispositivo de medición de colimación de haz



Resultado de colimación

Figura 5.27 Dispositivo de medición de colimación de haz

Una vez posicionado el objeto (abertura) en el montaje experimental de la [Figura 5.26](#), e iluminado dicho objeto con un haz láser expandido como se ha descrito anteriormente, el siguiente paso consiste en capturar el patrón de difracción luminoso producido por dicho objeto en el plano de salida del montaje experimental.

En el caso de la aplicación para el estudio de la difracción desarrollada en este trabajo, la imagen de difracción puede capturarse pulsando sobre el botón `OPCIONES DEL LABORATORIO` del módulo de simulación de la [Figura 5.24](#). Al hacerlo, aparece la interfaz gráfica principal del [Módulo de experimentación en laboratorio](#), ilustrada en la [Figura 5.28](#). Esta ventana permite la captura de imagen mediante una cámara de vídeo CCD monocromo de Philips, modelo NC8925, conectada al ordenador a través de una tarjeta capturadora de vídeo Avermedia AverTV Go Series. Las imágenes capturadas pueden ser almacenadas y procesadas por el [Módulo de experimentación en laboratorio](#), tal y como muestra la [Figura 5.28](#).

Una vez que se dispone de los dos patrones de difracción a comparar (el primero, procedente del [Módulo de simulación](#); el segundo, capturado “en vivo” mediante el [Módulo de experimentación en laboratorio](#)), pulsando el botón `COMPARAR` se calcula la correlación cruzada entre las dos imágenes, que como es sabido, proporciona una medida del porcentaje de similitud entre dichas imágenes [[González y Woods, 1996](#)]. La [Ecuación 5.3](#) describe la fórmula de la correlación cruzada:

$$C(i, j) = \sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} w(x, y) f(x + i, y + i) \quad (5.3)$$

donde la subimagen $w(x, y)$ de tamaño $K \times L$ recorre la imagen $f(x, y)$ de tamaño $N \times M$, siendo $K \leq M$ y $L \leq N$, como muestra la [Figura 5.29](#).

El algortimo de cálculo de la correlación cruzada opera como sigue:

- Se comprueba que se han cargado dos imágenes a comparar. En caso contrario, la función termina sin realizar ninguna otra instrucción.
- Para poder realizar el cálculo de la correlación, ambas imágenes deben tener el mismo tamaño (*i.e.* igual número de píxeles). En caso contrario, se añaden ceros (*i.e.* píxeles en negro) a la menor de las imágenes, hasta que ambas tengan el mismo número de píxeles.
- Se realiza el cálculo de la correlación cruzada, utilizando la [Ecuación 5.3](#), y se muestra el resultado obtenido, que viene expresado en tanto por ciento.

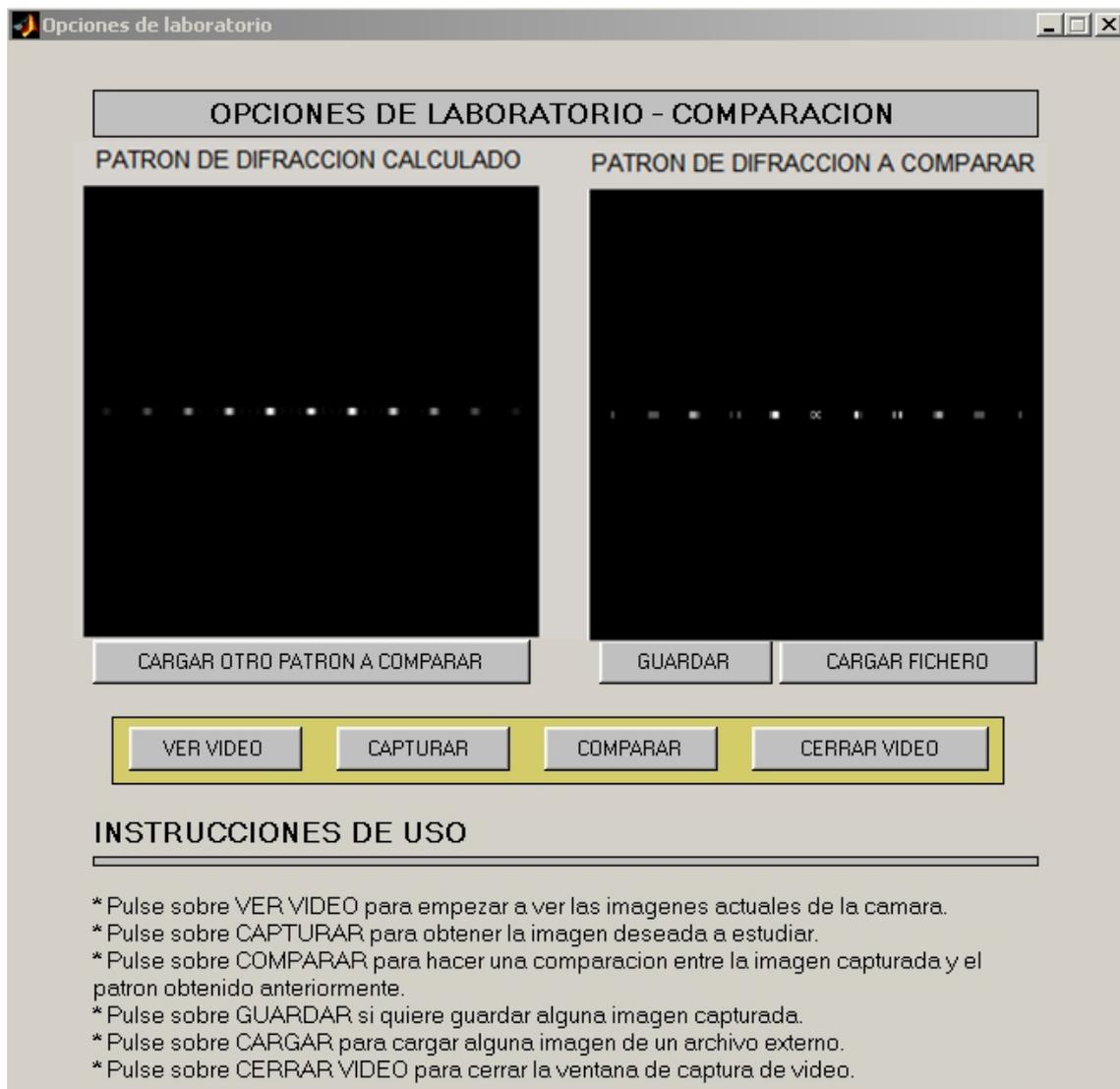


Figura 5.28 Ventana de captura y comparación de imágenes de difracción del módulo de experimentación en laboratorio

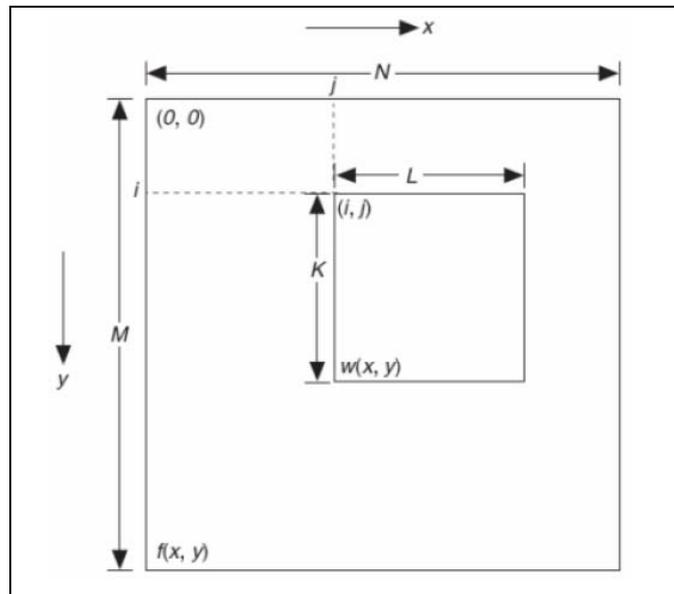


Figura 5.29 Procedimiento de comparación de imágenes mediante correlación cruzada

5.4.2. Hologramas Generados por Ordenador

Una de las aplicaciones desarrolladas que mayor relación tiene con el concepto de Laboratorio Virtual Remoto (*Virtual Remote Laboratory*) (VRL) es la herramienta de Hologramas Generados por Ordenador [Ortega, 2009].

La idea de utilizar ordenadores para definir y generar hologramas se propuso hacia la mitad de la década de los 60 [Brown y Lohmann, 1966]. En dicho artículo, ya se apuntaban dos de los aspectos esenciales de un Holograma Generado por Ordenador (*Computer Generated Hologram*) (CGH), a saber:

- a) El objeto no tiene necesariamente que existir.
- b) La construcción del holograma se realiza de forma opuesta a la difracción de objetos usual: en este caso, se define la imagen (*i.e.* patrón de difracción), y se busca el objeto difractante (*i.e.* abertura) que produce dicha imagen.

Los CGHs se emplean desde hace tiempo en el procesado óptico de información [Collier *et al.*, 1971], interconexiones ópticas [Tricoles, 1987], interferometría [Reynolds *et al.*, 1989] y diagnóstico médica [Yu y Jutamulia, 1998], por citar sólo algunas aplicaciones relevantes. Los avances en la potencia de los ordenadores, junto con el desarrollo de sofisticados métodos de fabricación, están originando CGHs cada vez más eficientes y complejos, si bien a costa de reducir la facilidad de fabricación.

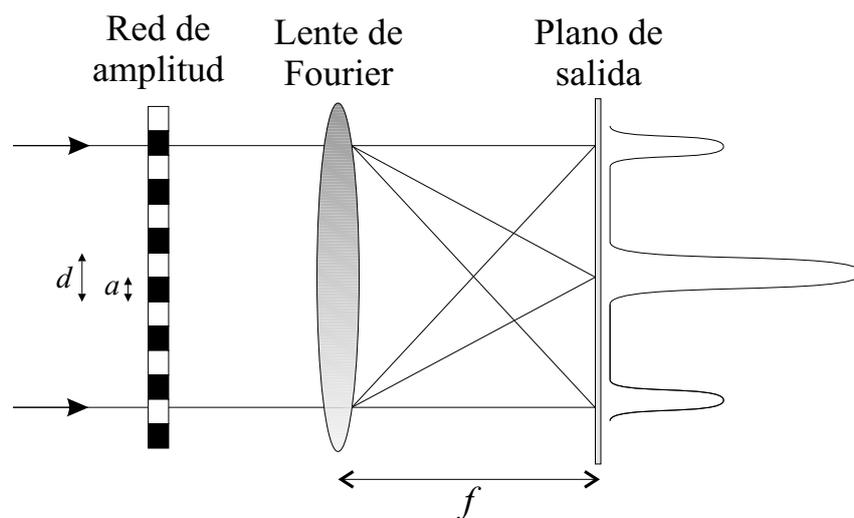


Figura 5.30 Red de difracción simple. El espaciado entre picos (órdenes de difracción) es directamente proporcional a la longitud de onda (λ) y focal (f) de la lente, e inversamente proporcional al espaciado de red (d). Las intensidades relativas de dichos órdenes de difracción dependen de la estructura de red (a/d)

En su forma más simple, un CGH no es más que una *red de difracción* formada por una celda unidad, replicada un número de veces determinado [Tricoles, 1987]. Considérese la red de difracción simple, denominada “Red de amplitud” en la Figura 5.30. Al ser iluminada con un haz colimado incidente monocromático de longitud de onda λ , se obtiene el patrón de difracción de Fraunhofer (*vid.* Sección 5.4.1) en el plano focal de la lente de Fourier de la Figura 5.31. Dicho patrón de difracción no es más que la transformada de Fourier de la transmitancia en amplitud compleja de la red de difracción [Goodman, 1996, cap. 5].

El espaciado x entre los picos de difracción viene dado por [Hecht, 2002, cap. 10]:

$$x = \frac{\lambda f}{d} \quad (5.4)$$

donde d es el espaciado de la red, f la longitud focal de la lente de Fourier, y λ la longitud de onda de la luz empleada.

Los CGHs de interés para este trabajo son de tipo transformada de Fourier [Goodman, 1996, cap. 9]. La Figura 5.31 muestra el esquema de reproducción de este tipo de CGHs. Cuando es iluminado con un haz de luz coherente colimado (*i.e.* láser), el CGH reproduce, en el plano focal de una lente posterior, el patrón de difracción determinado en la etapa de diseño, que no es más que la transformada de Fourier de la transmitancia en amplitud compleja de la red de difracción.

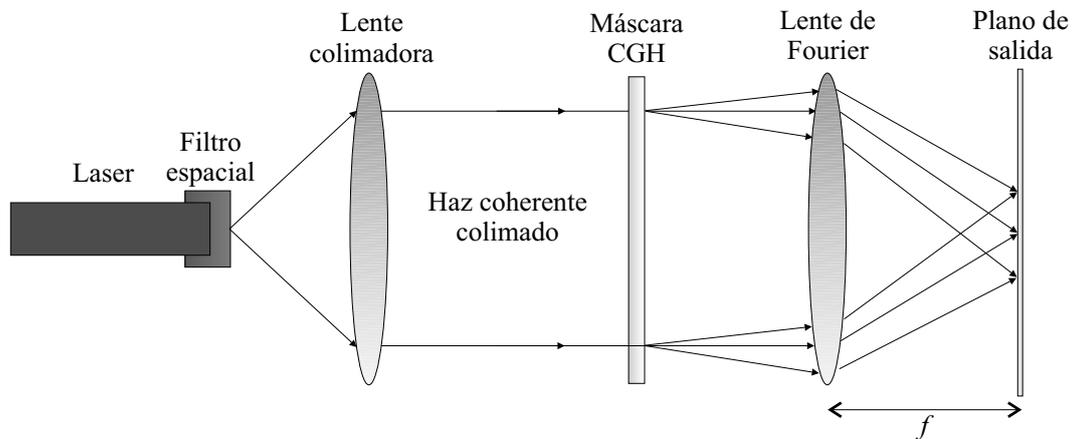


Figura 5.31 Esquema de reproducción de un CGH transformada de Fourier

En cualquier aplicación que involucre el uso de CGHs, es importante maximizar la cantidad de luz presente en el plano de reproducción (*i.e.* plano de salida

de la [Figura 5.31](#)). La magnitud que determina este parámetro es la Eficiencia de Difracción (*Diffraction Efficiency*) (**DE**), definida como:

$$\text{DE} = \frac{\text{luz difractada en los } spots \text{ deseados}}{\text{luz total incidente}} \quad (5.5)$$

Una vez calculada la celda base unidad del **CGH** (como se explicará en la [Sección 5.4.2.2](#)), dicha celda puede ser replicada varias veces para obtener una **DE** mayor, aprovechando la propiedad de invariancia espacial de la transformada de Fourier [[Goodman, 1996](#), cap. 2]. Tras esto, el **CGH** es implementado sobre un material óptico adecuado (*vid.* [Sección 5.4.2.3](#)), para su posterior reproducción en el esquema experimental de la [Figura 5.31](#).

5.4.2.1. Módulo teórico

Al igual que en el resto de aplicaciones desarrolladas en MATLAB[®], que están siendo descritas en este trabajo, la herramienta de **CGHs** incluye la correspondiente explicación teórica, que ilustra este potente paradigma de la Óptica. Mediante pantallas multi-página, el usuario puede estudiar la base científica, y descubrir las aplicaciones más comunes de los **CGHs**. Asimismo, el usuario dispone de una ayuda en línea sobre el funcionamiento de la aplicación, como ilustra la [Figura 5.32](#).

El proceso de cálculo y fabricación de un **CGH** puede dividirse en las siguientes etapas [[Goodman, 1996](#), cap. 9]:

1. **Computación** : cálculo del campo que el objeto deseado, en caso de existir, produciría en el plano del holograma. A su vez, esta etapa se subdivide en:
 - a) Elección del número de puntos de muestreo para el objeto y el holograma.
 - b) Realización de las transformadas de Fourier o Fresnel discretas del campo objeto.
2. **Codificación**: elección de una representación adecuada para el campo complejo en el plano del holograma. De la etapa anterior, se obtiene un conjunto discreto de puntos de una distribución de campo complejo (muestras). Cada muestra posee una amplitud y una fase determinadas. Dado que, en general, no es posible crear estructuras que controlen directamente la amplitud y la fase de la *transmitancia en amplitud* de forma arbitraria, se debe elegir alguna forma de codificación de dichas cantidades, susceptible de ser realizada sobre un material óptico.

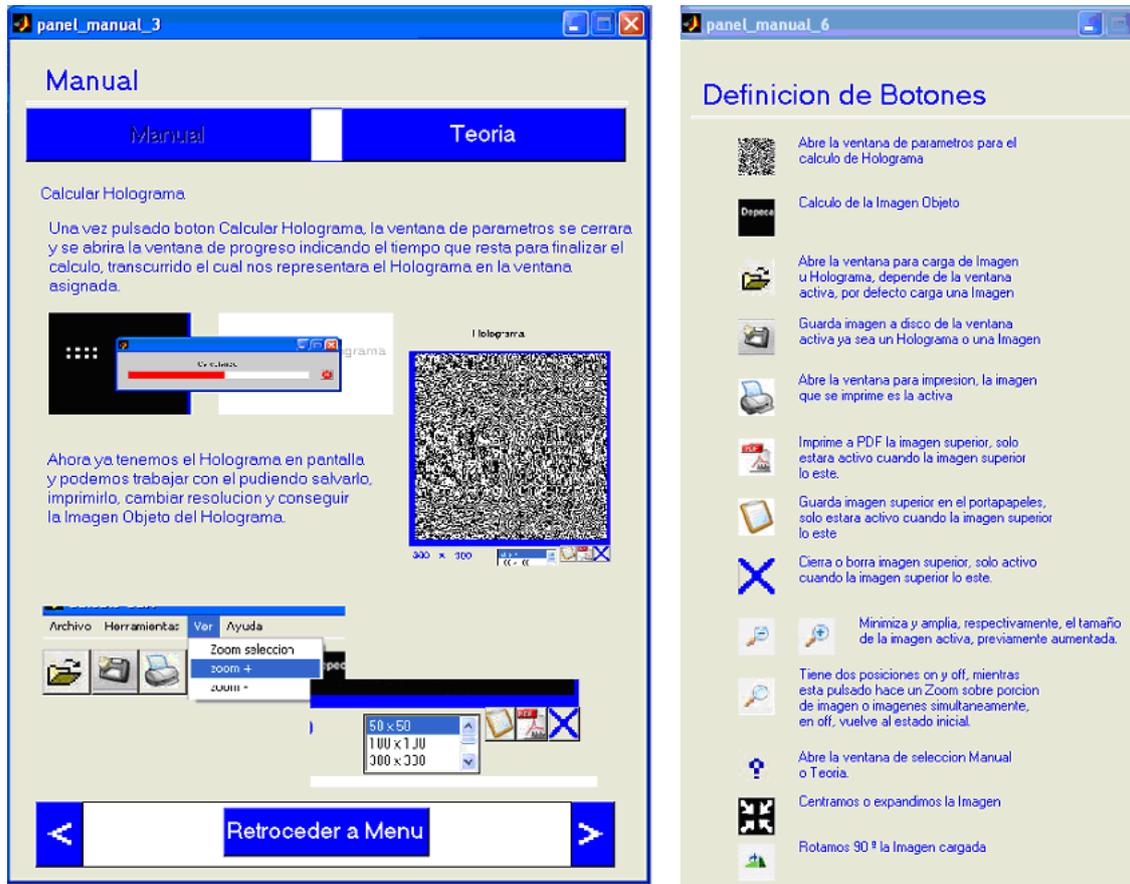


Figura 5.32 Módulo de teoría y manual de usuario de la aplicación de CGHs

3. **Implementación:** transferencia de la representación codificada a un material óptico adecuado. Esta etapa depende drásticamente de las características de los dispositivos de salida de los ordenadores (*i.e.* impresoras láser, *plotters* o equipos de litografía). La mayor parte de los dispositivos de impresión son capaces de escribir pequeños rectángulos en las distintas posiciones de salida; algunos son capaces de escribir en escala de grises, mientras que otros se restringen a valores *binarios* (*i.e.* transparentes u opacos). Así, los pasos 2 y 3 son a menudo interdependientes.

Se han descrito diversos métodos de creación de CGHs transformada de Fourier [Yaroslavskii y Merzlyakov, 1980; Tricoles, 1987]. Una vez elegido el tamaño de la máscara holográfica y calculados los coeficientes de Fourier de la representación del objeto deseado, se realiza una codificación de la amplitud y/o fase de esos coeficientes. Aunque es posible crear elementos holográficos de amplitud o fase con varios niveles, la codificación únicamente con 2 niveles de amplitud o fase produce

una mayor facilidad de fabricación del CGH. Los CGHs así diseñados se denominan *hologramas binarios*.

Los CGHs empleados en este proyecto son todos de tipo binario. Para su cálculo, se han implementado dos algoritmos diferentes (transformada de Fourier con fase aleatoria, y *Detour Phase*), los cuales se describen a continuación:

Transformada de Fourier con fase aleatoria Como su propio nombre indica, este tipo de CGH produce la transformada de Fourier (con la información de *amplitud* y *fase*) del objeto (*i.e.* de la máscara holográfica). Cuando un CGH es colocado en un montaje como el de la [Figura 5.31](#), el patrón de difracción de Fraunhofer que aparece en el plano focal de la lente es la transformada de Fourier del CGH, y por tanto reconstruye el objeto con el que el CGH fue diseñado. Dado que la transformada de Fourier del objeto es, en general, una función compleja, se necesita modificar la amplitud y la fase de la luz transmitida, de tal forma que se pueda crear un holograma con amplitud y fase arbitraria, y por consiguiente reconstruir artificialmente un objeto.

El problema central de generar hologramas por ordenador, es simular un holograma transformada de Fourier mediante una representación binaria. En nuestro caso, usaremos una impresora láser en blanco y negro, que imprimirá sobre papel el CGH generado, donde los píxeles oscuros del CGH corresponderán a zonas impresas (*i.e.* con tóner), y los píxeles transparentes serán zonas no impresas (*i.e.* sin tóner). Posteriormente, este CGH impreso sobre papel se trasladará a un soporte óptico adecuado, como se describe en la [Sección 5.4.2.3](#).

La representación binaria es más apropiada si el holograma fuese real, positivo y tuviera una modulación uniforme. No obstante, el CGH presenta una función de transmisión compleja, como la mostrada en la [Ecuación 5.6](#)

$$A(\mathbf{r}') = \sum_j a(\mathbf{r}_j) e^{2\pi i \mathbf{r}' \cdot \mathbf{r}_j / f \lambda + i \phi_j} \quad (5.6)$$

Siendo:

- \mathbf{r}' : posición del CGH
- \mathbf{r}_j : posición de la imagen
- ϕ_j : fase
- f : distancia focal
- λ : longitud de onda
- a : amplitud

Dado que no es posible representar una función compleja sobre un soporte óptico, el problema reside en transformar la [Ecuación 5.6](#) en una función real y positiva. Para ello, una forma simple de conseguirlo es considerar únicamente la parte real de la [Ecuación 5.6](#):

$$A(\mathbf{r}') = \sum_j a(\mathbf{r}_j) \cos(2\pi i\mathbf{r}' \cdot \mathbf{r}_j / f\lambda + i\phi_j) + \text{constante} \quad (5.7)$$

y sumarle una constante. La transformada de Fourier de una función real es simétrica, lo que equivale a una *simetrización* del objeto. Sumando una constante a la transformada, añadimos un punto central brillante en la reconstrucción. Por consiguiente, un holograma real puede reconstruir un patrón de intensidad de un objeto arbitrario, con un segundo objeto simétrico y un punto central brillante.

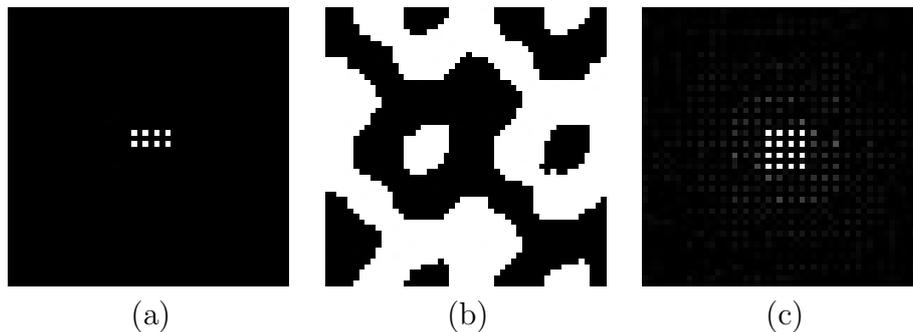


Figura 5.33 Cálculo de una máscara CGH usando el [Módulo de simulación](#): (a) matriz de interconexión deseada; (b) celda base (CGH) actual durante un instante del cálculo y (c) salida simulada en dicho instante. La imagen simétrica del patrón original aparece automáticamente en la reproducción, por lo que sólo es necesario definir la mitad de objeto, reduciéndose el tiempo de cálculo de la celda base (c)

La [Figura 5.33](#) muestra un ejemplo de esta situación. El objeto de interés, en este caso, es un patrón de difracción que divide el haz colimado de entrada en una serie de *spots*/puntos luminosos (matriz *fan-out*). Por tanto, estos CGHs funcionan como divisores de haz. La [Figura 5.33](#) muestra un instante del proceso de cálculo de la máscara CGH binaria, para un patrón de interconexión 4×4 . Cuando el *fan-out* deseado corresponde a un patrón de puntos simétrico, sólo es necesario definir la mitad del mismo; la imagen simétrica aparece automáticamente al reproducir el CGH [[Morrison, 1992](#)]. Esto reduce el tiempo de cálculo del CGH a la mitad [[Samus, 1995](#)].

Para el caso de un CGH que implementa un número *par* de *spots* luminosos (Figura 5.33), el espaciado entre *spots* es [McCormick, 1989]:

$$x_{spot} = \frac{2\lambda f}{d} \quad (5.8)$$

Siendo:

- λ : longitud de onda de la luz incidente
- f : focal de la lente transformada de Fourier
- d : período de la celda unidad del CGH

La fase ϕ_j en la Ecuación 5.7 es arbitraria, ya que solamente la intensidad (y no la fase) es observada en la reconstrucción. Esta arbitrariedad juega un importante valor en la determinación de la calidad de la imagen del CGH. Para convertir un holograma real positivo a binario, la manera mas sencilla es *binarizando* mediante la selección de un umbral t , de forma que:

$$\begin{aligned} A(\mathbf{r}') &= 0 & \text{si } A(\mathbf{r}') < t \\ A(\mathbf{r}') &= 1 & \text{si } A(\mathbf{r}') \geq t \end{aligned}$$

Ya que la aproximación binaria de hologramas no distingue valores de $A(\mathbf{r}')$ mucho mayores de t , de los que son solo ligeramente mayores, es importante que la modulación del CGH sea lo más uniforme posible, es decir, que la transformada de Fourier de la reconstrucción, se propague tan uniformemente como sea posible a lo largo de los píxeles del CGH. Ésto se logra eligiendo la fase ϕ_j aleatoria, lo que provoca la adición de ruido blanco en la reconstrucción.

Método de Cálculo *Detour Phase*

Probablemente los CGHs más conocidos sean los hologramas *detour*, que conceptualmente pueden resumirse como sigue: se digitaliza una imagen y se obtiene su transformada de Fourier punto a punto [Brown y Lohmann, 1966]. La amplitud y fase de cada onda así obtenida, se codifican por medio de celdas base como la que se muestra en la Figura 5.34. Por medio de un algoritmo, se asigna a cada celda un rectángulo cuya área es proporcional a la amplitud de la onda, y cuya posición es proporcional a su fase. Se genera así una matriz de $N \times N$ celdas, cada una de ellas con la información codificada de amplitud y fase.

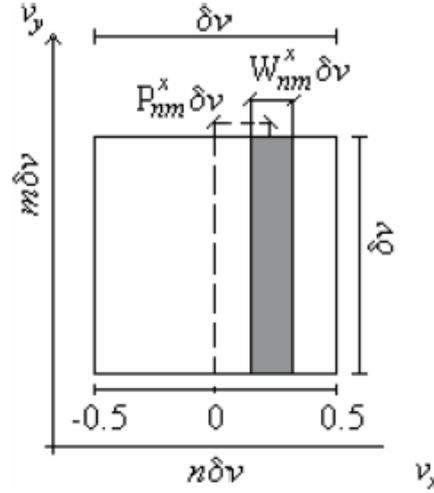


Figura 5.34 Estructura de celda base de un CGH para representar una onda en plano de Fourier (V_x, V_y) , según el método *detour*. Los parámetros W y P codifican la amplitud y la fase de la onda, respectivamente. El ancho de la celda es $\delta\nu$, igual a su alto

El tamaño de la celda es $\delta\nu \times \delta\nu$, con coordenadas $(n\delta\nu, m\delta\nu)$. Los parámetros que codifican la amplitud y la fase de una onda dada, en términos de ancho y de posición del rectángulo en la celda, son:

$$\begin{aligned} W_{nm} &= \frac{\sin^{-1}(A_{nm})}{\pi} \\ P_{nm} &= \frac{\phi_{nm}}{2\pi} \end{aligned} \quad (5.9)$$

siendo A_{nm} y ϕ_{nm} la amplitud y fase de la onda, respectivamente, en la posición (n, m) de la celda base.

La amplitud de transmitancia binaria (suma de todas las celdas) en el plano del holograma (V_x, V_y) , está dada por:

$$H(\nu_x, \nu_y) = \sum_{n,m} \text{rect}\left[\frac{\nu_x - n\delta\nu - P_{nm}\delta\nu}{W_{nm}\delta\nu}\right] \times \text{rect}\left[\frac{\nu_y - m\delta\nu}{\delta\nu}\right] \quad (5.10)$$

A partir de la [Ecuación 5.10](#), tras obtener su transformada de Fourier inversa y después de hacer algunas aproximaciones, podemos llegar a las ecuaciones de resolución de W_{nm} y P_{nm} . Repitiendo el proceso para el resto de celdas bases, se llega finalmente a construir el CGH completo, tal y como muestra la [Figura 5.35](#).

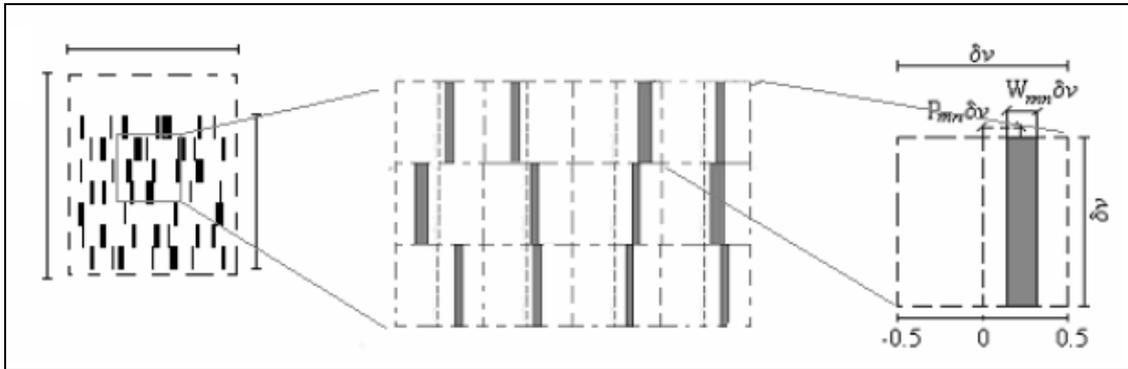


Figura 5.35 CGH de tipo *detour*, y detalle de la celda base

5.4.2.2. Módulo de simulación

Como ocurre con el resto de aplicaciones, este módulo constituye el núcleo más potente de la herramienta, pues permite el cálculo del CGH que, posteriormente, podrá ser implementado sobre un soporte óptico para su reproducción.

La Figura 5.36 muestra la ventana principal del Módulo de simulación, que sirve para calcular los CGHs. En la pantalla, se observa el objeto de partida (izquierda) del que se quiere calcular su holograma, y la máscara CGH, una vez calculado (derecha).

La aplicación permite tener un control detallado de los parámetros de cada método de cálculo, tal y como muestra la Figura 5.37. Entre estos parámetros, se encuentra el tamaño de la celda unidad sobre la que se calculará el holograma final. El tamaño de dicha celda unidad, y el tipo de algoritmo, repercuten en el tiempo de cálculo necesario para generar el CGH.

Por último, el Módulo de simulación permite exportar a fichero (PDF/mapa de bits) los CGHs generados, para poder ser implementados posteriormente sobre un objeto óptico (típicamente acetato transparente, como se describe en la Sección 5.4.2.3). El CGH sobre soporte óptico, una vez insertado en el montaje de la Figura 5.31, reproducirá el objeto original de partida.

5.4.2.3. Módulo de experimentación en laboratorio

Como en el caso de la aplicación de difracción, la herramienta de CGHs dispone de un Módulo de experimentación en laboratorio. La Figura 5.38 muestra el montaje experimental realizado en la mesa óptica de laboratorio. El haz luminoso proveniente del láser L es reflejado por el espejo M1, y se dirige hacia el sistema de lentes formado

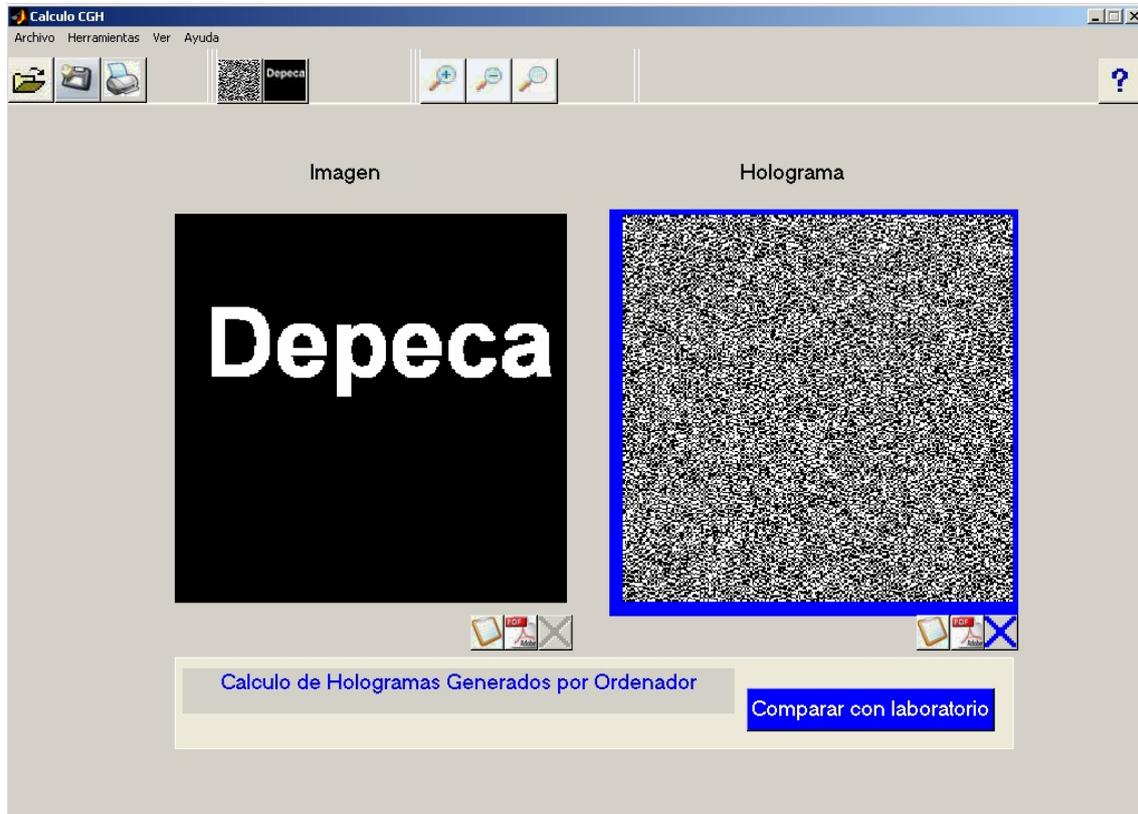


Figura 5.36 Módulo de simulación de CGHs

por L_1 , L_2 y el diafragma D . Este sistema de lentes es el encargado de ensanchar el haz láser al diámetro apropiado. Posteriormente, este haz ensanchado ilumina el holograma H que ha sido implementado sobre el soporte óptico apropiado, como se describe más adelante en esta misma sección.

Mediante la lente de Fourier LF , el haz luminoso a la salida del holograma H reproduce la información holográfica en el plano focal de la lente LF , como muestra la [Figura 5.31](#). El espejo M_2 desvía el haz de salida para aprovechar mejor el espacio disponible en la mesa óptica de laboratorio. El haz pasa por un filtro neutro F , que atenúa la señal luminosa, para no saturar el sensor CCD de la cámara colocada en el plano focal de la lente LF . Finalmente, la cámara CCD se conecta a un ordenador, y mediante el [Módulo de experimentación en laboratorio](#) mostrado en la [Figura 5.43](#), se captura la imagen del CGH reproducido, la cual debe coincidir con el patrón de difracción objetivo, determinado en la etapa de diseño del CGH .

Existen diversos métodos para grabar un CGH sobre un soporte óptico adecuado [[Gamo, 2000](#)]. En este trabajo, se han utilizado las siguientes técnicas:

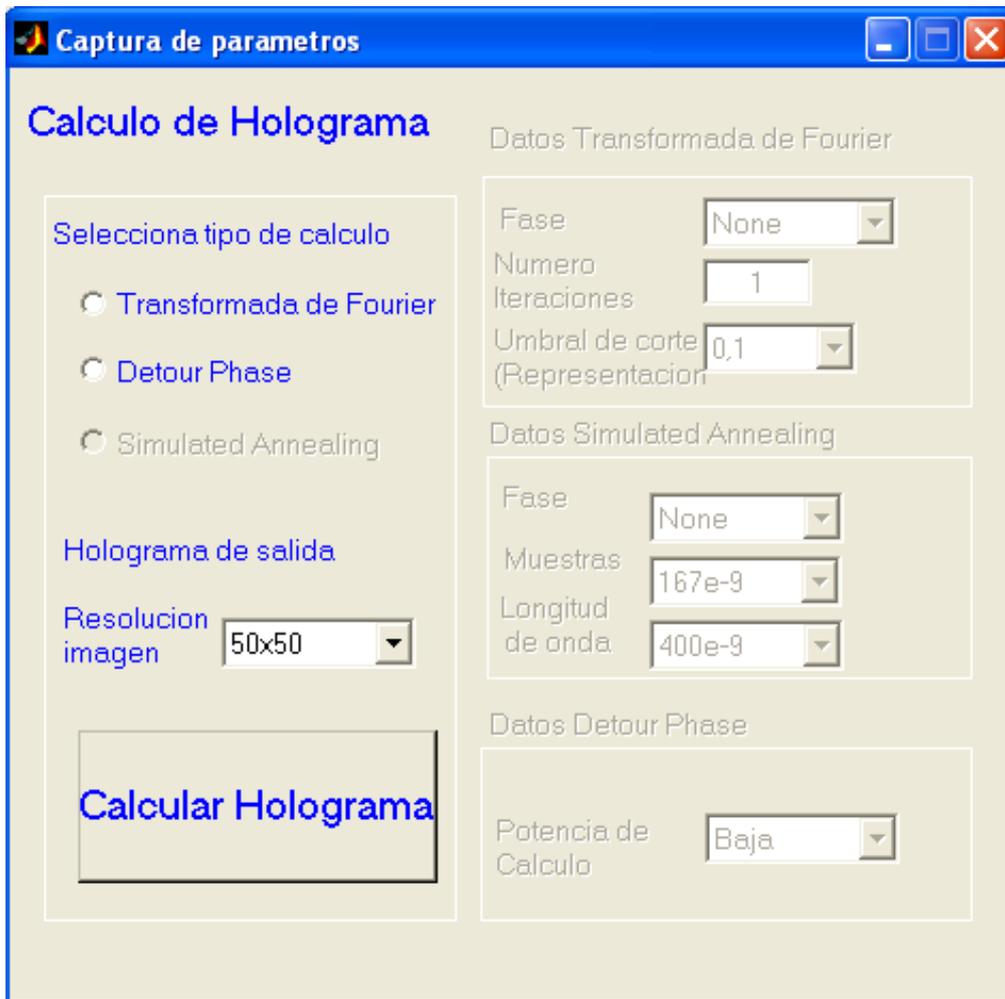


Figura 5.37 Ventana de parámetros del Módulo de simulación de CGHs

Grabación sobre transparencia: Es el método más sencillo. Se basa en imprimir los CGHs obtenidos con nuestra aplicación directamente sobre un acetato transparente, utilizando para ello una impresora laser en blanco y negro. Para este trabajo, se ha utilizado una impresora modelo RICOH AFICIO 2022 PCL6, con una resolución máxima de 600 Puntos Por Pulgada (*Dots Per Inch*) (DPI). Teniendo en cuenta la resolución máxima que proporciona la impresora, y la resolución del CGH en píxeles, se puede determinar el tamaño mínimo de la celda unidad, como sigue:

$$600 \text{ DPI} = 600 \text{ pixeles/pulgada} = 600 \text{ pixeles}/25,4 \text{ mm} = 23,62 \text{ pixeles/mm} \quad (5.11)$$

De esta relación se desprende que, en cada milímetro, la impresora puede imprimir en torno a 23 - 24 píxeles, con lo que para un CGH de 300×300 píxeles como el de la Figura 5.39, su lado d se podrá imprimir en un tamaño:

$$d = \frac{300 \text{ píxeles}}{23,62 \text{ píxeles/mm}} = 12,7 \text{ mm} \approx 12 \text{ mm} \quad (5.12)$$

Grabación sobre película fotográfica: La grabación de hologramas mediante emulsión de haluro de plata, tanto sobre película como sobre placa fotográficas, es una técnica ampliamente empleada [Collier *et al.*, 1971]. Las películas y placas fotográficas comercialmente disponibles, caracterizadas fundamentalmente por su resolución y el espesor de la emulsión, suelen ser apropiadas también para la implementación de CGHs. El procedimiento es el siguiente:

1. La máscara CGH se imprime sobre papel, usando una impresora/*plotter* de gran calidad.
2. Se toma una fotografía de la copia sobre papel, a la escala adecuada, como se describe más adelante.
3. La fotografía se revela siguiendo el procedimiento tradicional. Se obtiene así un CGH de amplitud.
4. Para aumentar la Eficiencia de Difracción (*Diffraction Efficiency*), se suele realizar un proceso de “blanqueado” (*bleaching*) del negativo [Ichikawa *et al.*, 1991]. Esto se logra sumergiendo la emulsión (una vez revelada y fijada) en una solución de dicromato potásico, que reemplaza las zonas opacas de moléculas de plata con moléculas transparentes de sal. Se obtiene así un CGH binario de fase.

El paso 3 sirve para fabricar prototipos rápidos en la etapa de diseño de CGHs. Si se pretende usar el CGH en sistemas de interconexión funcionalmente operativos, debe realizarse también el paso 4. En este trabajo, se fabricaron CGHs de amplitud a partir de diseños de matrices de puntos luminosos, que fueron calculados como muestra la Figura 5.33. Estos CGHs se implementaron sobre película fotográfica en blanco y negro, sin llegar a realizar el proceso de blanqueado, como muestra la Figura 5.40.

La ventana principal del Módulo de experimentación en laboratorio se ilustra en la Figura 5.43. Este módulo permite 2 tipos de tareas básicas:

- Control de la cámara CCD de la [Figura 5.38](#) (Web Cam de LogiTech, modelo QuickCam E2500), para adquisición de los patrones de difracción reproducidos en el montaje experimental.
- Comparación entre los patrones de difracción teórico y experimental, producidos por los CGHs calculados mediante el [Módulo de simulación](#).

En cualquiera de los dos métodos de cálculo de CGHs descritos en la [Sección 5.4.2.2](#), se puede aumentar la Eficiencia de Difracción (*Diffraction Efficiency*) del patrón de difracción finalmente reproducido, replicando la celda base calculada para formar el CGH final, aprovechando la invariancia de la transformada de Fourier (*vid. Sección 5.4.2.1*). La [Figura 5.41](#) muestra un ejemplo real de construcción del CGH final, a partir de la celda base calculada mediante el [Módulo de simulación](#) de la [Sección 5.4.2.1](#). El tamaño de la celda unidad en este caso es $d_{\text{celda base}} = 2\text{mm}$ de lado, y el del CGH final (2×2 veces la celda base) es, por tanto, de $d_{\text{CGH}} = 4\text{mm}$.

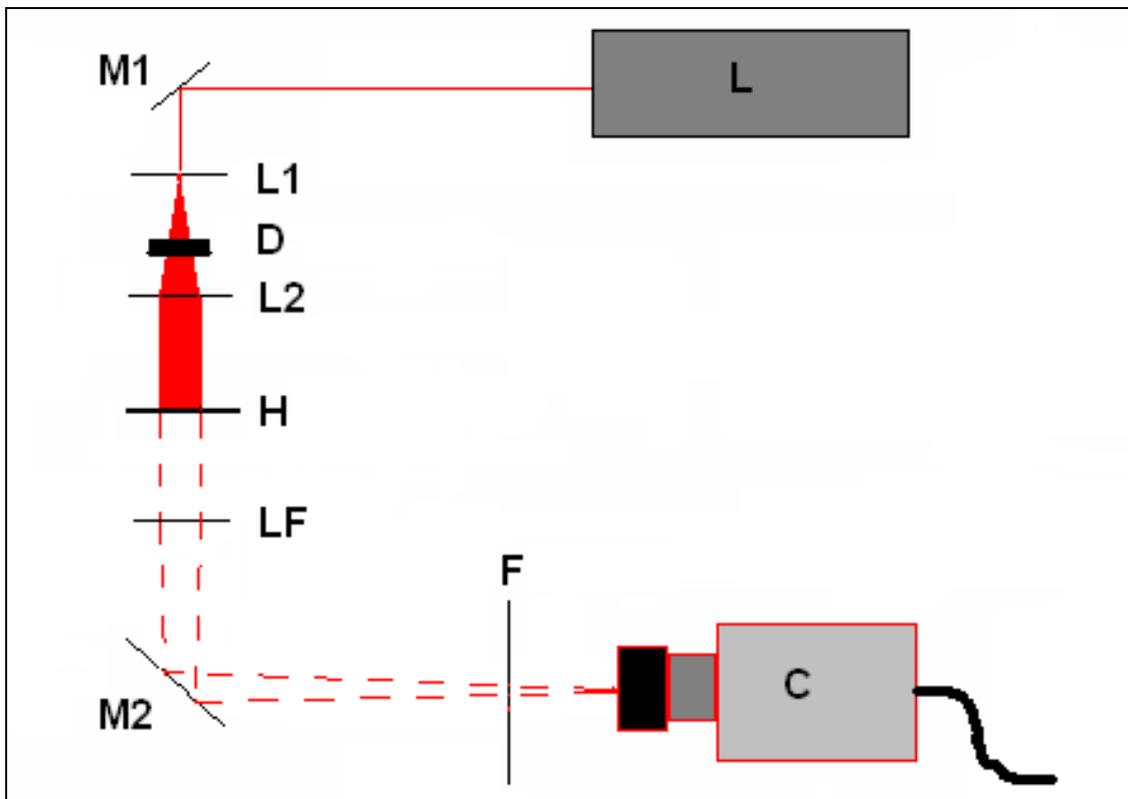
Para probar la funcionalidad del [Módulo de simulación](#), se generaron sendos CGH, uno sobre acetato transparente y otro sobre película fotográfica. Ambos CGHs implementan un matriz de 4×4 puntos en el plano de Fourier (*i.e.* plano de salida) del esquema mostrado en la [Figura 5.38](#), utilizando un láser de He-Ne ($\lambda = 632,8$ nm) como haz de iluminación. En el caso del CGH implementado sobre película fotográfica, para aumentar la DE, se coloca la parte mate del negativo (CGH) hacia la fuente láser de reproducción, dejando la parte brillante de dicha película en el plano posterior. Así, se refleja menos luz hacia la izquierda (suponiendo que el sentido de propagación de la luz de reconstrucción es de izquierda a derecha), aumentando la cantidad de luz transmitida, y por tanto, la DE final.

La [Figura 5.42](#) muestra los resultados obtenidos en la reproducción de los dos CGHs mencionados. Como puede observarse:

- La separación de puntos es directamente proporcional a la longitud focal de la lente de Fourier LF utilizada en el montaje experimental de la [Figura 5.38](#), tal y como predice la [Ecuación 5.8](#).
- La calidad de la matriz de puntos reproducida es más alta en el caso de la película fotográfica que en el acetato transparente (puntos más nítidos, menor *spot* central brillante). Por tanto, parece claro que la película fotográfica es un soporte óptico más adecuado para implementar CGHs que el acetato.

El [Módulo de experimentación en laboratorio](#) permite también comparar la “bondad” del diseño teórico del CGH, con la reproducción experimental de dicho

CGH, una vez implementado sobre soporte óptico adecuado, y reproducido utilizando el montaje de la [Figura 5.31](#). Para ello, se realiza la *correlación cruzada* de las imágenes teórica y experimental del patrón objeto, lo que produce un porcentaje de similitud entre las dos imágenes, tal y como sucede en el [Módulo de experimentación en laboratorio](#) de la herramienta de difracción, descrito en la [Sección 5.4.1.3](#)).



Esquema del montaje experimental



Fotografía del montaje real en el laboratorio

Figura 5.38 Montaje experimental en laboratorio para reproducir CGHs

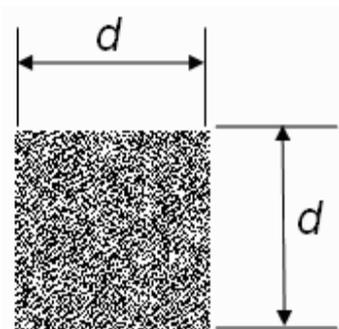


Figura 5.39 CGH de 300×300 píxeles



Figura 5.40 CGH de matriz de puntos luminosos sobre película fotográfica montada en diapositiva

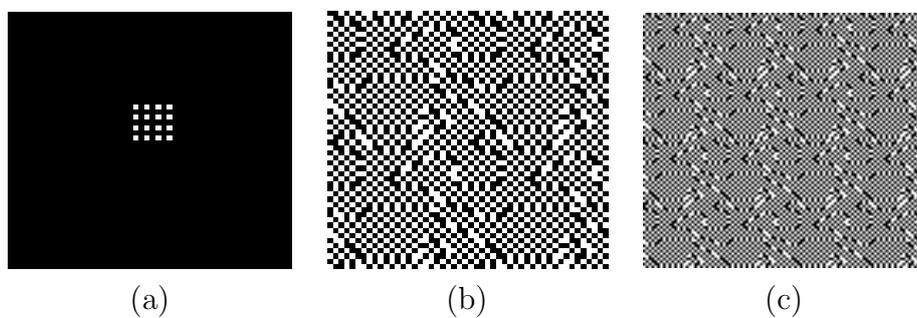


Figura 5.41 Replicación de celda base para contruir el CGH (a) patrón de difracción deseado (50×50 píxeles); (b) celda base calculada (50×50 píxeles) y (c) CGH final, replicando 2×2 veces la celda base (100×100 píxeles)

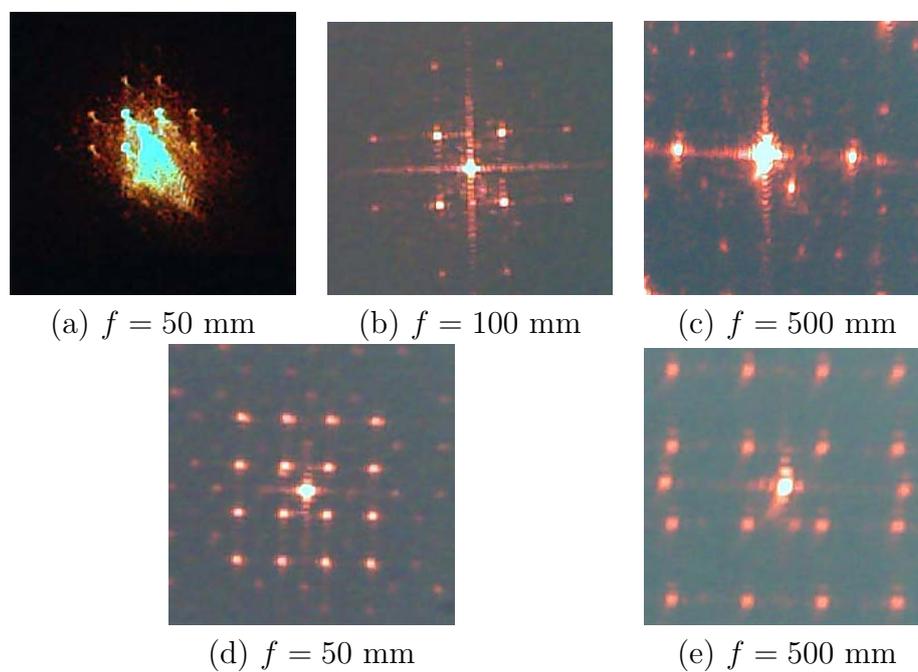


Figura 5.42 Reproducción de CGHs implementados (a) - (c) sobre acetato transparente, (d) - (e) sobre película fotográfica, usando las lente de Fourier de focales indicadas en cada caso



Figura 5.43 Ventana de captura y comparación de CGHs del Módulo de experimentación en laboratorio

5.4.3. Estudio de la interacción acusto-óptica

La interacción acusto-óptica es uno de los fenómenos ópticos más interesantes, desde el punto de vista didáctico [Iglesias, 2010; Gamo *et al.*, 2010; Abad, 2012]. Como su nombre indica, la acusto-óptica describe la interacción del sonido con la luz [Saleh y Teich, 1991, Cap. 19]. En 1922, Brillouin ya predijo que la luz propagada dentro de un medio, podía ser difractada por una onda acústica que atravesase dicho medio [Brillouin, 1922]. La comprobación experimental se realizó en sendos experimentos, realizados diez años más tarde, por [Debye y Sears, 1932] y [Lucas y Biquard, 1932].

Una onda de sonido lanzada sobre un medio óptico crea una perturbación en el índice de refracción del medio, en forma de onda. El sonido puede así controlar la luz que incide sobre el medio, el cual pasa a tener una distribución gradual de su índice de refracción. Este hecho, conocido como *efecto acusto-óptico*, es empleado por distintos dispositivos, tales como moduladores ópticos, deflectores, filtros, aislantes y analizadores de espectro, entre otros [Saleh y Teich, 1991, cap. 19].

Dado que las frecuencias ópticas son mucho mayores que las acústicas (10^{15} Hz frente a 10^9 Hz, respectivamente), se puede tratar el material como si fuese un medio estático inhomogéneo. Dependiendo de la geometría de interacción luz-sonido, se suele distinguir entre los efectos Raman-Nath y Bragg.

La Figura 5.44 describe la geometría de interacción Raman-Nath. Este efecto se produce cuando la luz incide perpendicularmente a la dirección de propagación del sonido sobre el cristal. Se generan así diferentes imágenes (*sidebands*) correspondientes a los distintos órdenes de difracción. Como todos los órdenes de difracción llevan la misma información, es conveniente suprimir los órdenes superiores, y maximizar la energía óptica en el orden $m = 1$, para aplicaciones de procesado óptico de información.

La máxima Eficiencia de Difracción (*Diffraction Efficiency*) (DE) que puede alcanzarse en el orden $m = 1$.⁵ para el régimen Raman-Nath es de 33,6% [Goutzoulis y Pape, 1994] Esta pobre eficiencia de difracción, junto con la aparición de órdenes de difracción múltiples, hace que, en la práctica, se opte por usar la geometría de interacción de Bragg.

La Figura 5.45 describe el régimen de interacción de Bragg. En este caso, la geometría de la interacción permite que sólo aparezca un orden de difracción de orden

⁵Cantidad de luz recogida en el orden $m = 1$ respecto a la cantidad de luz incidente total.

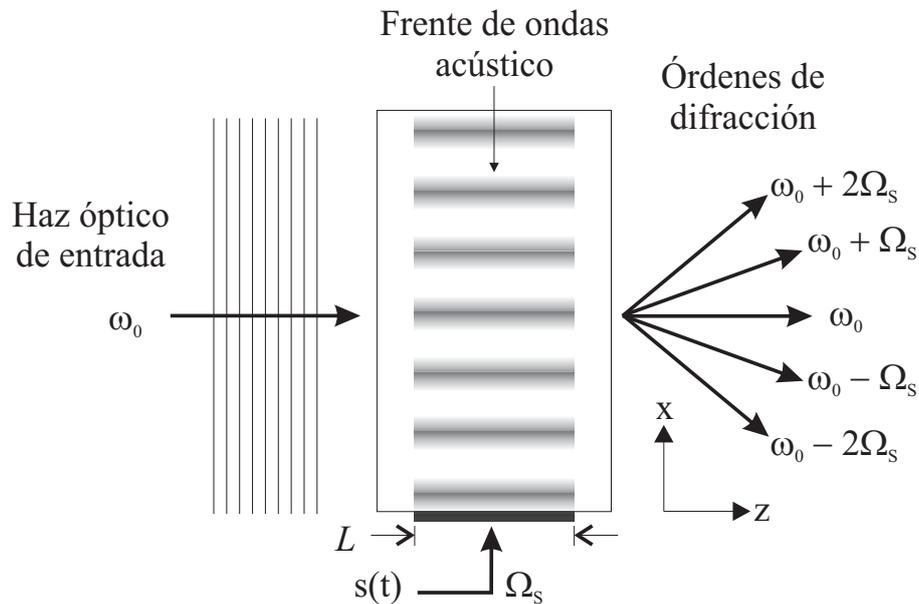


Figura 5.44 Régimen Raman-Nath de interacción acusto-óptica. La incidencia normal del haz óptico produce la aparición de varios órdenes de difracción en el haz óptico de salida, con el consiguiente reparto de potencia óptica entre los distintos órdenes

superior ($m = 1$), además de la inevitable componente Componente Continua (*Direct Current*) (DC) correspondiente al orden $m = 0$. Se logra así aumentar la potencia óptica en el orden de difracción de interés ($m = 1$, donde se recoge la información de modulación deseada), respecto a la geometría de interacción Raman-Nath.

El parámetro de Klein y Cook Q , definido por la [Ecuación 5.13](#):

$$Q = \frac{K_S^2 L}{k_O \cos \theta_O} = \frac{2\pi \lambda_O L}{n \Lambda_S^2 \cos \theta_O} \quad (5.13)$$

sirve para distinguir en la práctica ambos regímenes. En la expresión anterior,

- K_S : vector de ondas acústico
- k_O : vector de ondas óptico
- L : longitud del transductor
- θ_O : ángulo de interacción

Para $Q \leq 0,3$ la interacción se produce bajo régimen Raman-Nath, y si $Q > 0,3$, se está bajo el régimen de Bragg.

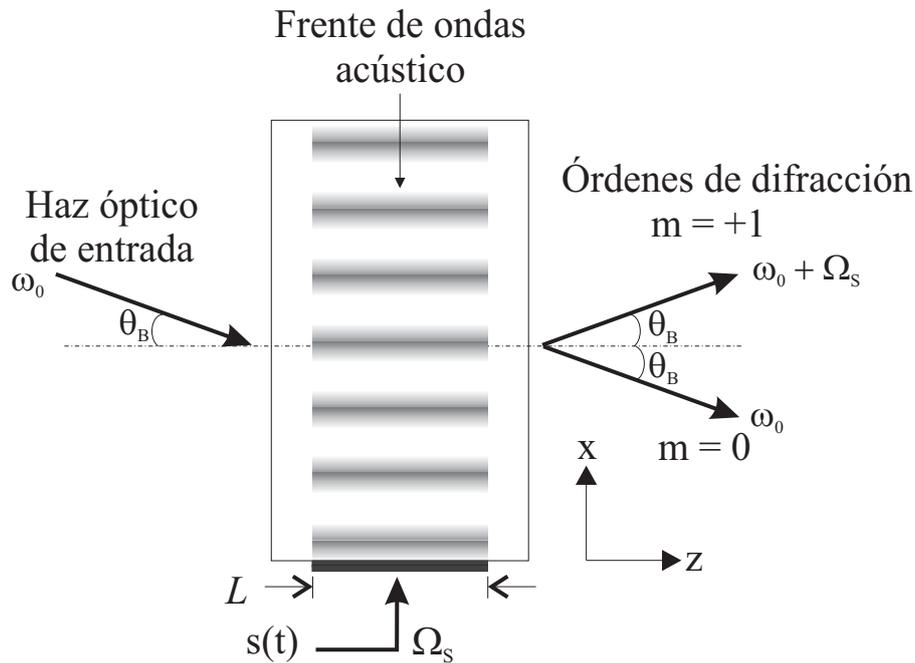


Figura 5.45 Régimen de Bragg de interacción acusto-óptica. La geometría de interacción permite ahora la aparición de un único orden de difracción superior, el cual lleva la información de modulación deseada

La [DE](#) teórica alcanzable bajo el régimen de Bragg es del 100%, por lo que la inmensa mayoría de los dispositivos acusto-ópticos suelen funcionar en este régimen. Por esta razón, estos dispositivos son también denominados *células de Bragg*.

La [Figura 5.46](#) muestra el diagrama de bloques completo del sistema desarrollado para el estudio de la interacción acusto-óptica. Mediante el entorno MATLAB[®], se ha creado una aplicación que describe las bases teóricas del fenómeno, permite realizar experimentos virtuales, y finalmente, controla un experimento real de interacción acusto-óptica, mediante el puerto RS232 del ordenador.

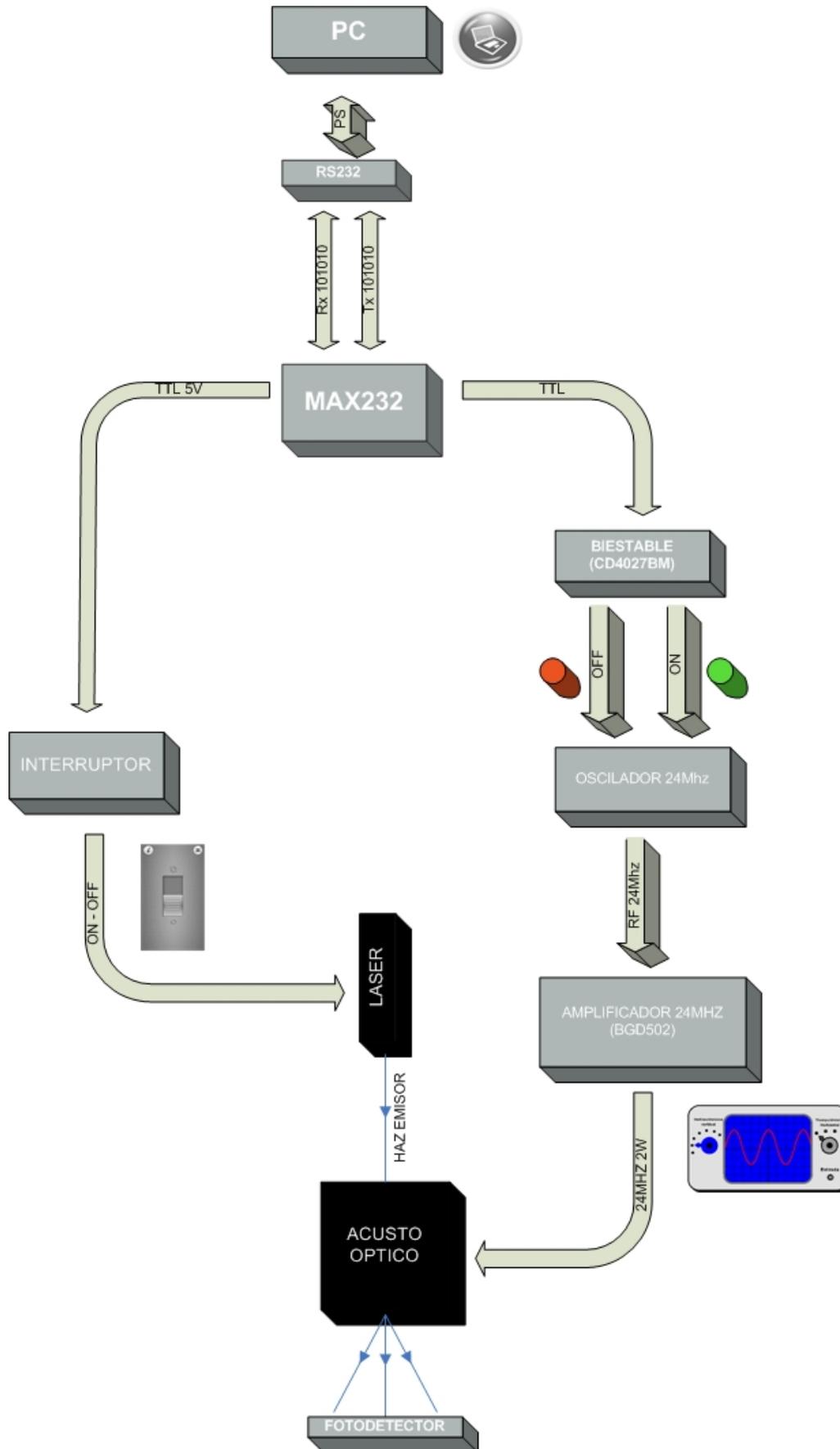


Figura 5.46 Diagrama de bloques del sistema de estudio de la interacción acusto-óptica

5.4.3.1. Módulo teórico

La [Figura 5.47](#) muestra la pantalla principal del [Módulo teórico](#) desarrollado. Como puede observarse, este módulo contiene dos secciones:

Documentación del proyecto: Esta sección, localizada en la parte izquierda de la ventana superior mostrada en la [Figura 5.47](#), contiene una explicación teórica sobre la Acusto-Óptica, incluyendo los elementos utilizados en la misma (tipos de láseres, diseño de la señal Radio-Frecuencia (RF) necesaria, etc.). Al pulsar sobre cualquiera de los iconos de esta sección, se abre una nueva pantalla multipágina, como la mostrada en la ventana inferior de la [Figura 5.47](#), que presenta información relacionada con el tema elegido.

Documentación descargable: La parte derecha de la ventana superior representada en la [Figura 5.47](#), muestra los documentos y manuales en formato PDF, considerados importantes para la comprensión del fenómeno acusto-óptico, así como los distintos elementos *hardware* y *software* utilizados en el desarrollo de esta herramienta didáctica, como son:

- Documentación del Modulador Acusto-Óptico (*Acousto-Optics Modulator*) ([AOM](#)).
- Manual de la aplicación desarrollada en MATLAB[®].
- Hojas de datos de los principales elementos *hardware* utilizados en el [Módulo de experimentación en laboratorio](#).

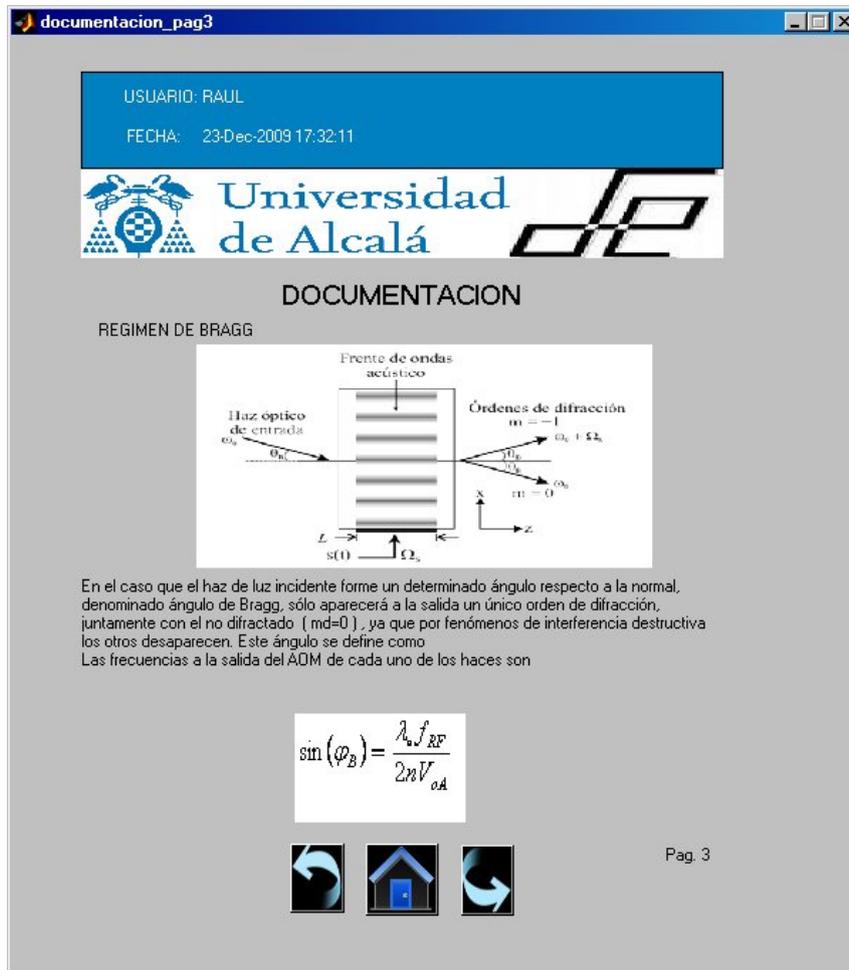


Figura 5.47 Módulo teórico de la aplicación sobre la interacción acusto-óptica

5.4.3.2. Módulo de simulación

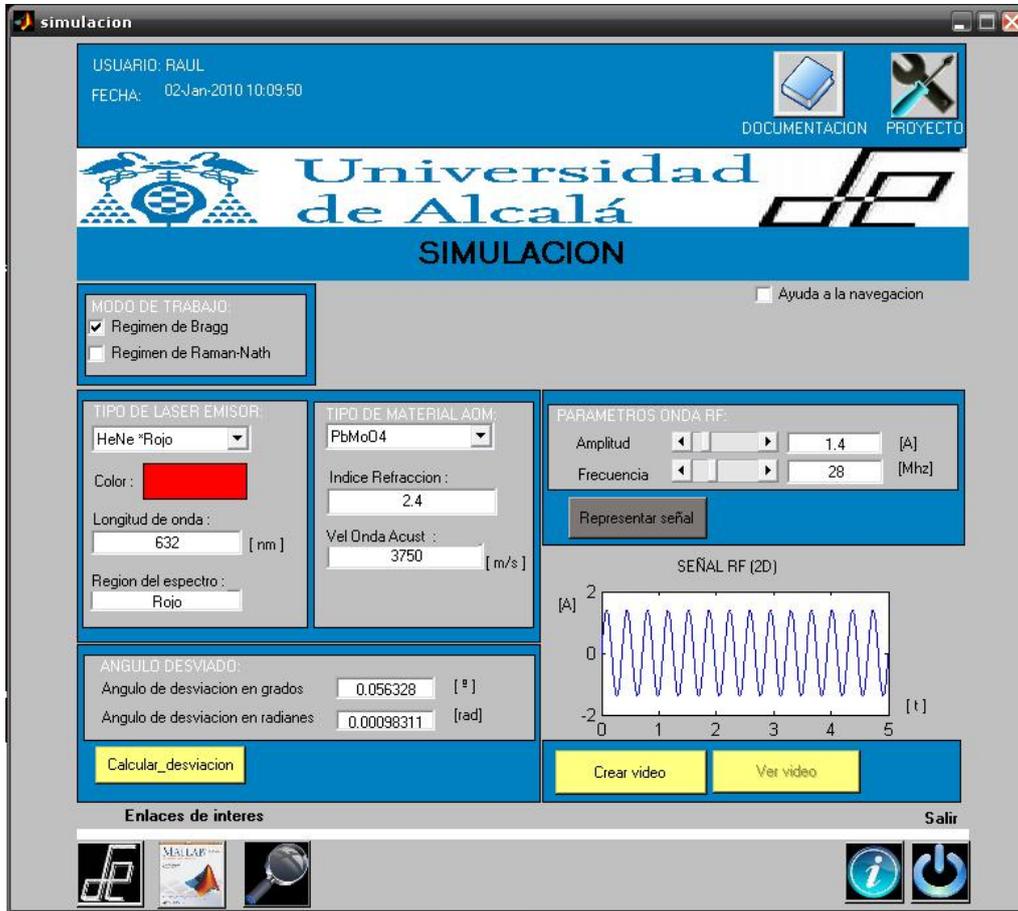


Figura 5.48 Ventana principal del Módulo de simulación de la interacción acusto-óptica

La Figura 5.48 muestra la pantalla principal del Módulo de simulación desarrollado para explicar el fenómeno acusto-óptico. Este módulo permite simular el comportamiento de un Modulador Acusto-Óptico (*Acousto-Optics Modulator*) (AOM) en cualquiera de sus dos regímenes de estudio (Bragg o Raman-Nath).

La aplicación permite seleccionar algunas de las fuentes de luz más comunes, indicando su longitud de onda central (λ_0). Respecto al material acusto-óptico, se puede elegir entre diversos materiales, cada uno de ellos caracterizado principalmente por su índice de refracción (n) y la velocidad acústica en el material (V_s). La onda RF se caracteriza por su amplitud (A) y su frecuencia (f_s). En estas condiciones, el ángulo de desviación para el primer orden de difracción bajo régimen de Bragg, viene dado por la Ecuación 5.14:

$$\sin(\theta_d) = \frac{\lambda_0 \cdot f_s}{n \cdot V_s} \quad (5.14)$$

ANGULO DESVIADO:		
Angulo de desviacion en grados	<input type="text" value="0.050445"/>	[°]
Angulo de desviacion en radianes	<input type="text" value="0.00088043"/>	[rad]
<input type="button" value="Calcular_desviacion"/>		

Figura 5.49 Cálculo del ángulo de desviación teórico del **Módulo de simulación** de la interacción acusto-óptica

Al pulsar el botón `Calcular_desviacion` el sistema calcula el ángulo de deflexión del haz láser de salida en función de los parámetros introducidos, una vez que este haz atraviesa el **AOM**, . El resultado del ángulo de deflexión caculado se expresa en grados y radianes.

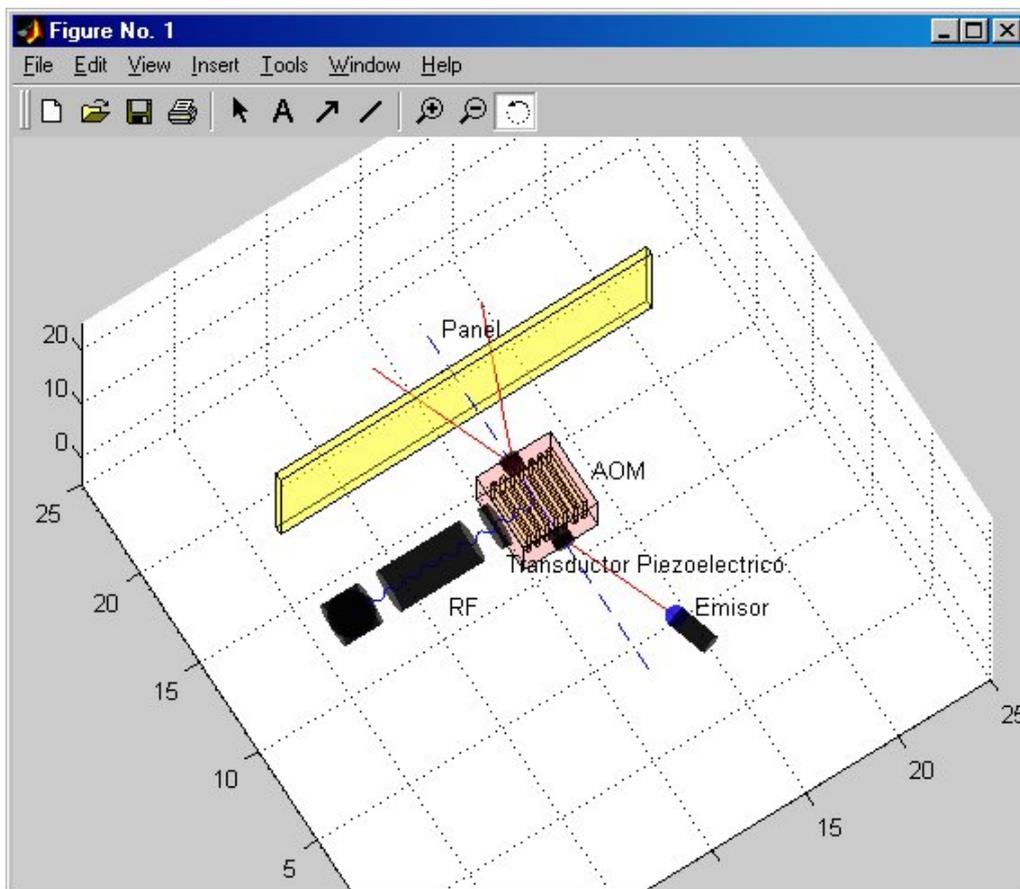


Figura 5.50 Imagen del vídeo 3D descriptivo de la interacción acusto-óptica

El modulo de simulación permite además crear una secuencia de vídeo, que muestra gráficamente el fenómeno de interacción acusto-óptica, desde una perspectiva 2D o 3D, como indica la **Figura 5.50**. El vídeo generado se guarda en un fichero tipo **AVI**, para poder visualizarlo posteriormente si se desea, una vez que se abandone la aplicación.

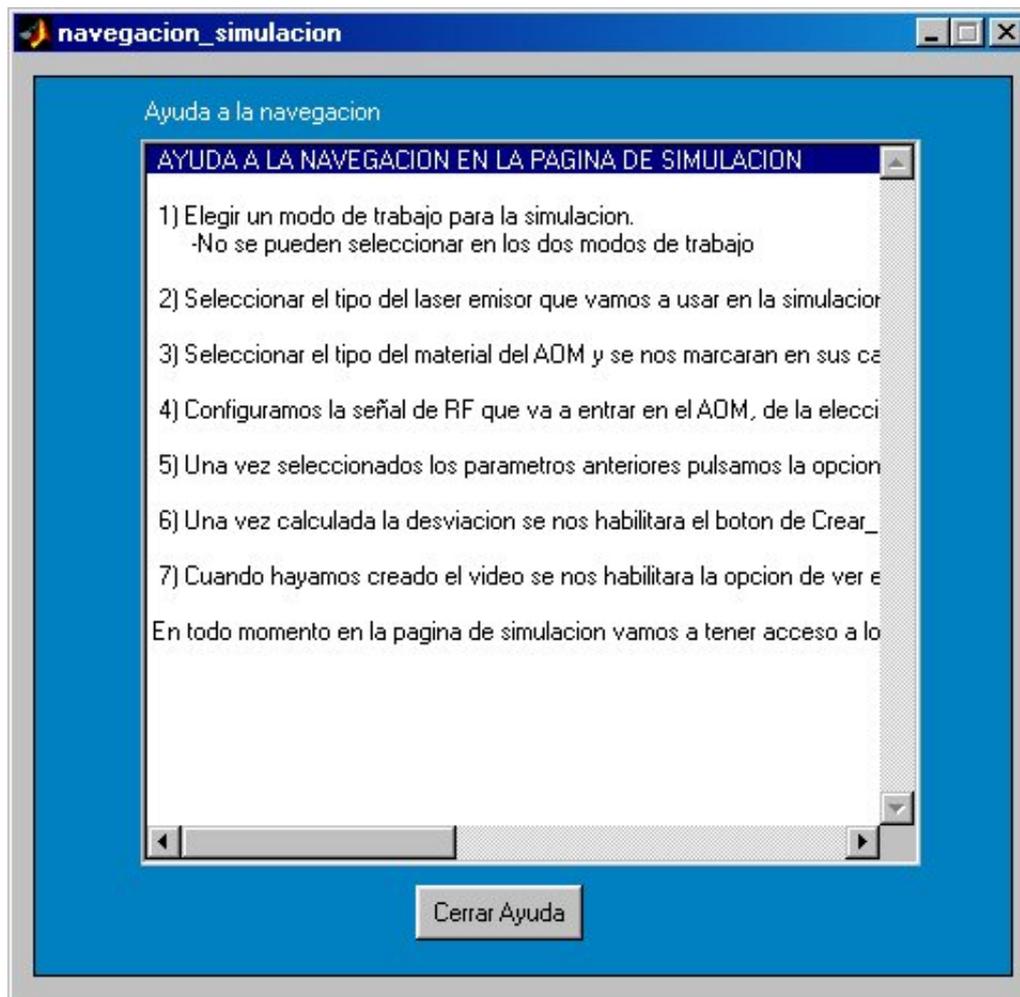


Figura 5.51 Pantalla de ayuda a la navegación en el [Módulo de simulación](#) de la interacción acusto-óptica

Como ocurre con los demás módulos de la aplicación, si se pulsa sobre la casilla *Ayuda a la navegación*, se despliega una nueva ventana, que muestra ayuda sobre la funcionalidad del módulo en cuestión, como indica la [Figura 5.51](#).

5.4.3.3. Módulo de experimentación en laboratorio

Este módulo utiliza el puerto RS232 del ordenador, para activar el circuito de generación de la onda RF descrito más adelante, así como el encendido del diodo láser que incide sobre el AOM. La [Figura 5.52](#) muestra la interfaz de este [Módulo de experimentación en laboratorio](#). Desde aquí, se configura el puerto serie adecuado (COM), a través del cual se controlará el sistema experimental.

Los parámetros *Nº de bits enviados* y *Velocidad Comunicación* tienen una importancia menor; respecto al número de bits, únicamente es relevante el valor



Figura 5.52 Control de activación mediante RS232 del [Módulo de experimentación en laboratorio](#) de la interacción acusto-óptica

del último bit enviado; en cuanto a la velocidad de transmisión, cualquier valor de este parámetro será suficiente para activar la electrónica en un tiempo razonable. No obstante, se ha dejado abierta la posibilidad de configuración de estos parámetros, para futuros desarrollos y/o ampliaciones del sistema que pudiesen requerir el acceso a estas variables.

Para verificar el fenómeno experimentalmente, se ha utilizado el [AOM](#) de la empresa [Gooch & Housego](#), mostrado en la [Figura 5.53](#). Este dispositivo actuaba como *Q-switch* en un láser Nd:YAG industrial, hoy en desuso. La [Tabla 5.1](#) muestra las principales especificaciones técnicas de este [AOM](#).

En nuestro caso, este modulador se va a utilizar para mostrar el efecto acusto-óptico en el rango visible del espectro. Como fuente de luz, se emplea el diodo láser rojo de la [Figura 5.54](#), utilizado habitualmente como puntero señalador.



Figura 5.53 AOM utilizado para la comprobación experimental de la interacción acusto-óptica

Parámetro	Valor
Material	Cristal de silicio
Longitud de onda	1047 – 1064 nm
Frecuencia RF de trabajo	24 MHz
Impedancia de entrada	50 Ω
Abertura activa	4 mm

Tabla 5.1 Especificaciones técnicas más relevantes del AOM utilizado

De la Ecuación 5.14, vemos que el ángulo de desviación es directamente proporcional a la longitud de onda del haz incidente; por tanto, es de esperar que la desviación que sufre una fuente de luz visible al interactuar con un AOM, sea inferior a la que experimenta una fuente de radiación infrarroja, como es el caso del láser Nd:YAG ($\lambda = 1064$ nm); en todo caso, la desviación del haz luminoso existirá, siempre que apliquemos la onda RF adecuada.

Como puede verse en la Figura 5.53, este AOM utilizaba un circuito de refrigeración por agua, para disipar el calor producido en el interior de la cavidad del láser



Figura 5.54 Láser de diodo utilizado para la comprobación experimental de la interacción acusto-óptica

de Nd:YAG donde originalmente se encontraba. En esta aplicación, el modulador trabaja al aire libre, y se aplica una potencia RF del orden de 1 W [Gamo, 2000, p. 46], para garantizar el funcionamiento como deflector de haz, sin tener que refrigerar el modulador.

De la [Tabla 5.1](#), se deduce que es necesario producir una onda RF de 24 MHz y en torno a 1 W de potencia RF. Para generar la señal de 24 MHz, se emplea el circuito integrado IQX0-350C-24MHZ. La señal que proporciona el integrado IQX0-350C-24MHZ presenta una tensión $V = 1,8$ V y una corriente $I = 26,2$ mA; por tanto, la potencia RF de este circuito es:

$$P = V \cdot I = 1,8 \text{ V} \cdot 26,2 \text{ mA} = 47,16 \text{ mW} \quad (5.15)$$

Esta potencia es insuficiente para poder apreciar el fenómeno acusto-óptico, con el AOM disponible. Por tanto, es necesario implementar una etapa de amplificación que produzca una ganancia de, al menos:

$$G_{\text{dB}} = 10 \log \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} = 10 \cdot \log \frac{1000}{47,16} = 13,26 \text{ dB} \quad (5.16)$$

sobre la señal de 24 MHz proporcionada por el integrado IQXO-350C. La **Figura 5.55** muestra el diseño de la electrónica de generación y amplificación de la señal **RF** de 24 MHz. El amplificador BGD502, disponible en ese momento en el Departamento de Electrónica de la **UAH** para otros proyectos, proporciona una amplificación de 18,25 dB en el rango (40 - 550) MHz, aunque también amplifica la señal de 24 MHz de forma suficiente, para los propósitos perseguidos en nuestra aplicación.

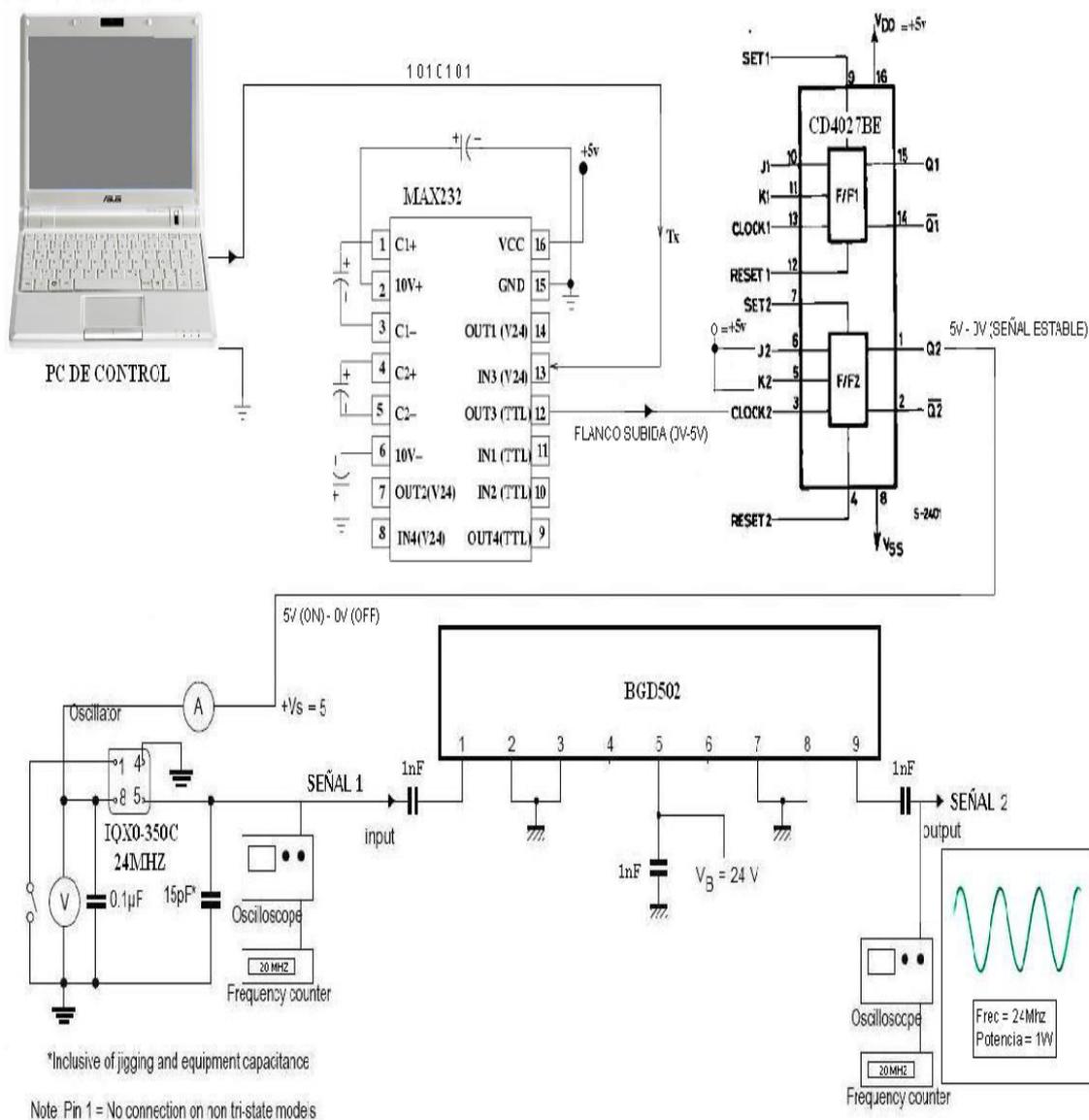


Figura 5.55 Implementación de la adaptación RS232-TTL mediante el circuito MAX232

El control de la generación de la señal **RF** amplificada se realiza mediante el puerto RS232 del PC. Las señales Tx y Rx del puerto RS232 envían tramas de bits con niveles de tensión de +15 V o -15 V. Dado que el circuito generador **RF** trabaja

con niveles **TTL** (0 V - 5 V), es necesario intercalar un circuito que adapte los niveles de tensión **RS232** y **TTL**, como muestra la **Figura 5.55**. Esta adaptación de niveles **RS232-TTL** se realiza mediante el integrado **MAX232**. A la salida del **MAX232**, se conecta un biestable (**CD4027BM**), que transforma el último bit de la trama de datos **TTL** entregada por el **MAX232**, en un nivel de tensión fijo (0 V o 5 V), que será el que, finalmente, habilite (5 V \equiv “1” lógico) o deshabilite (0 V \equiv “0” lógico) la generación de la onda **RF** que excita el modulador acusto-óptico, así como el encendido/apagado del diodo láser emisor.

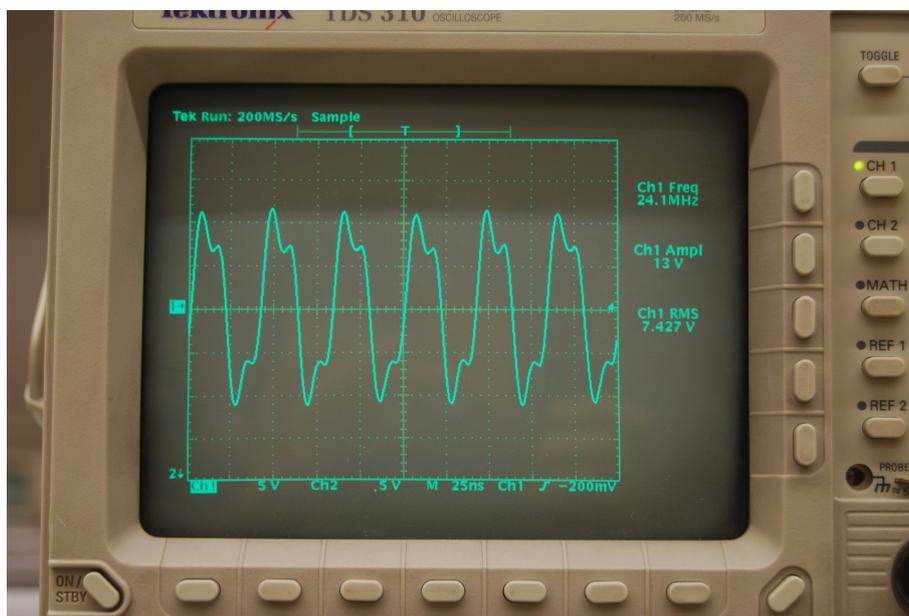


Figura 5.56 Señal **RF** amplificada, una vez inyectada sobre el **AOM**

La **Figura 5.56** muestra la señal de salida del circuito de generación de onda **RF** descrito en la **Figura 5.55**. Si bien la señal aplicada sobre el **AOM** no es perfectamente sinusoidal (debido a que el amplificador **BGD502** no está optimizado para operar en 24 MHz), esta señal **RF** es válida para crear la modulación necesaria en el índice de refracción del material, que permite apreciar el fenómeno acusto-óptico.

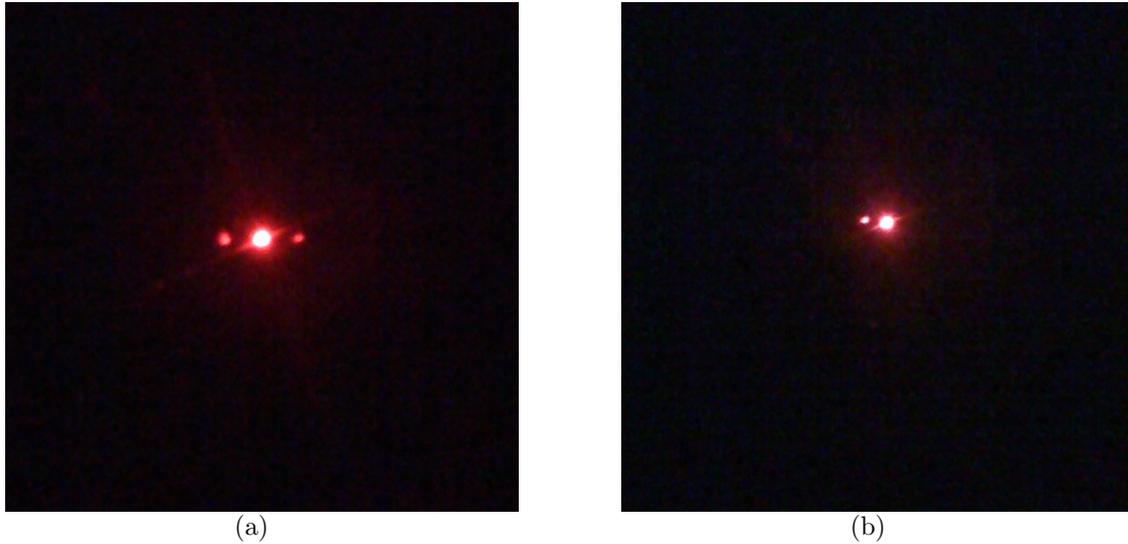


Figura 5.57 Haz de salida tras el modulador acusto-óptico, bajo (a) régimen Raman-Nath (b) régimen Bragg

El haz luminoso proveniente del diodo láser, es difractado por el modulador acusto-óptico, cuando se aplica sobre éste la señal RF descrita anteriormente. El primer orden de difracción se produce a un ángulo que viene determinado por la Ecuación 5.14, siendo la intensidad del haz difractado proporcional a la frecuencia de la onda RF, y dependiente de la geometría de interacción (régimen de Bragg o Raman-Nath).

Para verificar la presencia del haz difractado por el modulador acusto-óptico, basta como utilizar una pantalla colocada a cierta distancia. A partir de la Ecuación 5.14, se deduce que el ángulo de deflexión, en el caso particular de este AOM, es:

$$\theta_d = 0,00091943 \text{ rad} = 0,058532 \text{ grados} \quad (5.17)$$

Dado que el ángulo de deflexión es suficientemente pequeño, se puede utilizar la aproximación:

$$\sin(\theta_d) \simeq \theta_d = \frac{\Delta x}{L} \quad (5.18)$$

Por ejemplo, si se quiere una separación $\Delta x = 1 \text{ cm}$ entre el haz difractado y el haz sin difractar, hay que alejarse una distancia $L \simeq 10 \text{ m}$ del AOM.

Tal y como predice la teoría, la Eficiencia de Difracción (*Diffraction Efficiency*) (DE) del haz difractado depende de la geometría de interacción entre el haz luminoso y el material acusto-óptico. La Figura 5.57 muestra la salida del haz luminoso que atraviesa el dispositivo acusto-óptico, sobre el que se aplica la señal RF de la Figura 5.56. En el caso de incidencia normal, aparecen dos órdenes de difracción, uno a cada lado del *spot* central correspondiente al haz sin difractar. En ese momento, se está bajo régimen de Raman-Nath (Figura 5.57(a)). Rotando el dispositivo acusto-óptico hasta alcanzar el ángulo de Bragg, se comprueba experimentalmente que el haz difractado alcanza su mayor intensidad. En estas condiciones, se está bajo el régimen de interacción de Bragg (Figura 5.57(b)).

Se ha medido la DE de cada régimen, definida como:

$$DE = \frac{I_d}{I_i} \quad (5.19)$$

donde I_i es la intensidad óptica del haz luminoso incidente, e I_d es la intensidad óptica del haz difractado en el orden $m = +1$ de difracción. La Tabla 5.2 recoge los resultados experimentales obtenidos, en cada caso, sobre el sistema experimental de la Figura 5.46, una vez optimizado el régimen de interacción correspondiente. Las medidas se realizaron con un medidor de potencia óptica Newport 1830-C, usando un cabezal 818-SL [NEWPORT Corporation, 1994]. Como puede observarse, la DE no es muy alta, debido a que el dispositivo no está optimizado para funcionar a la longitud de onda del puntero láser utilizado. Sin embargo, se comprueba que la eficiencia del régimen de Bragg es superior a la del régimen Raman-Nath, tal y como predice la teoría.

Régimen	$I_i(\mu\text{W})$	$I_d(\text{nW})$	DE (%)
Raman-Nath	4,55	68	1,5
Bragg	4,55	98	2,2

Tabla 5.2 Eficiencia de Difracción (*Diffraction Efficiency*) (DE) medida experimentalmente sobre el sistema acusto-óptico implementado

5.4.4. Modelo radiométrico de un enlace emisor-detector

La siguiente herramienta didáctica desarrollada, trata sobre el estudio de un enlace emisor-receptor, atendiendo al análisis de parámetros radiométricos y fotométricos [Cabrera, 2007]. Los conceptos de Radiometría y Fotometría están relacionados con la medición de la energía que emiten los cuerpos (llamados *radiadores*) [Casas, 1985, Cap. 33]. La Figura 5.58 muestra la geometría general de paso de energía radiante entre una superficie emisora A_1 y otra receptora A_2 . Las magnitudes radiométricas esenciales se describen en la Tabla 5.3.

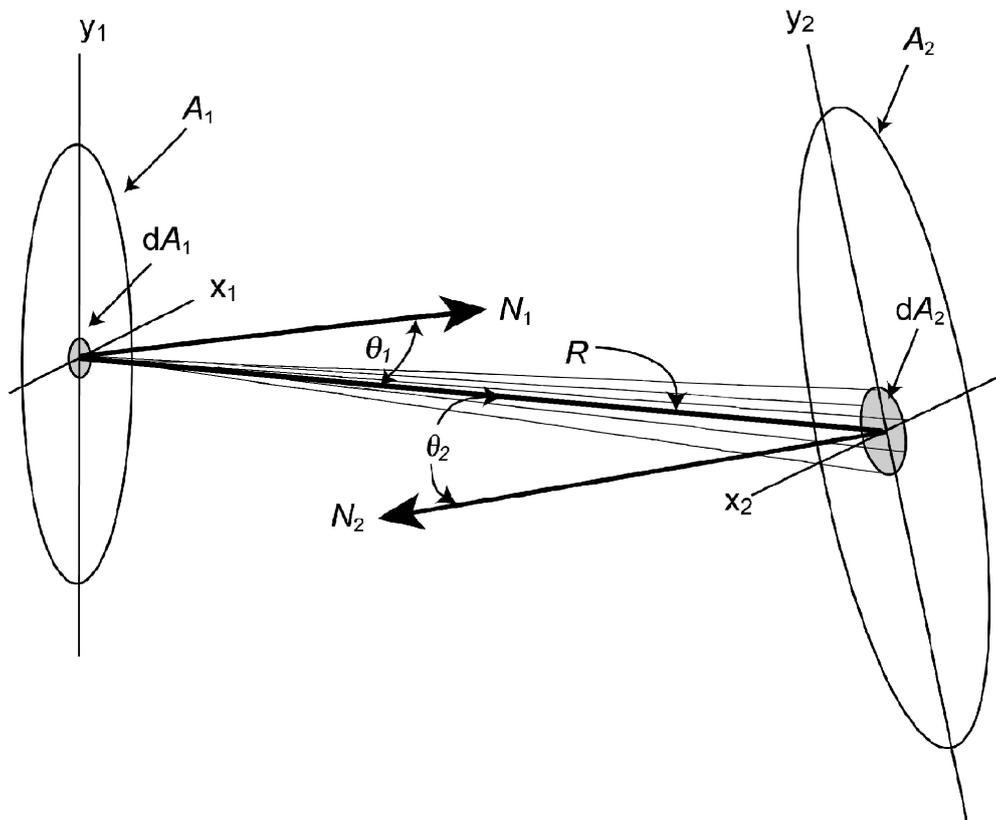


Figura 5.58 Esquema general del paso de una radiación óptica desde una superficie emisora A_1 a otra receptora A_2

5.4.4.1. Módulo teórico

La Figura 5.59 muestra la interfaz gráfica del Módulo teórico de la aplicación de radiometría y fotometría. En este módulo, se incluye un breve resumen explicativo de los conceptos de radiometría y fotometría, magnitudes radiométricas y fotométricas, concepto de ángulo sólido y superficie proyectada, etc.

Magnitud	Símbolo	Definición	Unidades
Energía radiante	Q	Energía total emitida por un radiador en todas direcciones	J
Flujo radiante	Φ	Energía emitida por un radiador en la unidad de tiempo	W = J/s
Intensidad radiante	I	Flujo radiante por unidad de ángulo de sólido en una dirección concreta	W/sr
Exitancia radiante	M	Flujo radiante emitido en todas direcciones por unidad de área	W/m ²
Irradiancia	E	Flujo radiante que incide sobre una superficie por unidad de área	W/m ²
Radiancia	L	Flujo radiante que abandona una unidad de área en una dirección particular siguiendo un ángulo sólido particular	W/(sr m ²)

Tabla 5.3 Nombres y símbolos de las magnitudes radiométricas

Además, con este módulo se proporciona una base teórica mínima, para poder entender el resto la aplicación. Dado que el [Módulo teórico](#) lo componen cinco pantallas, en la parte inferior de cada una de ellas se incluyen botones de flecha \Rightarrow \Leftarrow para navegar a lo largo de dichas pantallas. Una barra de estado, situada en la parte inferior derecha de las ventanas, indica el número de páginas que faltan para finalizar la lectura del documento.

Los botones de navegación, situados en la parte superior de la interfaz ([Figura 5.60](#)), permiten acceder a la explicación teórica, al manual de usuario, y al [Módulo de simulación](#), entre otras funcionalidades.

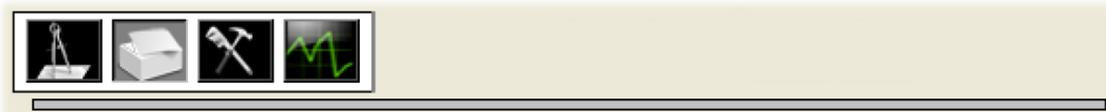


Figura 5.60 Botones de navegación de la aplicación sobre radiometría y fotometría

La [Figura 5.61](#) muestra el manual de usuario de la aplicación de radiometría y fotometría. El manual de usuario describe en detalle los distintos parámetros de la interfaz de simulación, con explicación de su significado y los posibles valores que puede tomar cada parámetro.

Fundamentos teoricos
_ □ ×











RADIOMETRIA Y FOTOMETRIA

[1] CONCEPTOS FUNDAMENTALES

La ciencia de la medicion de energia en todas las longitudes de onda de la radiacion se la denomina Radiometria,y en ese caso podemos decir que la potencia optica es invariante sea cual sea la longitud de onda de la radiacion que compone la señal optica. Sin embargo, podemos emplear el ojo humano como detector, con una curva de respuesta como la de la fig1. En este caso, la potencia optica detectada dependera de la respuesta espectral del detector y hablamos de Fotometria. Asi pues, la respuesta espectral del ojo humano es la que establece la diferencia entre Radiometria y Fotometria, cada una de ellas con su sistema de magnitudes.

El ojo humano es sensible a las radiaciones electromagneticas cuya longitud de onda esta comprendida entre 380 nm y 780 nm, aproximadamente. Este pequeño espectro se conoce como espectro visible o luz. El espectro visible contiene numerosos colores que son distinguidos por la longitud de onda.

El objetivo fundamental sera la determinacion de la cantidad de potencia optica emitida por una fuente que es recibida por la superficie del detector. Esta relacion de transferencia de energia, dependera de las caracteristicas de los elementos activos, pasivos, asi como de la configuracion geometrica del sistema.

Para caracterizar el flujo optico, debemos emplear una serie de magnitudes geometricas que nos proporcionan herramientas utiles para evaluar la transferencia de energia a través del medio.

Simultaneamente, para cuantificar la energia transportada por la señal optica, asi como su efecto en la etapa de recepcion, debemos emplear simultaneamente una serie de magnitudes radiometricas.

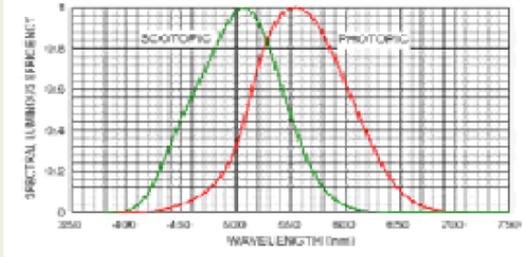


fig1. Curva de respuesta del ojo.

[2] ENTIDADES RADIOMETRICAS FUNDAMENTALES

La determinacion cuantitativa de la transferencia de energia a través de un sistema optico requiere de un conjunto particular de magnitudes, unido a la idea geometrica de angulo solido. A continuacion, realizaremos las definiciones de las magnitudes radiometricas, y para ello nos apoyaremos en unos graficos en la que podemos encontrar un esquema de las mismas, junto con el concepto asociados a las mismas.

➔

Figura 5.59 Módulo teórico de la aplicación sobre radiometría y fotometría

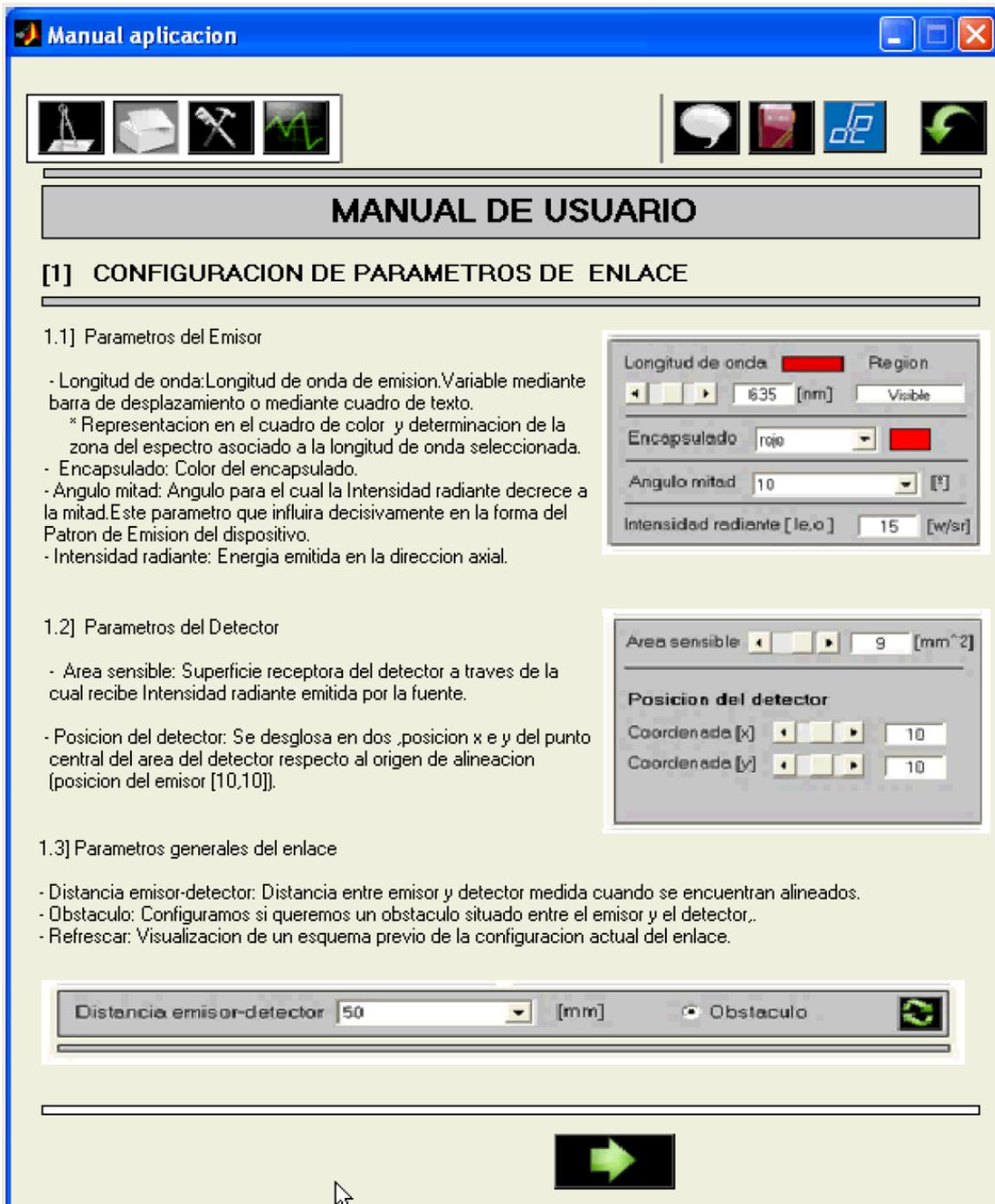


Figura 5.61 Manual de usuario de la aplicación de radiometría y fotometría

5.4.4.2. Módulo de simulación

La [Figura 5.62](#) muestra la interfaz principal del [Módulo de simulación](#) de la aplicación de radiometría y fotometría. Se puede elegir entre una serie de emisores y detectores comerciales predefinidos, o bien introducir los parámetros manualmente. Para facilitar la tarea de introducción de datos, se ha implementado un **buscador de hojas características** de componentes electrónicos. Mediante la introducción del nombre del componente, se puede acceder a una página web con información acerca de una gran variedad de emisores y detectores comerciales. De esta forma, se pueden configurar los parámetros técnicos necesarios, con mayor facilidad y rapidez.

Una vez elegidos el emisor y detector de interés, este módulo permite analizar los siguientes aspectos de la interacción emisor-detector:

Visualización estática: el [Módulo de simulación](#) permite estudiar la interacción emisor-detector en función de distintos parámetros (longitud de onda del emisor, tipo de encapsulado, área sensible del detector, distancia y posición relativas entre emisor y detector, etc.).

Visualización dinámica: se puede generar también una secuencia de vídeo, que mediante trazado de rayos, muestra la interacción emisor-detector desde diversas perspectivas espaciales, tal y como describe la [Figura 5.63](#). El vídeo queda almacenado (en formato [AVI](#)) para su posterior visualización, si así se desea.

Patrón de radiación: realiza una representación gráfica, mediante coordenadas polares, del patrón de radiación del emisor elegido, en función de sus parámetros físicos (intensidad radiante, ángulo mitad de emisión, etc.)

Patrón de detección: representa gráficamente el patrón de recepción del detector (considerado Lambertiano), mediante coordenadas polares.

Informe de resultados: la principal finalidad de esta opción, es proporcionar una visión global de los parámetros configurados para emisor y detector, y en última instancia, presentar el valor de la *irradiancia* sobre el detector.

Como trabajo futuro, se propone la implementación de una herramienta *hardware*, que permita comparar los resultados de simulación obtenidos mediante esta aplicación, con medidas realizadas físicamente en el laboratorio real.

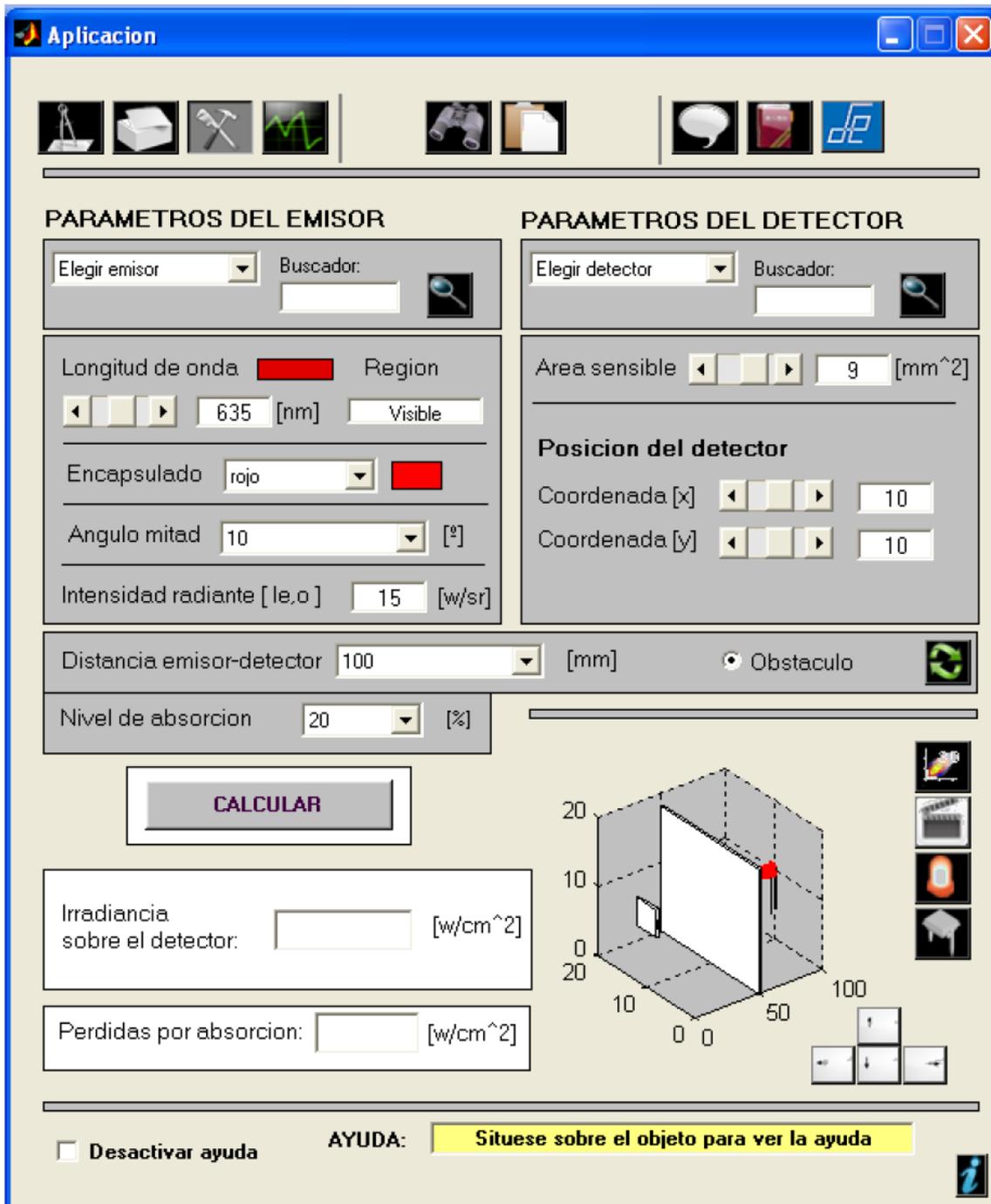


Figura 5.62 Módulo de simulación de la aplicación de radiometría y fotometría

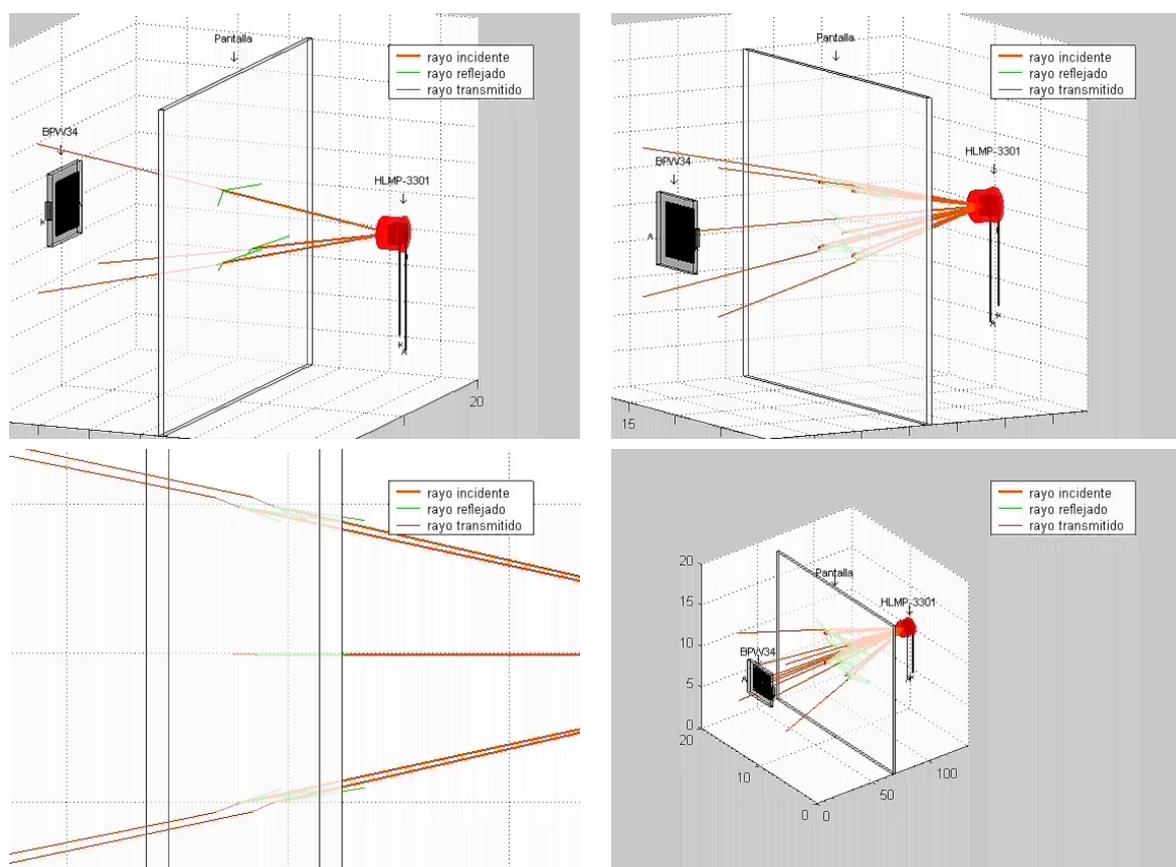


Figura 5.63 Secuencia de vídeo, mostrando la interacción emisor-receptor desde diversas perspectivas espaciales

5.4.5. Estudio del fenómeno Moiré

La siguiente aplicación desarrollada en MATLAB[®] explica el fenómeno Moiré [González, 2010]. El efecto Moiré es un fenómeno que ocurre al superponer estructuras periódicas, tales como pantallas, redes o rejillas [Bann, 1988, cap. 7]. El caso más habitual sucede cuando se superponen dos rejillas de líneas con un cierto ángulo, o cuando tales rejillas tienen tamaños ligeramente diferentes. En tal caso, se produce un patrón de interferencia (llamado *patrón Moiré*), como el descrito en la Figura 5.64.

El término proviene del francés *moiré*, que se refiere a un tipo especial de seda, con una apariencia ondulada debido a los patrones de interferencia formados por la propia estructura del tejido.

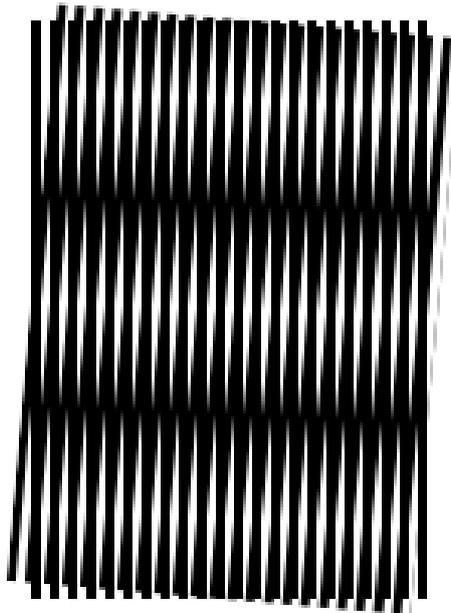


Figura 5.64 Ejemplo de patrón Moiré

Habitualmente, los patrones Moiré producen efectos no deseados, que es conveniente minimizar. Un ejemplo claro sucede en las artes gráficas. La tecnología usual de impresión de imágenes a color supone la superposición de pantallas de medio tono, formadas por patrones rectangulares de puntos, normalmente impresos en Cian, Magenta, Amarillo y Negro (*Cyan, Magenta, Yellow, black*) (CMYK) [Bann, 1988, cap. 2]. La existencia de patrones Moiré es inevitable, pero en circunstancias favorables el patrón está “ajustado”; eso es, la frecuencia espacial del Moiré es tan alta que no es apreciable. En las artes gráficas, el término Moiré se refiere a un

patrón excesivamente visible a simple vista. Parte del arte de preimpresión consiste en seleccionar ángulos de pantalla y frecuencias de semitono que minimizan el Moiré.

No obstante, los patrones Moiré también presentan aplicaciones útiles en la práctica. En la industria de manufacturados, estos patrones son usados para estudiar estiramientos microscópicos en materiales; deformando una rejilla con respecto a otra de referencia, y previa cuantificación del patrón Moiré correspondiente, pueden deducirse los niveles de tensión del material [Anastasi, 1992].

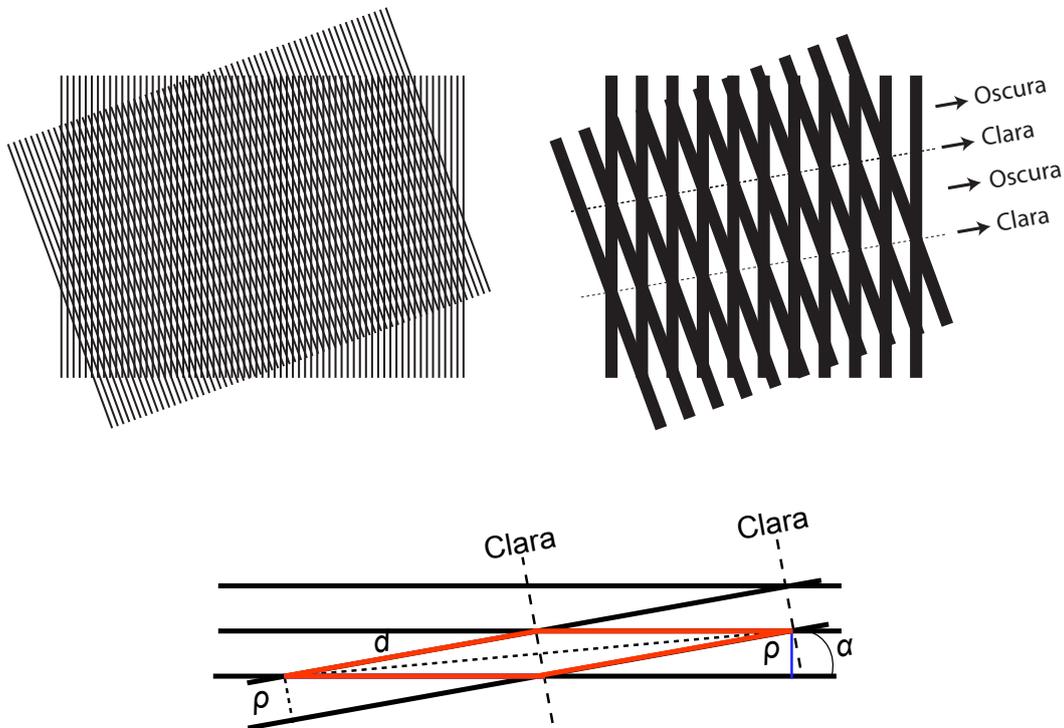


Figura 5.65 Ejemplo de patrón Moiré

Existen diversos modelos matemáticos para explicar la formación de patrones Moiré [Amidror y Hersch, 2010]. Considérese la superposición de dos patrones de líneas de la Figura 5.65. Ambos patrones tienen el mismo paso ρ (distancia entre centros de 2 líneas consecutivas), estando rotados un ángulo α entre sí. A cierta distancia, se observan líneas claras y oscuras. Si se considera una celda de la red, puede verse que la celda es un paralelogramo (rombo) con cuatro lados iguales, de tamaño d :

$$d = \rho / \sin \alpha \quad (5.20)$$

Las líneas claras corresponden a la diagonal pequeña del rombo. Como las diagonales son las bisectrices de los lados vecinos, se puede ver que la línea clara forma un ángulo igual a $\alpha/2$ con la perpendicular de las líneas en cada patrón.

Adicionalmente, el espacio entre dos líneas claras es D , que es igual a la mitad de la diagonal grande $2D$. Aplicando trigonometría, el teorema de Pitágoras indica:

$$(2D)^2 = d^2(1 + \cos \alpha)^2 + \rho^2 \quad (5.21)$$

$$(2D)^2 = \frac{\rho^2}{\sin^2 \alpha}(1 + \cos \alpha)^2 + \rho^2 = \rho^2 \left(\frac{(1 + \cos \alpha)^2}{\sin^2 \alpha} + 1 \right) \quad (5.22)$$

$$(2D)^2 = 2\rho^2 \cdot \frac{1 + \cos \alpha}{\sin^2 \alpha} \quad (5.23)$$

Cuando el ángulo entre los patrones es muy pequeño ($d < \pi/6$), se puede aproximar el ángulo por el arco:

$$\sin \alpha = \alpha \quad (5.24)$$

$$\cos \alpha = 1 \quad (5.25)$$

$$D = \rho/\alpha \quad (5.26)$$

Como puede observarse, cuando α es más pequeño, las líneas claras son más lejanas; cuando ambos patrones son paralelos ($\alpha = 0$), el espaciado entre las líneas claras es “infinito” (no hay línea clara).

5.4.5.1. Módulo teórico

La [Figura 5.66\(a\)](#) muestra la pantalla principal de la aplicación desarrollada para estudiar el fenómeno Moiré. Desde esta ventana principal, se accede a los distintos módulos que conforman la aplicación, a saber:

INTRODUCCIÓN [Módulo teórico](#) que explica el fundamento del fenómeno Moiré.

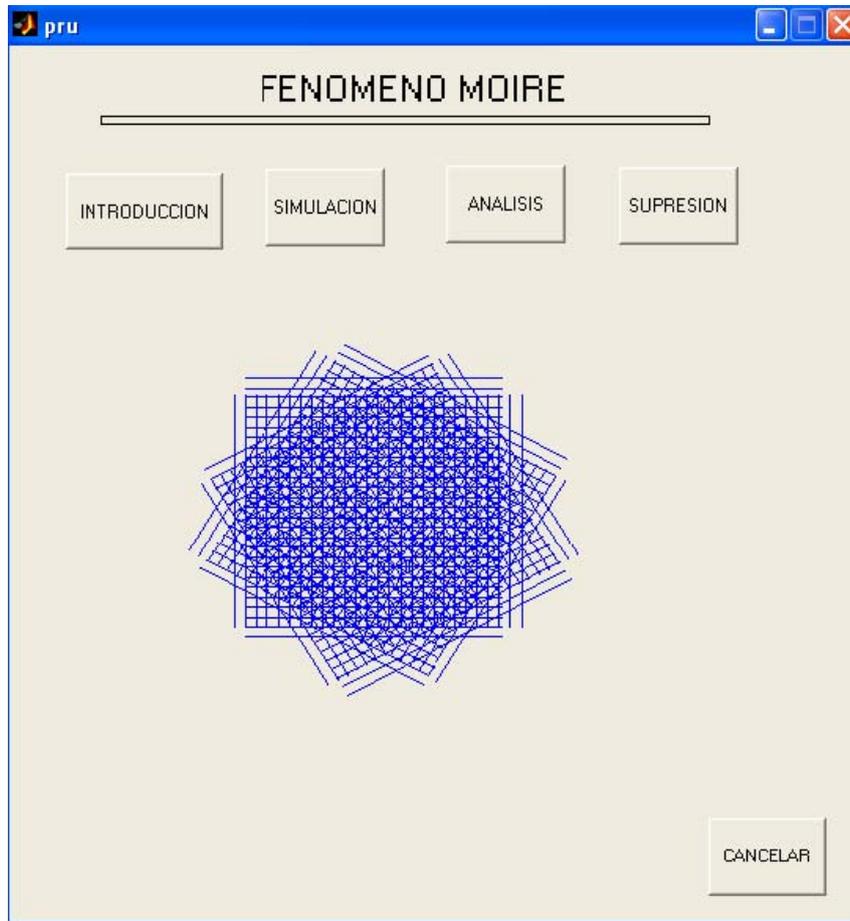
SIMULACIÓN Permite realizar simulaciones de superposición de distintos patrones de líneas y circulares.

ANÁLISIS Mediante esta opción, el usuario puede realizar un análisis matemático del patrón Moiré, obtenido mediante superposición de dos patrones geométricos.

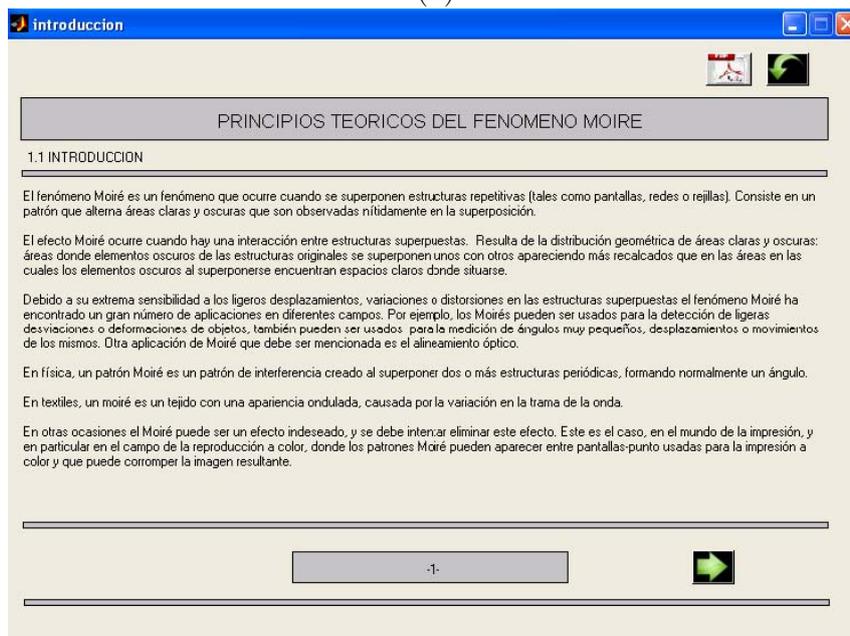
SUPRESIÓN Con este módulo, se puede suprimir el patrón Moiré presente en una imagen digital, utilizando para ello distintos filtros digitales.

La [Figura 5.66\(b\)](#) muestra un ejemplo del [Módulo teórico](#). Mediante un entorno multi-página, se describen las bases en que se fundamenta el fenómeno Moiré, la influencia de los patrones Moiré en áreas como las artes gráficas, una descripción matemática sencilla que explica la formación de patrones Moiré, y algunas de las aplicaciones más relevantes basadas en este efecto.

Además, desde este módulo se enlaza con una página web de referencia, que explica la base científica del fenómeno Moiré, con un gran fundamento matemático, e incluyendo interesantes ilustraciones interactivas [[Amidror, 2013](#)].



(a)



(b)

Figura 5.66 (a) Pantalla principal y (b) Módulo teórico de la aplicación para el estudio del fenómeno Moiré

5.4.5.2. Módulo de simulación

Pulsando el botón **SIMULACIÓN** de la [Figura 5.66](#), se accede al [Módulo de simulación](#) para el estudio del fenómeno Moiré. La [Figura 5.67](#) muestra la ventana principal de este módulo. El primer paso consiste en elegir el tipo de patrones a superponer, pudiéndose escoger entre patrones de línea o circulares.



Figura 5.67 [Módulo de simulación](#) de la aplicación para el estudio del fenómeno Moiré

Se pueden superponer hasta 4 patrones geométricos a la vez, con distintas características individuales. Los parámetros concretos de cada patrón se definen mediante la ventana mostrada en la [Figura 5.68](#).

Una vez elegidos los patrones a generar, se puede visualizar el resultado final. La [Figura 5.69](#) muestra un ejemplo de patrón Moiré formado por la superposición de 2 patrones de líneas, uno girado respecto al otro. Hay que tener en cuenta que la representación en pantalla del efecto Moiré no siempre es óptima, toda vez que el monitor no deja de ser un elemento discreto formado por píxeles, y se comporta como una “malla” superpuesta a los patrones representados; así, en función de la

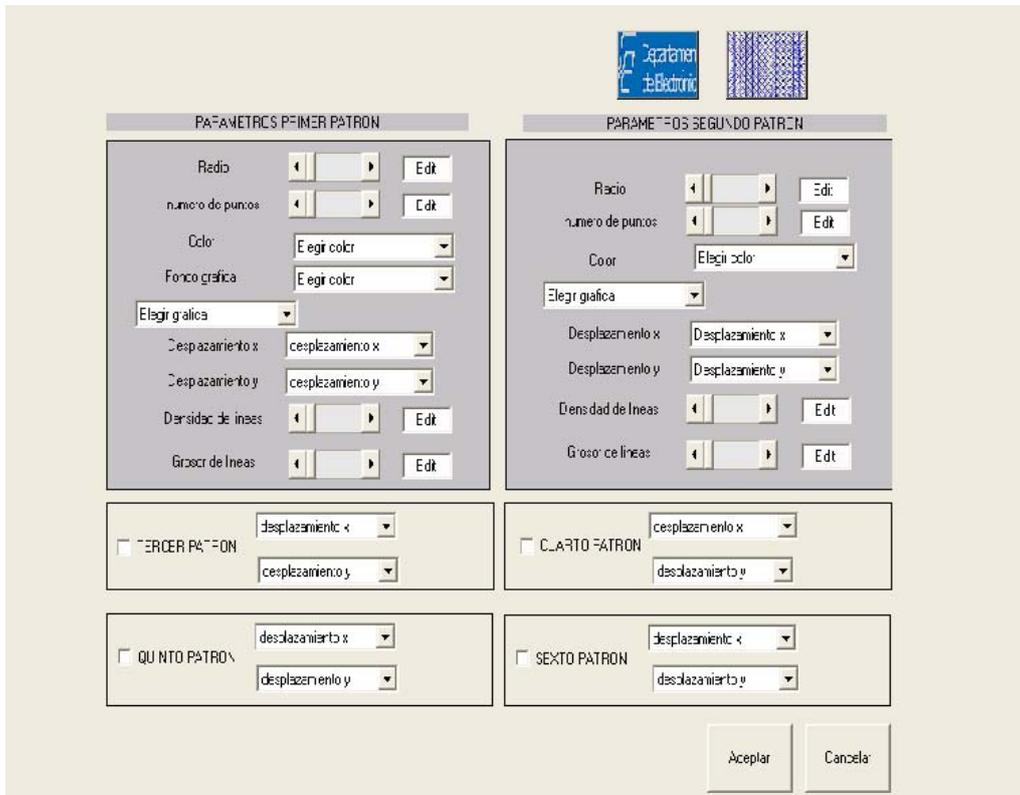


Figura 5.68 Parámetros de configuración de los patrones superpuestos en el fenómeno Moiré

resolución y calidad disponible en la pantalla de ordenador, se puede lograr una mejor visualización del efecto Moiré.

Pulsando el botón **ANÁLISIS** de la [Figura 5.66](#), se accede a la ventana mostrada en la [Figura 5.70](#), desde la que se puede analizar matemáticamente el patrón Moiré generado. Mediante un modelo matemático sencillo, el módulo permite calcular la distancias entre zonas claras en el patrón Moiré final.

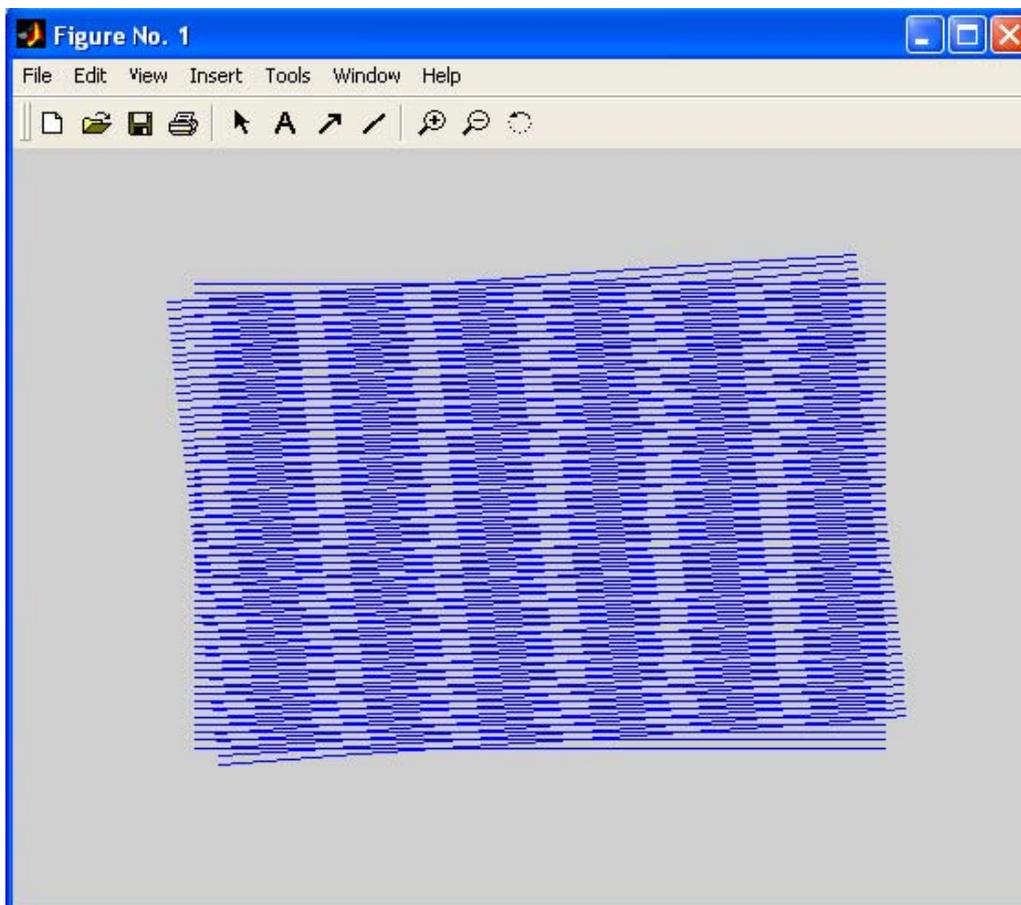


Figura 5.69 Ejemplo de patrón Moiré formado por 2 patrones de líneas girados

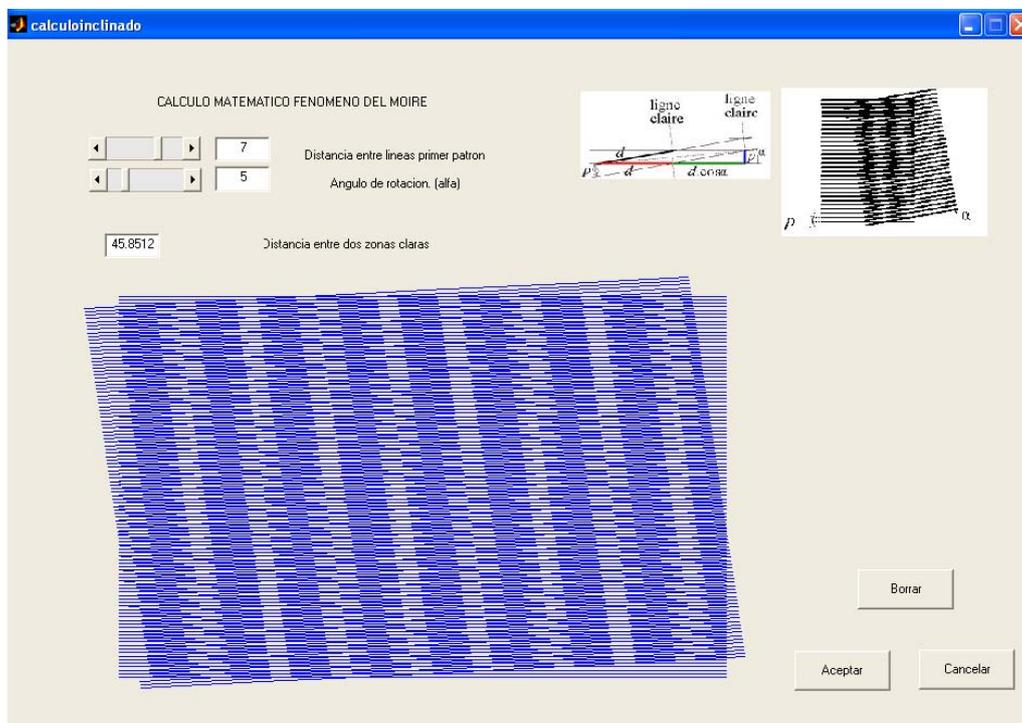


Figura 5.70 Ventana de análisis del Módulo de simulación del fenómeno Moiré

5.4.5.3. Módulo de experimentación

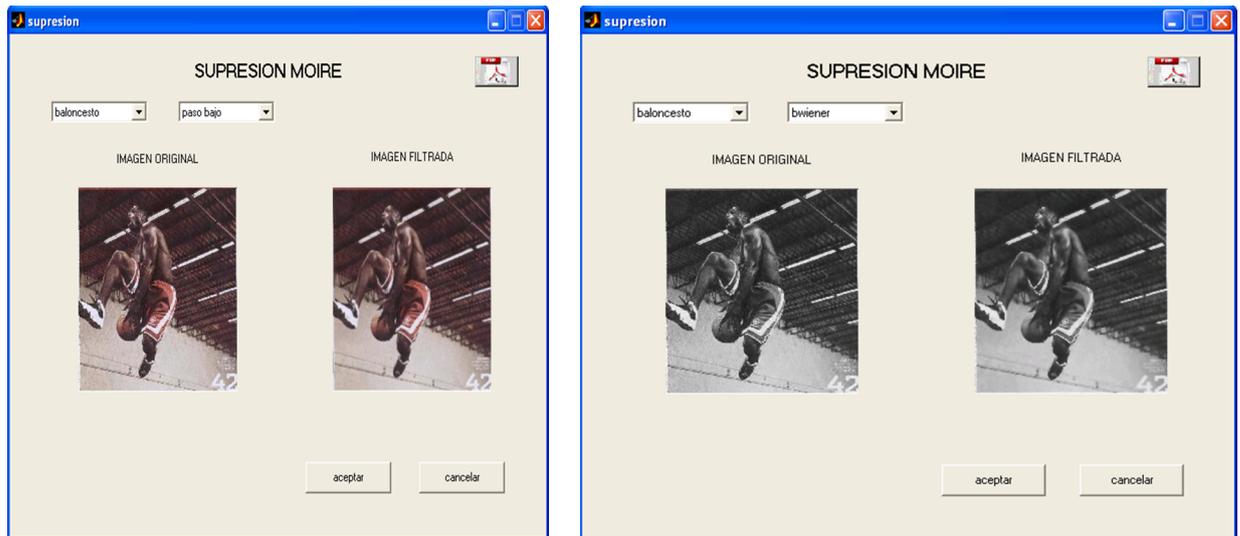
Dado que es complicado establecer un procedimiento experimental en laboratorio para comprobar el efecto Moiré (salvo la mera proyección en pantalla de los patrones generados), se ha pensado en implementar una serie de filtros, que suprimen este efecto, al estilo de lo que se realiza en programas comerciales de tratamiento digital de imagen.

La [Figura 5.71](#) muestra ejemplos de supresión Moiré sobre la misma imagen, utilizando tres tipos de filtros que han sido implementados en la aplicación [[González y Woods, 1996](#)]:

Filtro paso bajo: como su nombre indica, este filtro actúa sobre los canales Rojo, Verde, Azul (*Red, Green, Blue*) (RGB) de la imagen, eliminando las altas frecuencias espaciales, y produciendo el suavizado de la imagen final.

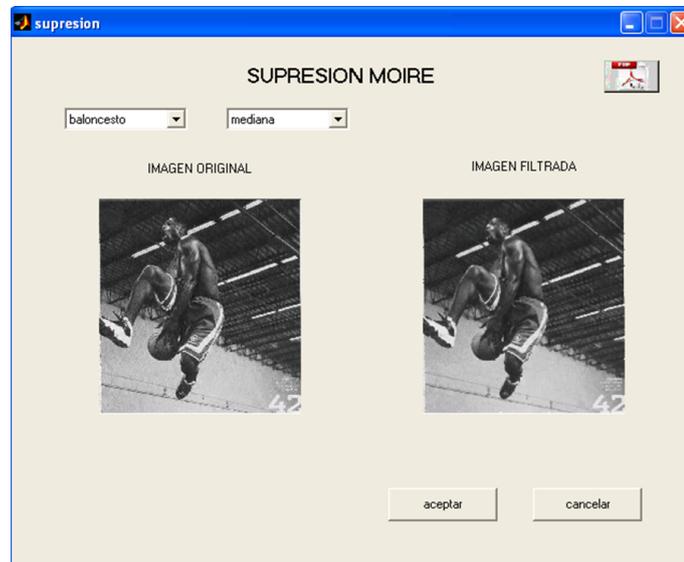
Filtro Wiener: se trata de un filtro paso-bajo adaptativo, que elimina el ruido aditivo de potencia constante presente en la imagen.

Filtro mediana: es muy efectivo para eliminar el ruido originado durante la digitalización de imágenes (salto de píxeles 1 a 0, o viceversa).



(a)

(b)



(c)

Figura 5.71 Supresión de Moiré en imágenes utilizando diversos filtros digitales (a) filtro paso bajo (b) filtro Wiener (c) filtro mediana

5.5. Simulaciones en Java™ y experimentación virtual

Como paso previo a la implementación de la plataforma OPTILAB accesible mediante la web, se diseñó la primera aplicación desarrollada íntegramente en Java™. Como se indicó en la [Sección 5.2.3](#), Java™ es el lenguaje natural de la web, donde se implementará finalmente la plataforma OPTILAB. Por tanto, y con vistas a adquirir la experiencia necesaria en el desarrollo de aplicaciones en Java™, se acometió el diseño e implementación de la aplicación sobre Teoría del Color directamente en lenguaje Java™, para después, realizar la migración paulatina de los desarrollos previamente realizados en MATLAB® al lenguaje Java™, y proceder a su integración en el portal web definitivo.

5.5.1. Teoría del Color

Se ha desarrollado una aplicación educativa para facilitar a los estudiantes el estudio de la teoría y gestión de color [[Sieradzki, 2012](#)].

El color es una *propiedad de la luz*. Sin presencia de la luz, no habría color. Asimismo, el color es una *propiedad de los objetos*, pues el color de los mismos depende de sus propiedades de absorción y reflexión de la luz que les incide. Por último, el color también es una *sensación humana*, captada por el ojo, y representada emocionalmente en el cerebro. Estos tres componentes son esenciales para entender la forma en que percibimos los colores [[Casas, 1985](#), cap. 35].

La [Figura 5.72](#) muestra el espectro electromagnético. La zona visible ocupa una zona muy estrecha de dicho espectro. La mayoría de los colores se obtienen por mezcla aditiva o substractiva de otros colores, como muestra la [Figura 5.73](#) [[Bann, 1988](#), cap. 2].

La *mezcla aditiva* se refiere a la adición de luces: si no hay luz, el color es negro; si se mezclan los colores rojo, verde y azul, se obtiene el color (luz) blanco. Se habla entonces de espacio de color Rojo, Verde, Azul (*Red, Green, Blue*) (RGB), utilizado por la mayoría de los dispositivos de iluminación (*e.g.* LEDs, pantallas de ordenador). Por el contrario, la *mezcla substractiva* se refiere a la adición de pigmentos para producir color. En ausencia de pigmentos, el color es blanco. Mezclando cyan, magenta y amarillo, se obtiene el color negro. El espacio de color en este caso es el Cian, Magenta, Amarillo y Negro (*Cyan, Magenta, Yellow, black*) (CMYK), y es el

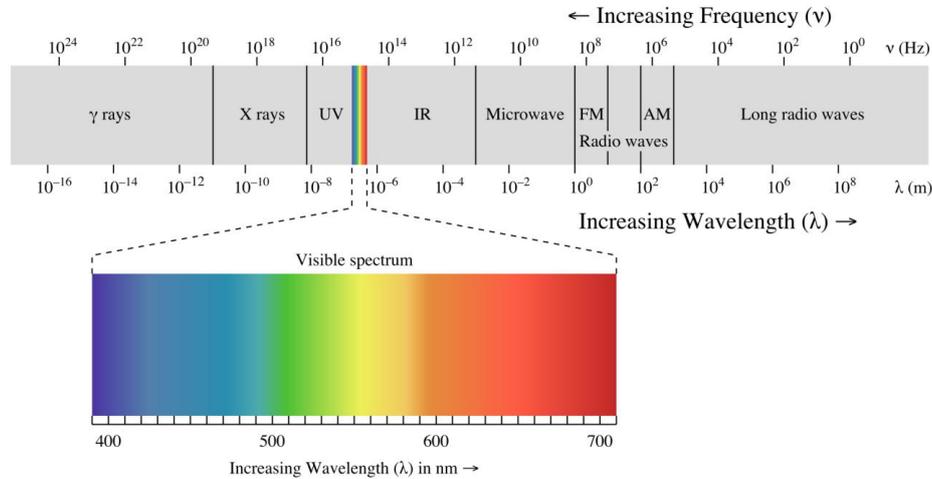


Figura 5.72 Espectro electromagnético, resaltando la zona visible

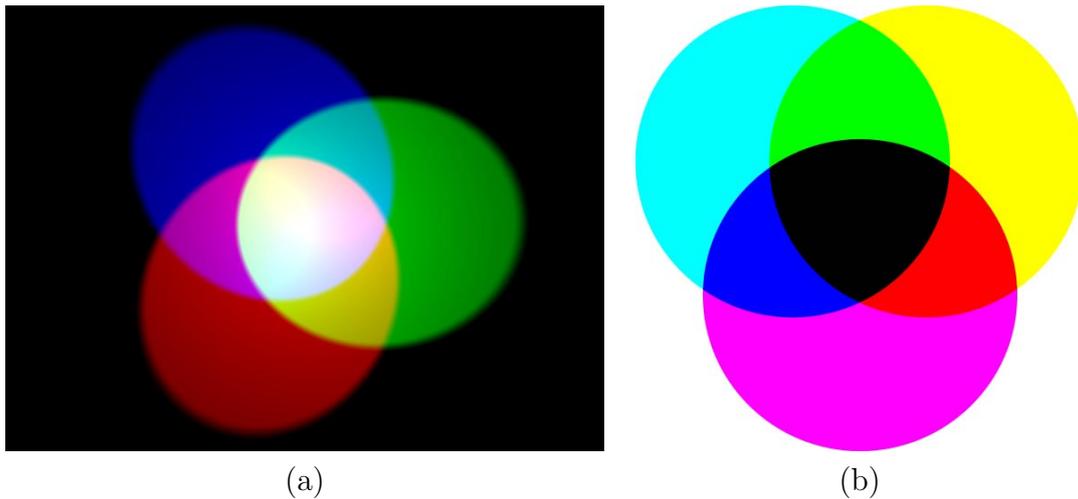


Figura 5.73 Mezcla de colores (a) aditiva (b) sustractiva, a partir de colores primarios

que utilizan la mayoría de dispositivos de impresión (*e.g.* prensas *offset*, impresoras digitales).

A lo largo de la historia, se han generado diversos modelos de representación del color. Las representaciones modernas utilizan diagramas cromáticos, como el modelo de espacio de color xyY mostrado en la [Figura 5.74](#) [Sharma, 2004].

Los puntos de la curva exterior representan colores monocromáticos puros, con longitudes de onda indicadas numéricamente sobre la curva. Los colores que se encuentran en la línea recta que une el rojo y el violeta no son espectralmente puros. La *saturación* del color se representa por la distancia del punto medida desde el borde. Hacia el centro del diagrama, aparecen los colores neutros y blancos. El

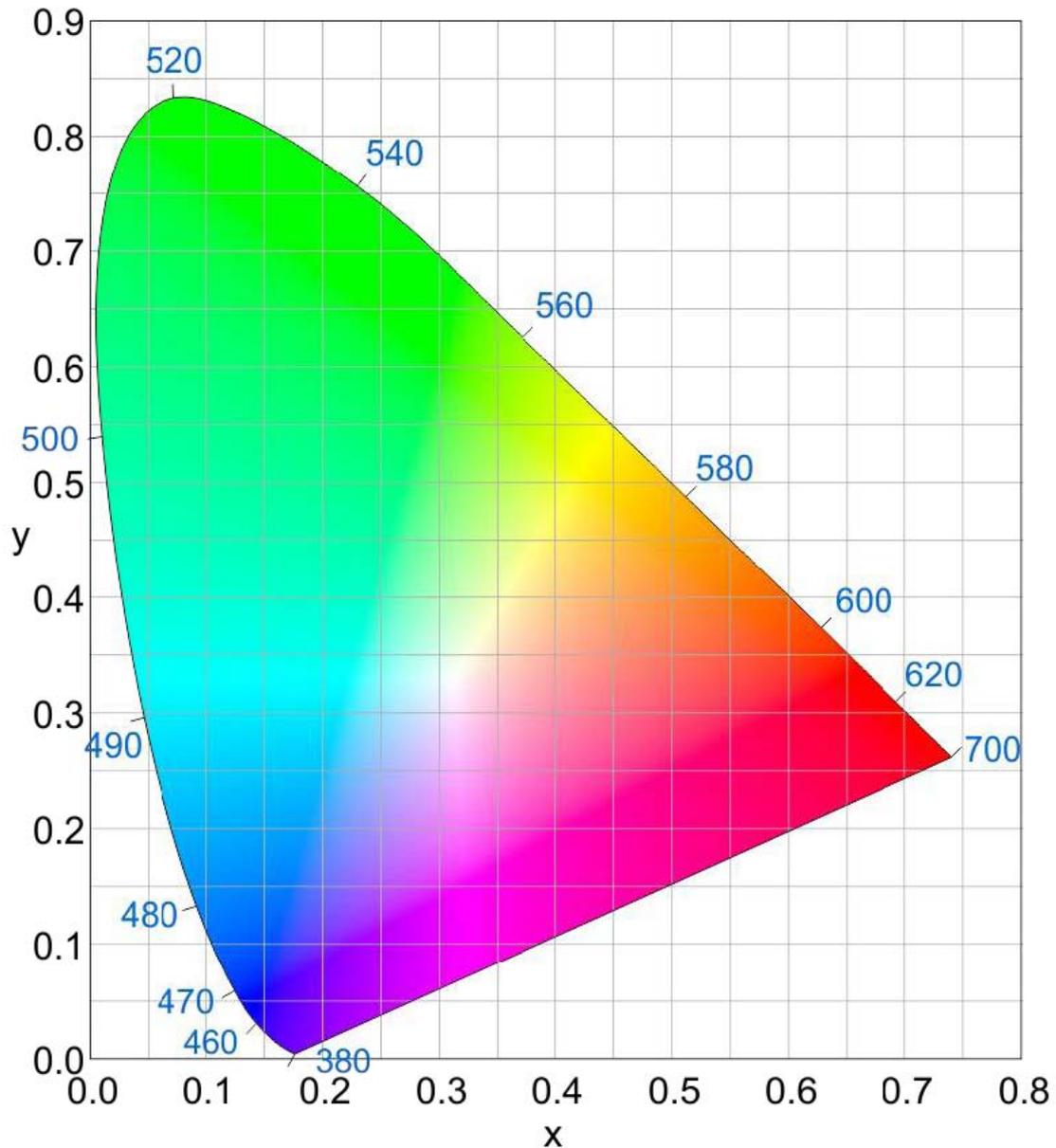


Figura 5.74 Diagrama de cromaticidad, en el espacio de color xyY

diagrama no representa el *brillo*, que queda como un tercer eje perpendicular al plano xy .

Existen otras muchas representaciones del color, como los espacios de coordenadas **RGB**, **CMYK**, y Lab, por mencionar algunos de los más típicos.

Un punto importante es el referido a la *gestión de color*, entendida como el “uso de de *hardware*, *software* y metodología para controlar y ajustar el color entre distintos dispositivos en un sistema de reproducción de imágenes” [Sharma, 2004]. Es

un hecho que todos los dispositivos de color (cámaras digitales, escáneres, monitores e impresoras) reproducen los colores de una manera diferente. Mediante la gestión del color, se trata de configurar un flujo de trabajo común para los dispositivos *hardware* y *software* implicados. De esta forma, se intenta garantizar (dentro de ciertos límites), que los colores de una fotografía en pantalla sean similares a los de la naturaleza representada, y en última instancia, que los colores de una impresión sean similares a los colores de la pantalla o en la naturaleza.

Ninguno de los dispositivos implicados en la adquisición, procesamiento o reproducción del color son perfectos; siempre introducen cierto error en la representación del color. El proceso de gestión del color se utiliza para minimizar ese error, e informar al usuario respecto al tamaño del error cometido.

5.5.1.1. Módulo teórico

Los requerimientos del proyecto exigían la ejecución del *software* generado, mediante un navegador web que sea independiente del sistema operativo utilizado. Por tanto, el lenguaje de programación elegido fue **Java™**.

El entorno de programación utilizado fue NETBEANS 7.2, funcionando bajo el entorno MICROSOFT WINDOWS 7 64-bit, siendo JAVAFX 2 el entorno de trabajo elegido. A pesar de tener algunas limitaciones (*i.e.* no tiene soporte gráfico 3D), se comprobó que JAVAFX 2 es una buena elección, debido a sus excelentes posibilidades gráficas 2D.

La aplicación ha sido probada de forma satisfactoria bajo los sistemas operativos LINUX y MICROSOFT WINDOWS, utilizando los navegadores de internet más populares del mercado. El único requisito de sistema para operar convenientemente la aplicación, es tener instalado JAVA RUNTIME ENVIRONMENT 7, junto con JAVAFX 2.

La [Figura 5.75](#) muestra la ventana principal de la aplicación desarrollada para explicar la teoría del color. Todas las ventanas de la aplicación siguen un esquema similar, a saber:

Vista en árbol: a la izquierda de la pantalla, se incluye un menú desplegable en árbol, que contiene las distintas opciones del programa.

Vista de contenido: en la parte central se muestran los contenidos de cada apartado, los cuales ocupan la mayor parte de la ventana disponible.

Contenido textual: en la parte inferior se encuentran los contenidos auxiliares, normalmente en forma de ayuda de texto.

Respecto a las opciones que presenta el programa, son las siguientes:

Color Theory: corresponde al [Módulo teórico](#) de la aplicación, donde se incluyen secciones explicativas sobre distintos temas relacionados con el color (espectro visible, círculos de color, fuentes de luz, el modelo de ojo humano, metamerismo). A modo de ejemplo, la [Figura 5.76](#) muestra la explicación del modelo de ojo humano, como detector del color.

Color spaces: parte del [Módulo de simulación](#) donde se pueden representar, de forma interactiva, los diversos colores en distintos espacios de color.

Color management: nuevamente, forma parte del [Módulo de simulación](#). En este módulo, se escenifica gráficamente el comportamiento de diversos dispositivos de entrada y salida de color.

Color measurement and callibration: tiene un componente teórico, donde se explican los distintos dispositivos de medida y calibración de color, y un componente de simulación, donde se puede observar cómo una misma imagen es “vista” por distintos dispositivos de entrada y salida, según su perfil de color asociado.

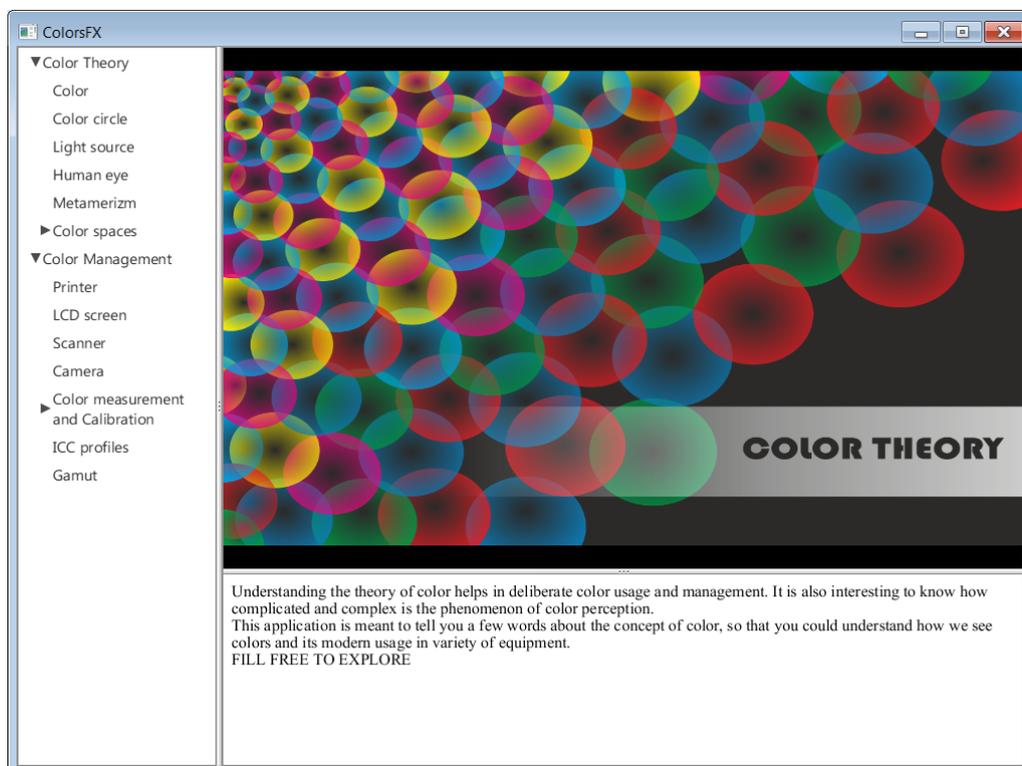


Figura 5.75 Ventana principal de la aplicación sobre teoría del color

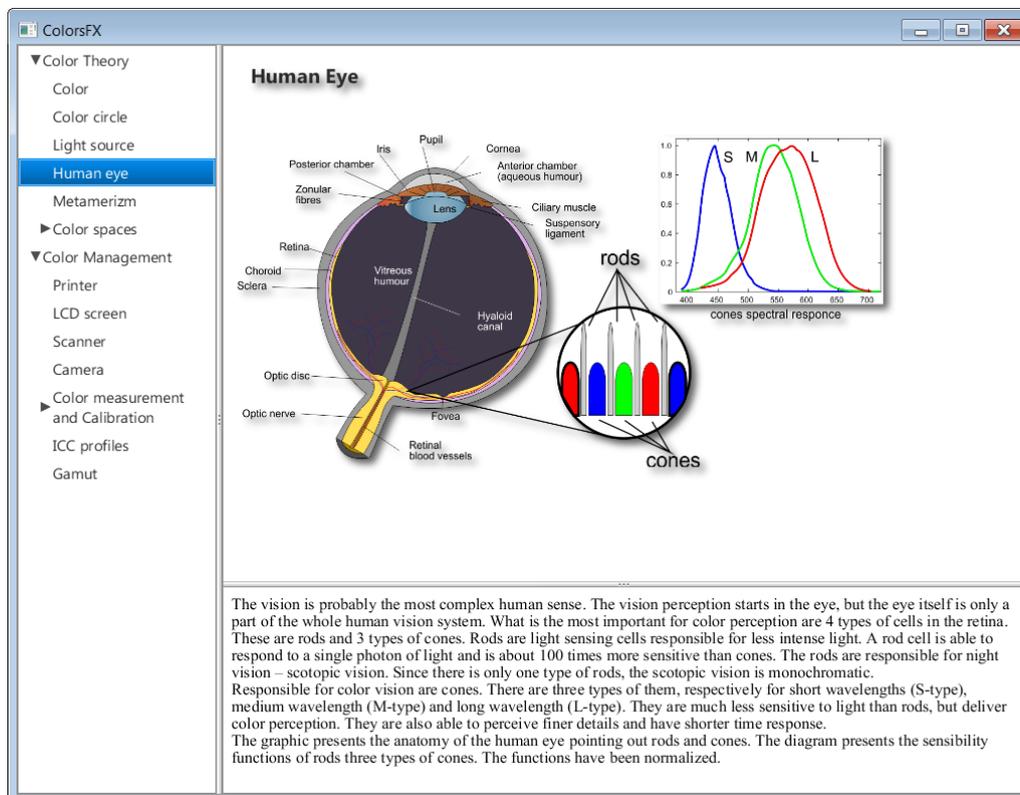


Figura 5.76 Modelo de ojo humano, dentro de la aplicación sobre teoría del color

5.5.1.2. Módulo de simulación

Las utilidades de simulación desarrolladas sobre color, se dividen en dos grandes bloques:

Color spaces: en este apartado, se simulan algunos de los espacios de color más usuales, como **RGB** y **CMYK**, entre otros. La **Figura 5.77** muestra un ejemplo de mezcla aditiva de color, en el espacio **RGB**.

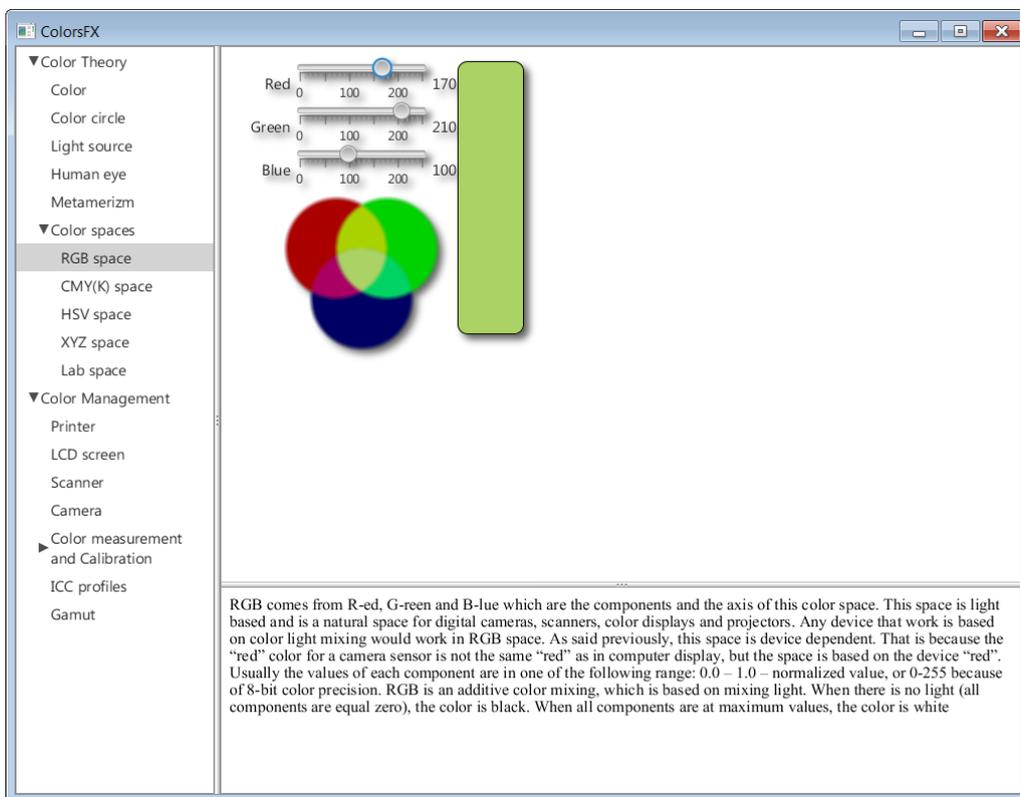


Figura 5.77 Simulación del espacio **RGB** en la aplicación sobre teoría del color

Color management: el módulo de gestión de color explica el funcionamiento de dispositivos de entrada y salida, habituales en la cadena gráfica (cámaras fotográficas, escáneres, impresoras). La **Figura 5.78** muestra la forma en que distintos dispositivos de entrada y salida “ven” la misma imagen en color.

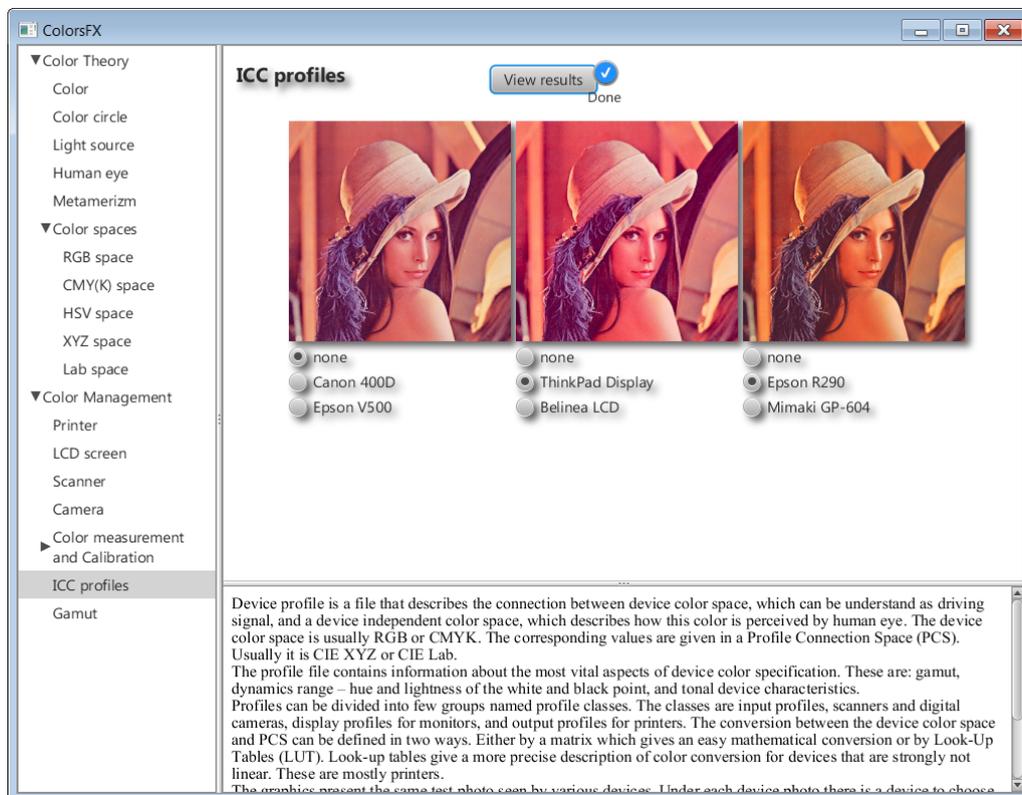


Figura 5.78 Comportamiento de distintos dispositivos en la aplicación sobre teoría del color

5.6. Plataforma OPTILAB basada en la web

El paso final en la construcción de nuestro [VRL](#), consiste en la creación de un portal web, denominado OPTILAB, desde donde cualquier estudiante interesado pueda acceder a los contenidos de experimentación virtual en Óptica y Fotónica, simplemente con disponer de una conexión a internet y un navegador convenientemente actualizado.

La [Sección 5.6.1](#) resume las especificaciones técnicas y funcionales necesarias para construir el portal OPTILAB. En la [Sección 5.6.2](#) se describe el proceso de migración de las aplicaciones construidas en MATLAB[®] al lenguaje Java[™], para poder integrarlas directamente en la web. El diseño de dicha web se detalla en la [Sección 5.6.3](#). Por último, los contenidos del portal web OPTILAB vienen descritos en la [Sección 5.6.4](#).

5.6.1. Especificaciones técnicas y funcionales

Como se comentó en la [Sección 2.2.1](#), la construcción del portal web OPTILAB se fundamenta en los siguientes requisitos generales, que resumimos nuevamente:

Sistema abierto y multiplataforma: OPTILAB pretende ser un sistema de experimentación **abierto**, al que puedan acceder estudiantes de cualquier lugar geográfico, únicamente disponiendo de una conexión a internet y un navegador convenientemente actualizado. El concepto de sistema abierto afecta, obviamente, a la dimensión tecnológica; así OPTILAB deberá ser compatible con los sistemas operativos y navegadores más populares del mercado.

Sistema colaborativo: como se comentó en la [Sección 2.2.1](#), el sistema de aprendizaje colaborativo es una de las máximas que ha inspirado el proceso de construcción de la plataforma OPTILAB. Por tanto, la plataforma incluirá herramientas colaborativas de enseñanza-aprendizaje. No obstante, y en reconocimiento del trabajo individual que debe existir en el proceso de aprendizaje de cualquier materia, el núcleo central de la plataforma OPTILAB está formado por herramientas de aprendizaje autónomo.

Atendiendo a este conjunto de requisitos generales, y en función de los resultados de las encuestas realizadas a los dos colectivos que han sido identificados como destinatarios de este trabajo (profesores y estudiantes de enseñanzas universi-

tarias de carácter científico-técnico), se han definido los siguientes *contenidos* para el portal OPTILAB, descritos en detalle en la [Sección 5.6.4](#):

Simulaciones: evidentemente, los contenidos más importante del portal OPTILAB lo constituyen las simulaciones que permiten la experimentación virtual en Óptica y Fotónica. La [Sección 5.6.2](#) explica el proceso realizado, para producir la migración a **Java™** (lenguaje “natural” de la web), de las aplicaciones de simulación realizadas en MATLAB®[®], que fueron descritas en la [Sección 5.4](#).

Teoría: tal y como sucedía en los desarrollos realizados mediante MATLAB®[®], para poder entender los fenómenos simulados, es esencial proporcionar una mínima base teórica. OPTILAB contendrá, por tanto, una sección dedicada a la explicación de los fundamentos físicos en los que se basan los fenómenos ópticos simulados, así como los manuales descriptivos de las aplicaciones de simulación correspondientes. Asimismo, habrá una sección de enlaces externos, que proporcionen información adicional, para la ampliación de contenidos, si así se desea.

Autoevaluación: una de las funcionalidades más demandadas por estudiantes y profesores, es la inclusión de ejercicios de autoevaluación, para poder comprobar el grado de asimilación de contenidos. Para atender esta necesidad, el portal OPTILAB contendrá un [Autoevaluación](#) de los contenidos desarrollados en cada aplicación de experimentación virtual.

Herramientas colaborativas: los apartados anteriores están enfocados fundamentalmente al aprendizaje autónomo. Para atender el modelo de aprendizaje colaborativo que ha sido demandado por profesores y estudiantes participantes en los cuestionarios de requisitos respectivos, OPTILAB incluirá también una serie de herramientas, como un blog abierto a la participación de los usuarios registrados en OPTILAB, una sección de [FAQ](#), y un servicio de correo electrónico, para que los usuarios de la plataforma puedan comunicarse entre sí.

5.6.2. Migración a **Java™** de aplicaciones en Matlab®[®]

Como se ha comentado, una vez construidas las aplicaciones en MATLAB®[®], el paso natural es migrarlas a **Java™** para poder ejecutarlas desde la web. De esta forma, se construirá un [VRL](#) realmente operativo, que pueda ser accesible desde cualquier ordenador conectado a internet, sin tener que instalar ningún tipo de *software* propietario.

Se barajaron diferentes posibilidades para la traducción de los proyectos diseñados en MATLAB[®] hacia Java[™]. En primer lugar, se recurrió a la herramienta de traducción automática MATLAB BUILDER JA, integrada en el propio entorno MATLAB[®], y cuya interfaz se muestra en la Figura 5.79.

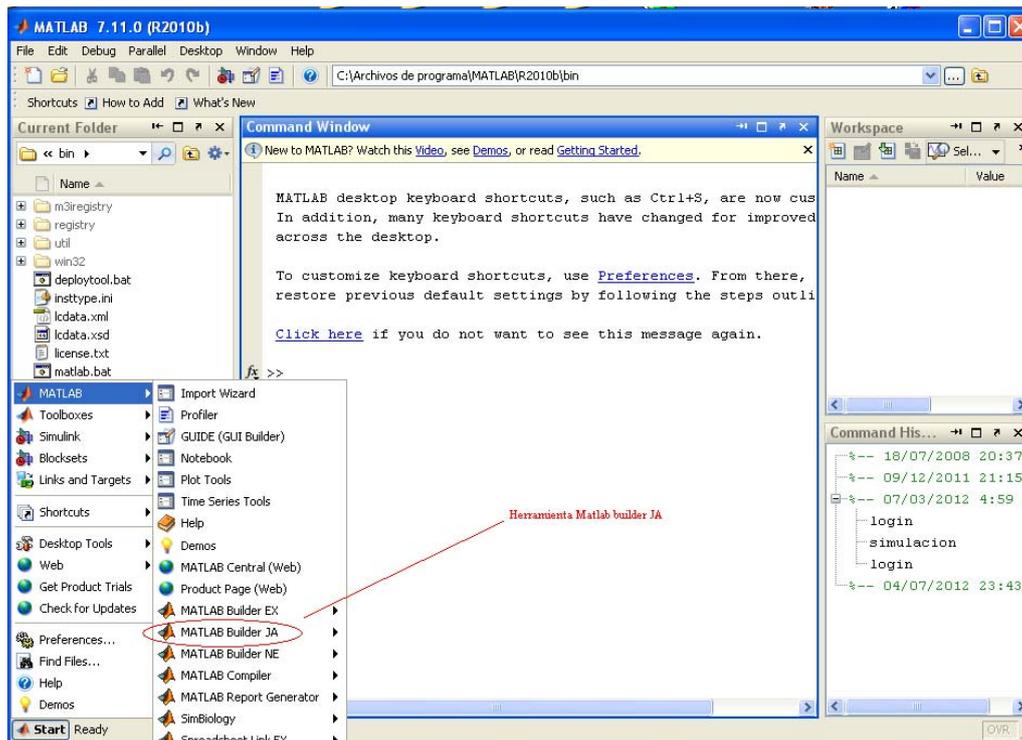


Figura 5.79 Herramienta MATLAB BUILDER JA

Uno de los mayores problemas encontrados a la hora de convertir el código MATLAB[®] en Java[™] mediante esta herramienta automática, es la forma de ejecutar las aplicaciones Java[™] que ofrece MATLAB[®]. Para poder ejecutar cualquier aplicación diseñada en MATLAB[®] y pasarla a lenguaje Java[™], se necesita descargar y ejecutar el archivo MCRInstaller.exe, necesario para que el ordenador interprete correctamente los comandos. Dicho archivo ocupa 173 MB. Teniendo en cuenta que los proyectos van a estar alojados en una página web, el hecho de tener que descargar un fichero tan grande hace poco operativo este método de ejecución.

Por otra parte, al convertir automáticamente cualquier proyecto diseñado en MATLAB[®] a su equivalente en Java[™], se observa un incremento considerable en el tamaño del proyecto. De nuevo, y pensando en limitar al máximo el tiempo de descarga para el usuario, finalmente se desestimó esta opción, optándose por reescribir todo el código directamente en Java[™].

La principal desventaja de la reescritura completa en **Java™** del código desarrollado en **MATLAB®**, es la pérdida de la potencia de cálculo matemático que **MATLAB®** posee (una misma función matemática, escrita en **Java™**, necesita muchas más líneas de código que la equivalente en **MATLAB®**). Sin embargo, esta aparente desventaja (que afecta, además, al tiempo de desarrollo), se ve compensada con creces por la ligereza en el tamaño final del código **Java™** a descargar por el usuario del portal OPTILAB.

La funcionalidad de todas las aplicaciones desarrolladas en **Java™** es idéntica a la correspondiente aplicación **MATLAB®**, descrita en la [Sección 5.4](#). Se ha intentado que los diseños de pantallas **Java™** sigan un estilo uniforme, de forma que, instintivamente, el usuario asocie de forma inconfundible la aplicación que está ejecutando con el portal OPTILAB. La [Figura 5.80](#) muestra la pantalla de presentación de todos los proyectos desarrollados. Al pulsar sobre , se accede al proyecto concreto.

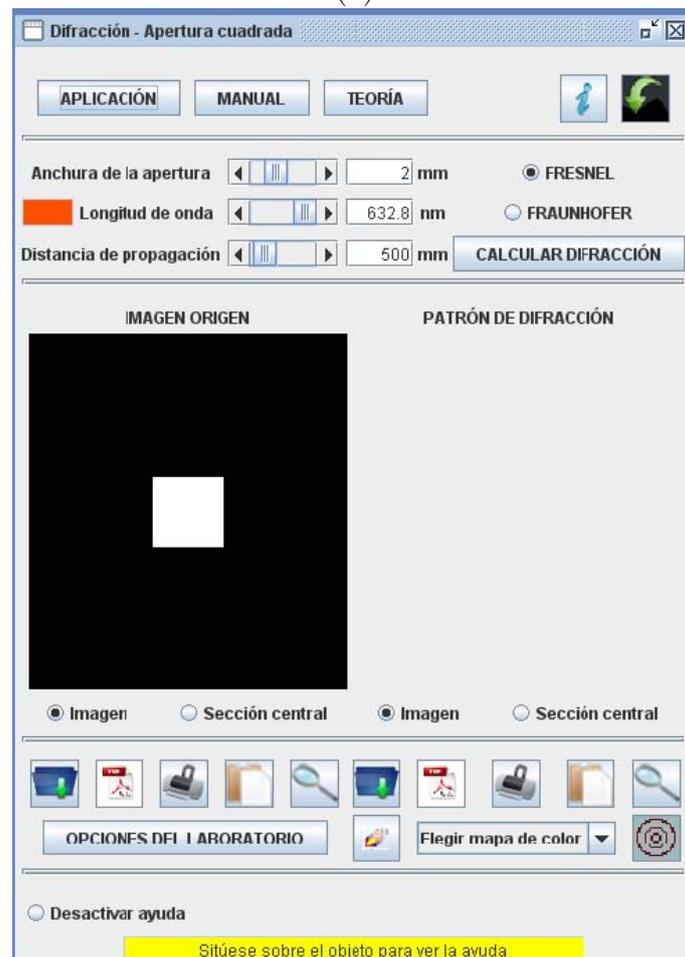


Figura 5.80 Pantalla inicial de introducción a todos los proyectos **Java™**

A modo de ejemplo, la [Figura 5.81](#) (a) muestra el menú principal de la aplicación **Java™** para el estudio de la difracción. Una vez pulsado sobre el objeto que quiere utilizarse como abertura, se accede al panel de control específico de dicho objeto. Por ejemplo, la [Figura 5.81](#) (b) muestra la ventana principal para el caso de una abertura cuadrada.



(a)



(b)

Figura 5.81 Aplicación Java™ para el estudio de la difracción: (a) pantalla principal (b) ventana de parámetros para el caso de apertura cuadrada

5.6.3. Diseño web

El diseño de la web del portal OPTILAB es, probablemente, la parte más importante, desde el punto de vista del usuario. Dado que se pretende crear un [VRL](#) que sirva de referencia para la realización de experimentos virtuales relacionados con la Óptica y la Fotónica, el portal web debe tener un *estilo bien definido*, que lo diferencie claramente de otros proyectos similares, existentes en internet. Asimismo, el portal debe tener una *estructura homogénea* en todas sus páginas, que permita tener una conciencia clara de estar navegando siempre por la misma plataforma [VRL](#).

Tal y como apunta el modelo [TAM](#) descrito en la [Sección 2.1.4](#), la experiencia de usuario del portal es un factor crítico. Así, los conceptos de *utilidad percibida* y *facilidad de uso*, descritos en el modelo [TAM](#), deben cuidarse especialmente, para poder garantizar el éxito del sitio web. El contenido gráfico debe ser suficientemente ligero para no producir tiempos de espera prolongados en la navegación; pero al mismo tiempo, debe ser lo suficientemente atractivo como para mantener la atención y el interés del usuario.

El portal OPTILAB pretende ser un sitio web dinámico, donde se pueden actualizar continuamente los contenidos, añadiendo, modificando o borrando los ya existentes. Respecto a los usuarios del portal, existen tres perfiles de usuario diferentes:

usuario invitado: Al entrar por primera vez, el visitante accede como usuario invitado; el usuario invitado tiene la opción de realizar todos los experimentos de la web y acceder a todas las zonas de la misma, pero no podrá descargarse la documentación incluida en la plataforma, y tampoco podrá acceder al blog que incluye el portal.

usuario registrado: Para poder acceder a los contenidos restringidos, el visitante deberá darse de alta en el portal web, para lo cual tiene dos métodos bien diferenciados: el primero, mediante usuario/contraseña, que tendrá que introducir cada vez que acceda al portal; el segundo, mediante el DNI electrónico. Para poder utilizar esta segunda opción, el usuario necesitará un lector de DNI electrónico, así como tener configurado el ordenador de forma apropiada, para poder utilizar este sistema de identificación.⁶

⁶El nuevo DNI 3.0, recientemente lanzado por el Ministerio del Interior, incluye el protocolo [NFC](#) para comunicación inalámbrica, por lo que las futuras versiones del portal OPTILAB, incluirán también la identificación sin contacto.

administrador: Por último, el portal web tiene un acceso exclusivo para el administrador, que es el único que pueda modificar los contenidos del portal web. También tendrá acceso a estadísticas sobre el funcionamiento del portal, usuarios registrados, tiempos de acceso y utilización del sistema, descargas realizadas, etc.

5.6.4. Contenidos del portal web

Como se ha comentado anteriormente, el portal OPTILAB ofrece tanto herramientas de aprendizaje autónomo, como herramientas colaborativas. Los contenidos que alberga el portal web están accesibles desde la barra de menú superior, mostrada en la [Figura 5.82](#), y se agrupan en las categorías mostradas en las siguientes secciones.



Figura 5.82 Barra de menú superior del portal OPTILAB

5.6.4.1. Inicio

La [Figura 5.83](#) muestra la pantalla principal de acceso al portal OPTILAB. La dirección URL de acceso es <http://www.optilab.org>, cuyo dominio ha sido registrado por este investigador.

Esta pantalla muestra información de interés para el usuario, como:

- los idiomas disponibles (castellano e inglés),
- el acceso para registrarse en el portal (*login*),
- el menú de navegación a lo largo de las distintas secciones que conforman el portal.

También se muestra el logotipo del Grupo de Ingeniería Fotónica de la Universidad de Alcalá (GRIFO),⁷ así como una animación, ubicada en la parte central de la pantalla, que va ilustrando secuencialmente los distintos contenidos disponibles en el portal.

⁷GRIFO es el grupo de investigación al que pertenecía este investigador, cuando se inició la construcción del portal OPTILAB.

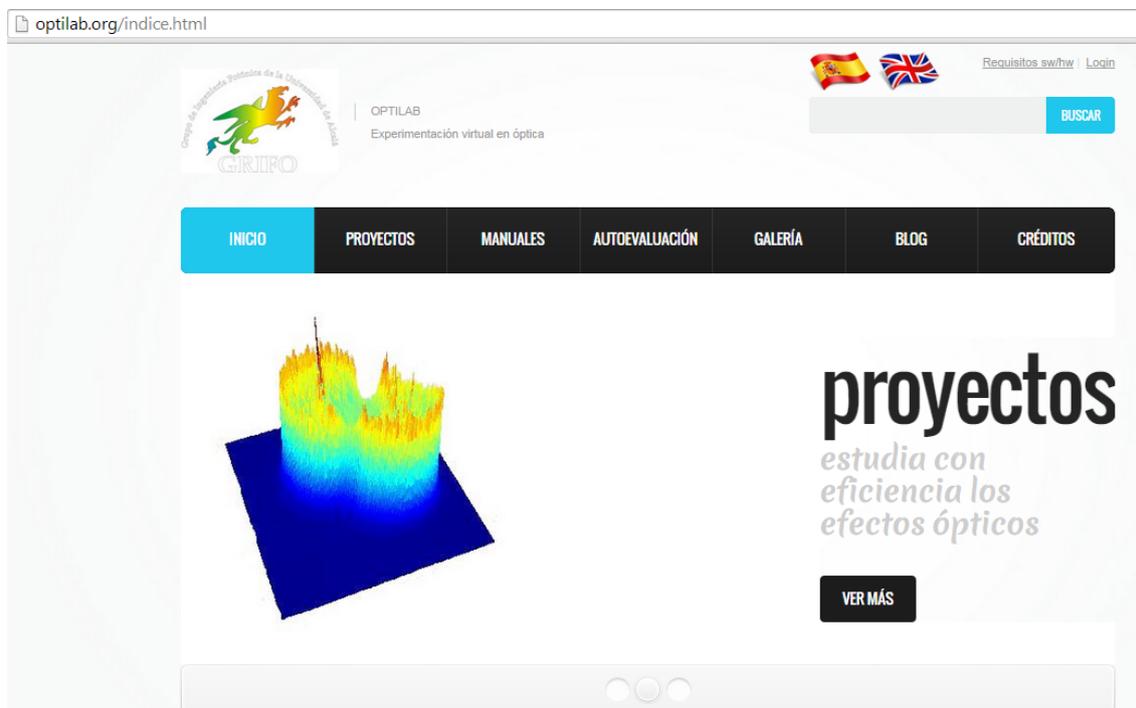
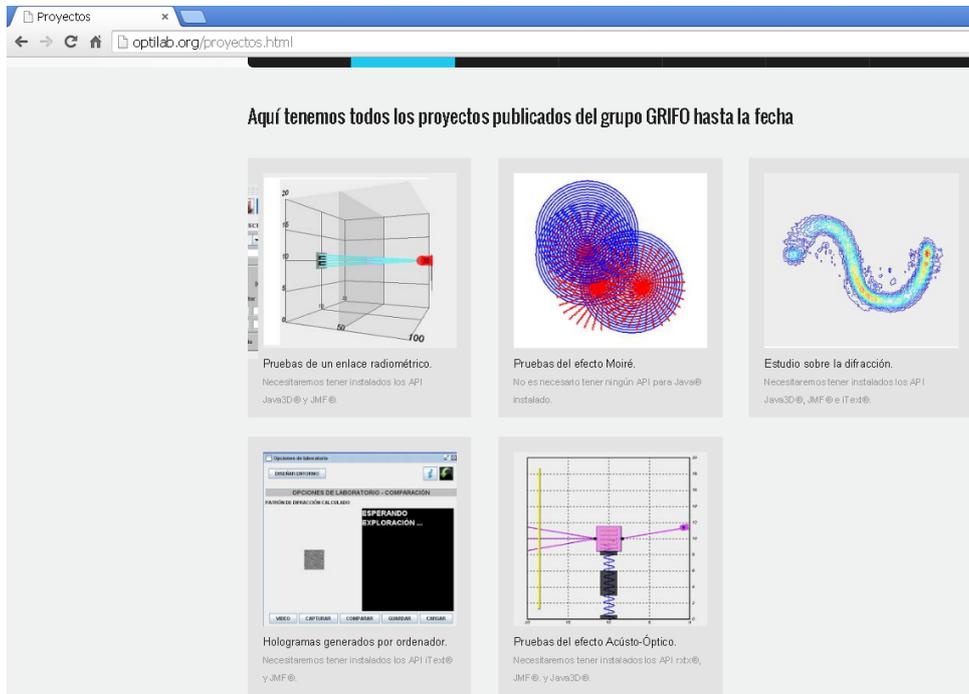


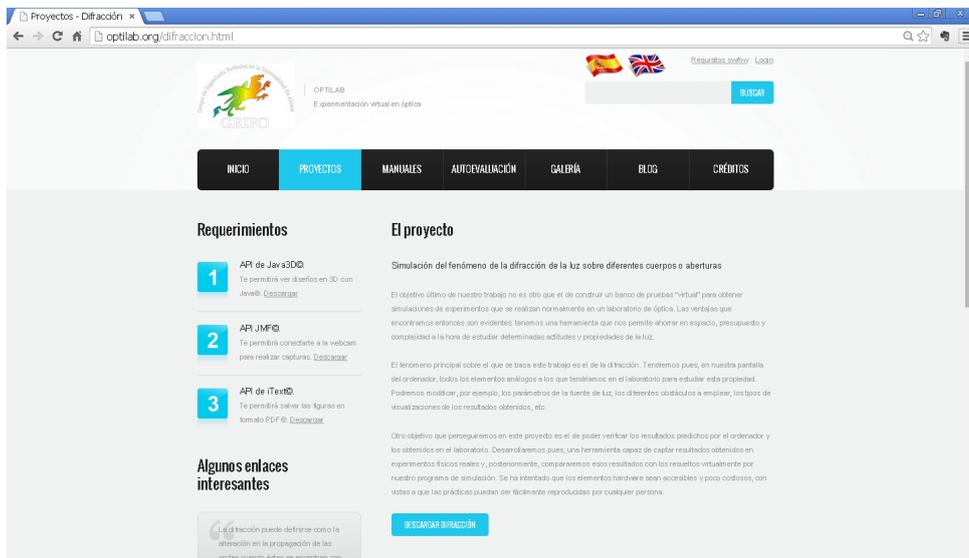
Figura 5.83 Pantalla principal del portal OPTILAB

5.6.4.2. Proyectos

Esta sección constituye la parte nuclear del portal OPTILAB. Desde la pantalla de la Figura 5.84, se accede a las distintas simulaciones **Java™** descritas en la Sección 5.6.2, mediante las cuales, el usuario puede realizar la experimentación virtual de los fenómenos ópticos simulados.



(a)



(b)

Figura 5.84 Simulaciones incluidas en el portal OPTILAB (a) detalle de los proyectos disponible; (b) ejemplo de pantalla de proyecto

5.6.4.3. Requisitos y FAQs

En la parte superior de la ventana principal del portal, se encuentra un enlace a la ventana de requisitos y a la sección de Preguntas Frecuentes (*Frequently Asked Questions*) (FAQ), tal y como muestra la [Figura 5.85](#).

En esta ventana, se describen los requisitos *hardware* y *software* para poder operar satisfactoriamente los contenidos del portal web. También se recogen los enlaces a los programas necesarios, que permiten ejecutar las simulaciones correctamente, incluyendo una descripción del procedimiento de instalación de cada aplicación concreta.

The screenshot shows the OPTILAB website interface. At the top, there is a search bar and a 'BUSCAR' button. Below the search bar is a navigation menu with the following items: INICIO, PROYECTOS, MANUALES, AUTOEVALUACIÓN, GALERÍA, BLOG, and CRÉDITOS. The main content area is divided into two columns. The left column is titled 'Temas' and contains a list of topics: Instalando java, Java3D API, JMF API, iText API, rtx API, Tuer adistibulum iacu ste rop, Seoertse ste rposret, and Proin dictum sre namet. The right column is titled 'Preguntas frecuentes' and contains three questions and their answers:

- Q?** ¿Cómo puedo instalar Java en mi sistema?
A. Java es un sistema multiplataforma del cual existen un gran número de aplicaciones y sitios Web que no funcionan a menos que esté instalado. Java es rápido, seguro y fiable, aparece en multitud de equipos como ordenadores, consolas, teléfonos móviles, etc. Estos son algunos de los motivos que nos han animado a montar los proyectos sobre esta plataforma, normalmente, cualquier ordenador personal tiene instalado Java, esto hace que los proyectos que aquí manejamos se puedan ejecutar sin mayores problemas. Una forma rápida de instalarlo es acceder a la página oficial de [Java](#) y seleccionar la versión adecuada para el sistema operativo instalado en el equipo donde se vaya a ejecutar la aplicación.
- Q?** ¿Cómo instalar la API Java3D de simulación 3D?
A. El paquete de simulación de Java para ver imágenes en 3D es la API [Java3D](#), necesitarás tener instalado este paquete cuando quieras ejecutar proyectos que lo incluyan (verás los requerimientos en las especificaciones de cada proyecto), este paquete es de autoinstalación, por lo que sólo tendrás que descargarlo y ejecutarlo para que se instale en el sistema.
- Q?** ¿Cómo instalar la API JMF para archivos multimedia?
A. La API [Java Media Framework](#) (JMF) habilita la posibilidad de ver aplicaciones con audio, vídeo y otros archivos multimedia basados en avances de tiempo, algunos de nuestros proyectos incluyen el tratamiento de información multimedia por lo que necesitarán de la instalación previa de esta aplicación.
- Q?** ¿Cómo instalar la API iText para leer archivos PDF?
A. La API [iText](#) es una librería API de código abierto que se utiliza para poder trabajar con archivos PDF, algunos

Figura 5.85 Requisitos y FAQs del portal OPTILAB

5.6.4.4. Manuales

En esta sección, ilustrada en la [Figura 5.86](#), se describen los conceptos teóricos de los distintos proyectos de simulación desarrollados, así como los manuales de las simulaciones incluidas en el portal. Como ejemplo, la [Figura 5.87](#) muestra el manual teórico del [Modelo radiométrico de un enlace emisor-detector](#), descrito en la [Sección 5.4.4](#).

También se explican los montajes *hardware* necesarios para realizar los experimentos reales.



Figura 5.86 Menú de manuales del portal OPTILAB: vista general

Aplicación

RADIOMETRÍA Y FOTOMETRÍA

[1] CONCEPTOS FUNDAMENTALES

La ciencia de la medición de energía en todas las longitudes de onda de la radiación se la denomina Radiometría y, en ese caso, podemos decir que la potencia óptica es invariante sea cual sea la longitud de onda de la radiación que compone la señal óptica. Sin embargo, podemos emplear el ojo humano como detector, con una curva de respuesta como la de la fig1. En este caso, la potencia óptica detectada dependerá de la respuesta espectral del detector y hablamos de Fotometría. Así pues, la respuesta espectral del ojo humano es la que establece la diferencia.

El ojo humano es sensible a las radiaciones electromagnéticas cuya longitud de onda está comprendida entre 380 nm y 780 nm, aproximadamente. Este pequeño espectro se conoce como espectro visible o luz. El espectro visible contiene numerosos colores que son distinguidos por la longitud de onda.

El objetivo será determinar la cantidad de potencia óptica emitida por una fuente que es recibida por la superficie del detector. Esta transferencia de energía, dependerá de las características de los elementos activos, pasivos, así como de la configuración geométrica del sistema.

Para caracterizar el flujo óptico, debemos emplear una serie de magnitudes geométricas que nos proporcionan herramientas útiles para evaluar la transferencia de energía a través del medio.

Simultáneamente, para cuantificar la energía transportada por la señal óptica, así como su efecto en la etapa de recepción, debemos emplear una serie de magnitudes radiométricas.

[2] ENTIDADES RADIOMÉTRICAS FUNDAMENTALES

La determinación cuantitativa de la transferencia de energía a través de un sistema óptico requiere de un conjunto particular de magnitudes, unido a la idea geométrica de ángulo sólido. A continuación, realizaremos las definiciones de las magnitudes radiométricas y, para ello, nos apoyaremos en unos gráficos en los que podemos encontrar un esquema de las mismas, junto con el concepto asociado.

Fig1. Curva de respuesta del ojo.

Wavelength (nm)	Scotopic Efficiency	Photopic Efficiency
380	0.00	0.00
400	0.00	0.00
450	0.05	0.00
500	0.90	0.05
550	0.30	0.90
600	0.00	0.60
650	0.00	0.10
700	0.00	0.00
750	0.00	0.00

Figura 5.87 Menú de manuales del portal OPTILAB: ejemplo de explicación teórica

5.6.4.5. Autoevaluación

Este módulo permite acceder a los distintos ejercicios de autoevaluación, los cuales servirán para medir el nivel de conocimientos adquiridos por los usuarios del portal.

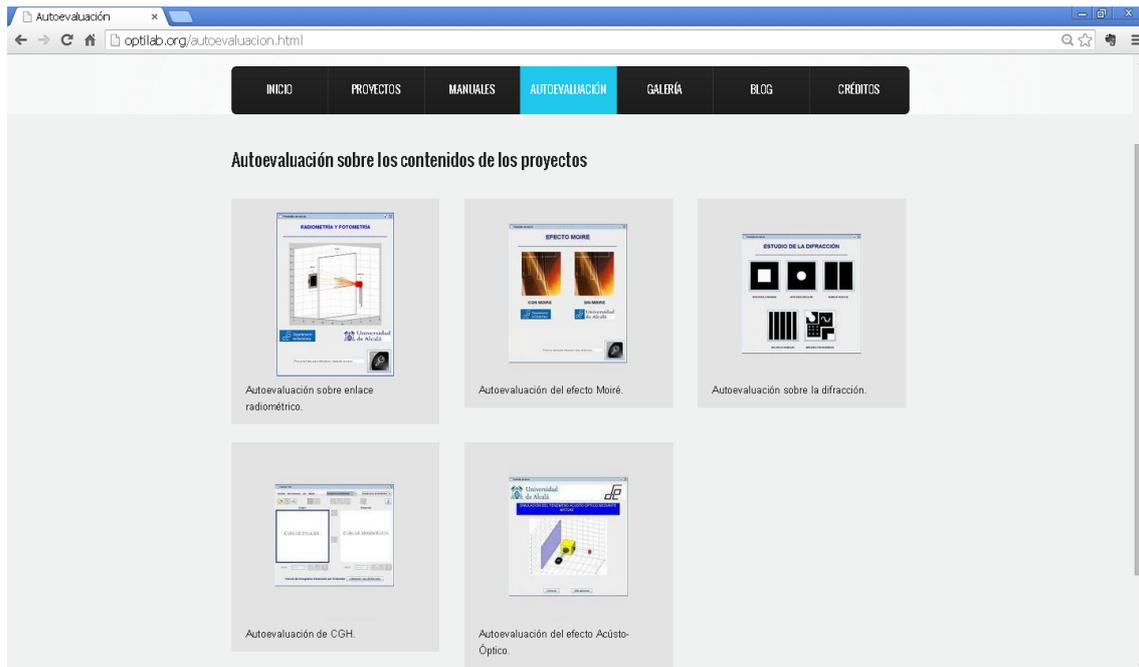


Figura 5.88 Menú de autoevaluación del portal OPTILAB: vista general

The screenshot shows a web application window titled "Aplicación". The interface is divided into two main sections: "DATOS IDENTIFICACIÓN" and "RESULTADOS EXAMEN".

DATOS IDENTIFICACIÓN:

- Usuario: Rafael
- E-mail: rafaelpmerino@hotmail.com

Examen Radiometría y Fotometría:

- Num_preguntas: 5 (dropdown menu)
- EMPEZAR EXAMEN (button)
- Porcentaje hecho (%): 0.00

RESULTADOS EXAMEN:

- Nota examen: 0.00
- Nota por pregunta: 1 (dropdown menu), 0.00
- Tiempo test (seg): 0.00
- ESTADÍSTICA (button)

Below the exam data, there is a text prompt: "Si sumamos los valores de absorptancia, reflectancia y transmitancia de un material...".

Four radio button options are listed:

- El resultado debe ser siempre mayor de 1
- El resultado debe ser siempre menor de 1
- El resultado debe ser siempre igual a 1
- El resultado depende del material

Buttons for "SEGUIMOS" and "PARAR TIEMPO" are located to the right of the radio buttons.

At the bottom left, there is a "Desactivar ayuda" checkbox and an "AYUDA:" label. A yellow highlight is under the text "objeto para ver la ayuda". An information icon is at the bottom right.

Figura 5.89 Menú de autoevaluación del portal OPTILAB: ejemplo del Modelo radiométrico de un enlace emisor-detector

5.6.4.6. Galería

Esta sección no es un contenido propiamente destinado a su utilización; más bien pretende amenizar las visitas de usuarios que accedan al portal, con una serie de imágenes relacionadas con las actividades del **GRIFO**, y detalles relacionados con el proyecto OPTILAB.



Figura 5.90 Galería de imágenes del portal OPTILAB

5.6.4.7. Blog

Un blog es “un sitio web periódicamente actualizado que recopila cronológicamente textos de uno o varios autores. Es una especie de diario, cuaderno de bitácora personal, zona de apuntes, baúl de ideas, lugar de encuentro . . .” [Cabrera, 2012, p. 217].

El blog del portal OPTILAB, mostrado en la [Figura 5.91](#), se ha desarrollado utilizando WordPress, tal y como se describe en la [Sección 5.6.5.4](#).

El portal web permite a los usuarios la comunicación entre ellos, mediante un blog donde se publicarán las noticias más relevantes relacionadas con la experimentación óptica, así las opiniones generadas por los usuarios del sitio web. El blog es una de las herramientas de aprendizaje colaborativo, que fueron señaladas por profesores y estudiantes como preferidas en los resultados de los cuestionarios de requisitos, tal y como se describe en el [Capítulo 4](#).

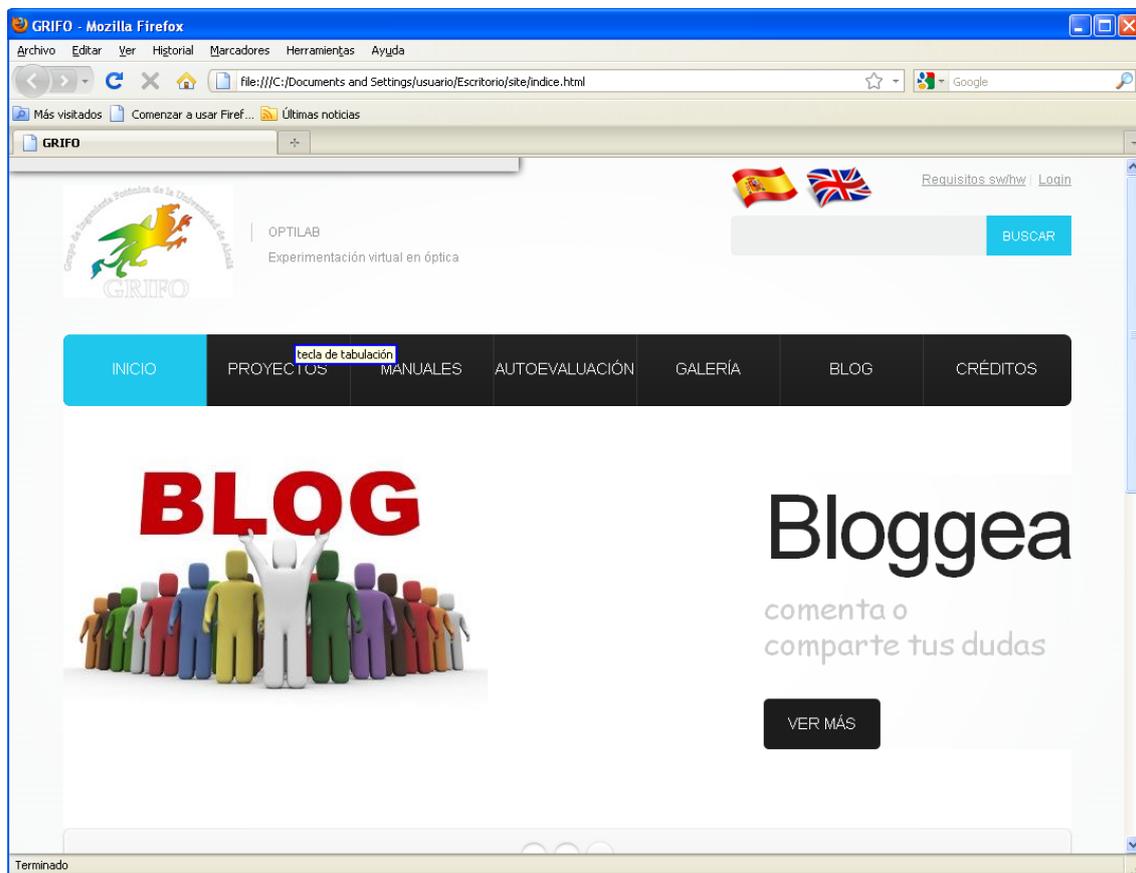


Figura 5.91 Pantalla principal del blog del portal OPTILAB

5.6.4.8. Créditos y política de privacidad

En esta sección, aparecen referenciadas todas las personas y/o entidades que han colaborado en el diseño, desarrollo e implementación final del portal web OPTILAB. Asimismo, en la parte inferior de la pantalla principal, se muestra la política de privacidad del portal. En ella, se informa sobre el tratamiento de la información, políticas legales, derechos y obligaciones que tiene todo usuario que accede al portal web, etc.

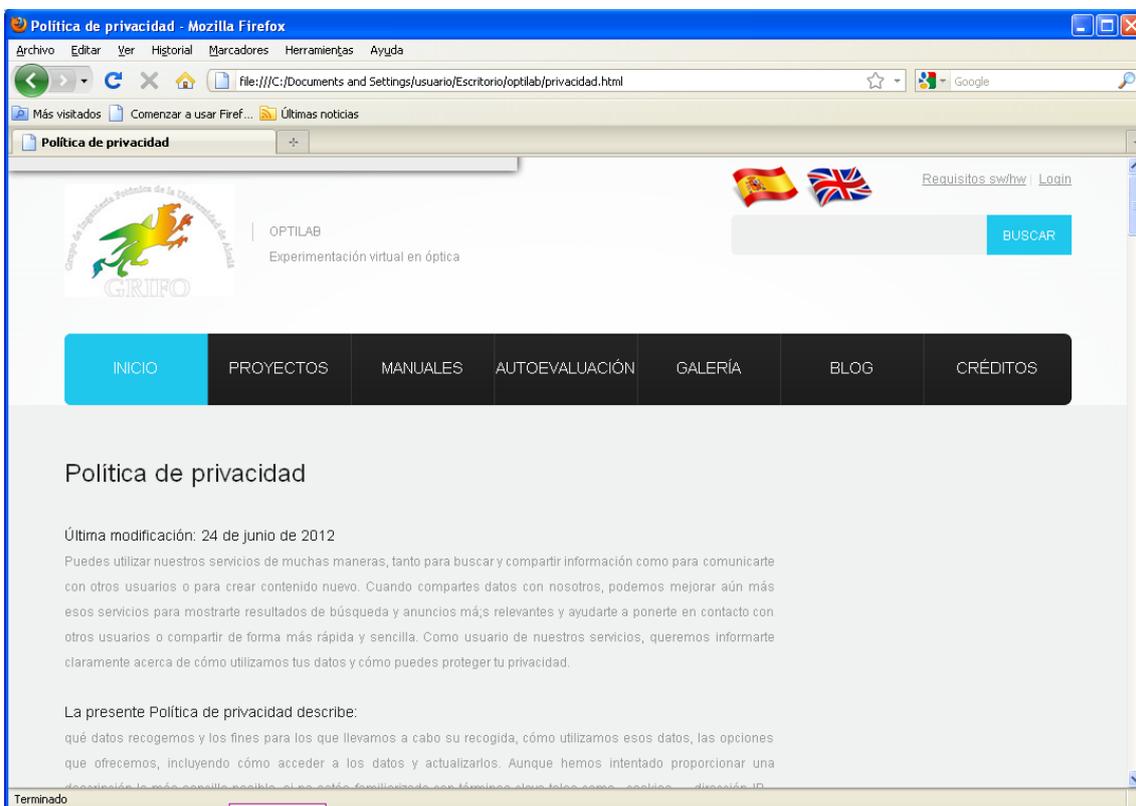


Figura 5.92 Política de privacidad del portal OPTILAB

5.6.5. Tecnologías utilizadas

La construcción del portal OPTILAB incluye la utilización de diversas tecnologías y herramientas de desarrollo, desde la parte estética de la web, pasando por la programación de las aplicaciones, y el funcionamiento interno de la base de datos de contenidos. La [Figura 5.93](#) muestra las distintas herramientas y tecnologías utilizadas en la elaboración del portal.



Figura 5.93 Herramientas y tecnologías utilizadas en la construcción del portal OPTILAB

El requisito principal en la elección de herramientas, ha sido su disponibilidad bajo algún tipo de licencia de *software* libre, o bien que se dispusiese de la correspondiente licencia en el Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá, donde se inició el desarrollo del portal OPTILAB.

5.6.5.1. Eclipse

Eclipse es un Entorno Integrado de Desarrollo (*Integrated Development Environment*) (IDE) muy potente, ideal para el desarrollo de proyectos en **Java**TM. Mediante la descarga de complementos desde la web donde está alojado el proyecto Eclipse, se puede programar prácticamente en cualquier lenguaje de programación,

incluyendo el sistema de edición \LaTeX utilizado en la escritura de esta memoria. El entorno Eclipse se ha utilizado para la programación de la parte **Java**TM contenida en el portal OPTILAB.

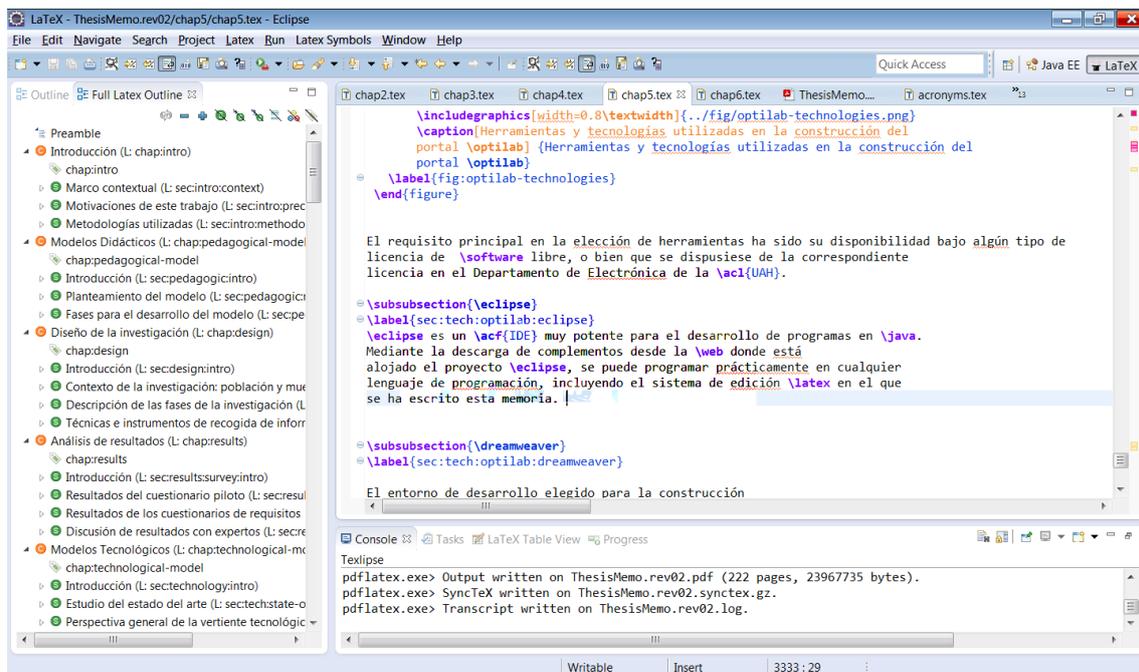


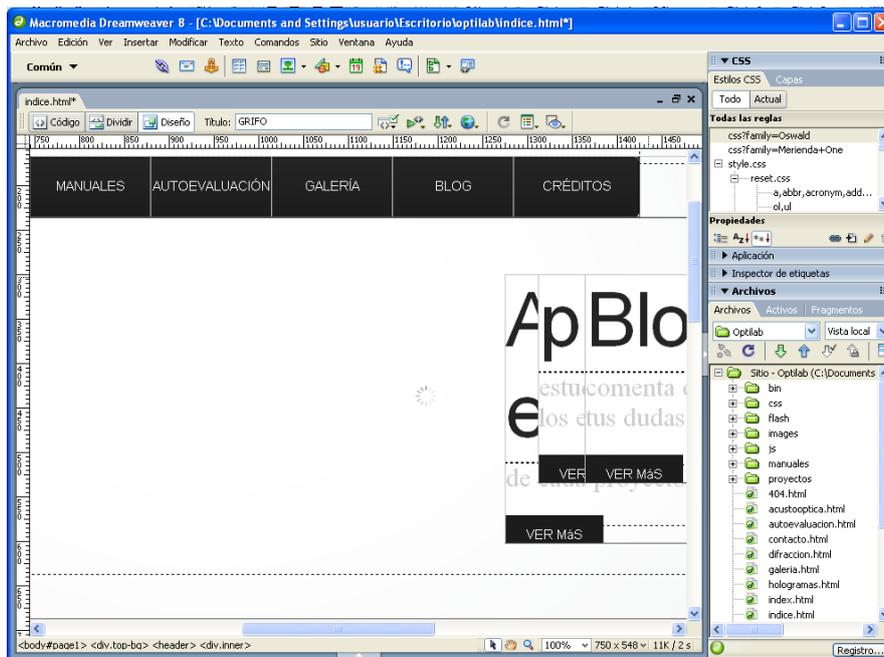
Figura 5.94 Entorno Eclipse utilizado para la programación **Java**TM del portal OPTILAB

5.6.5.2. DREAMWEAVER[®]

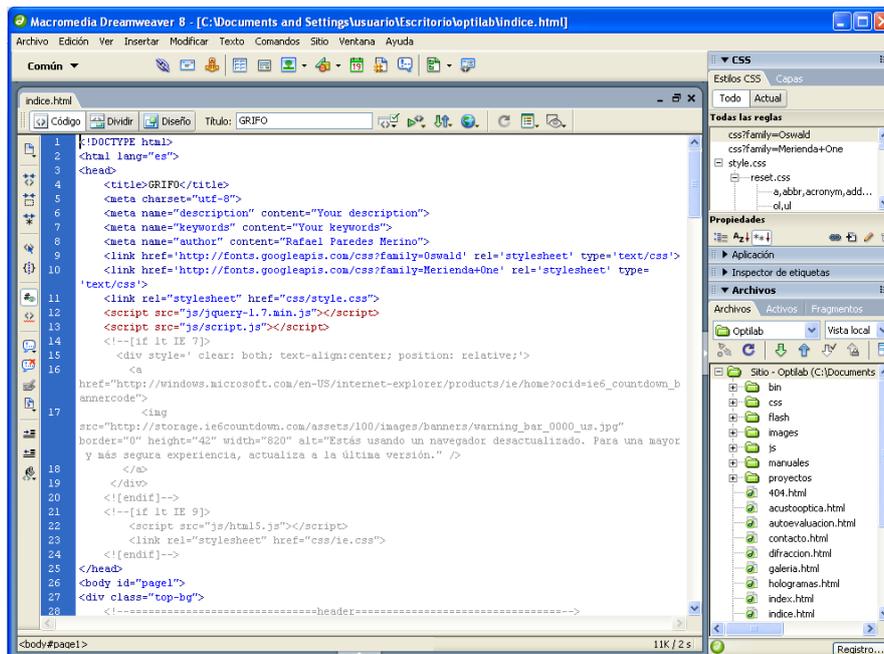
El entorno de desarrollo elegido para la construcción de la página web ha sido DREAMWEAVER[®], en su versión CS4 [Adobe, 2014]. DREAMWEAVER[®] es un IDE que aborda el diseño web, desde dos puntos de vista:

- A través de la programación directa, utilizando el procesador de textos incluido en el IDE, que reconoce la sintaxis **HTML**. La programación directa del código **HTML** ha sido el procedimiento tradicionalmente utilizado por cualquier programador, y DREAMWEAVER[®] mantiene por tanto esta funcionalidad.
- Mediante el entorno de diseño gráfico, en el que se pueden ir añadiendo los diferentes elementos que componen la página web, como si se tratase de un lienzo, siendo el programa quien va creando la programación asociada a cada elemento. Sin duda, éste es un método de trabajo muy útil, pues permite ir comprobando, en tiempo real, el resultado de incorporar los distintos elementos gráficos que forman la página web.

La Figura 5.95 muestra el entorno de trabajo de DREAMWEAVER[®]. Como puede apreciarse, el programador puede conmutar entre los modos textual (que muestra el código HTML) y gráfico (para incluir los elementos de diseño directamente).



(a)



(b)

Figura 5.95 Entorno DREAMWEAVER[®] de desarrollo del portal web OPTILAB (a) vista del modo diseño (b) vista del modo programación

5.6.5.3. Hoja de Estilo en Cascada (*Cascading Style Sheet*) (CSS)

La Hoja de Estilo en Cascada (*Cascading Style Sheet*) (CSS) es un conjunto de reglas de formato que determinan el aspecto del contenido de una página web [The World Wide Web Consortium (W3C), 2014]. La utilización de hojas de estilo permite separar el *contenido* de una página web, de la *presentación* de la misma; así, el contenido (*i.e.* código HTML) reside en el archivo `.html`, mientras que las reglas CSS que contienen la presentación del código (maquetación), residen en otro archivo, de extensión `.css`. Esto permite mantener un aspecto uniforme en la página web, de forma que, para realizar cualquier cambio de aspecto, no se necesita ir modificando las distintas propiedades de cada página, sino que basta con editar directamente la hoja de estilo (*i.e.* archivo `.css`) asociada con dicha página.

5.6.5.4. WordPress

WordPress es un sistema de gestión de contenidos enfocado a la creación de blogs [WordPress, 2014]. Desarrollado en el lenguaje de programación PHP [The PHP Group, 2014], WordPress viene asociado a una base de datos MySQL™ [Oracle Corporation, 2014b], y está distribuido bajo licencia Licencia de Libre Distribución (*General Public License*) (GPL) versión 3 [Free Software Foundation, 2014].

WordPress goza de una amplia popularidad como herramienta de creación de contenidos en internet, tanto desde el punto de vista personal, como profesional. Permite incorporar un blog a una página web externa, o bien diseñar íntegramente todo un portal dentro del propio WordPress.

En nuestro caso, el diseño de la web completa no está basado en WordPress, pues este producto no permite el registro en la plataforma mediante DNI electrónico, una de las especificaciones funcionales definidas inicialmente para el portal OPTILAB.

Existen multitud de *plugins* para WordPress que implementan diversas funcionalidades, como elaboración de estadísticas, envío de correo electrónico, etc. Los contenidos de WordPress se almacenan igualmente en una base de datos MySQL™, cuyo acceso es totalmente transparente para el usuario o administrador, quien sólo debe gestionar los contenidos y el alta/baja de usuarios.

Al igual que ocurre con el portal completo, el blog basado en WordPress deberá almacenarse en un servidor, si bien no tiene por qué ser el mismo que el del portal completo.

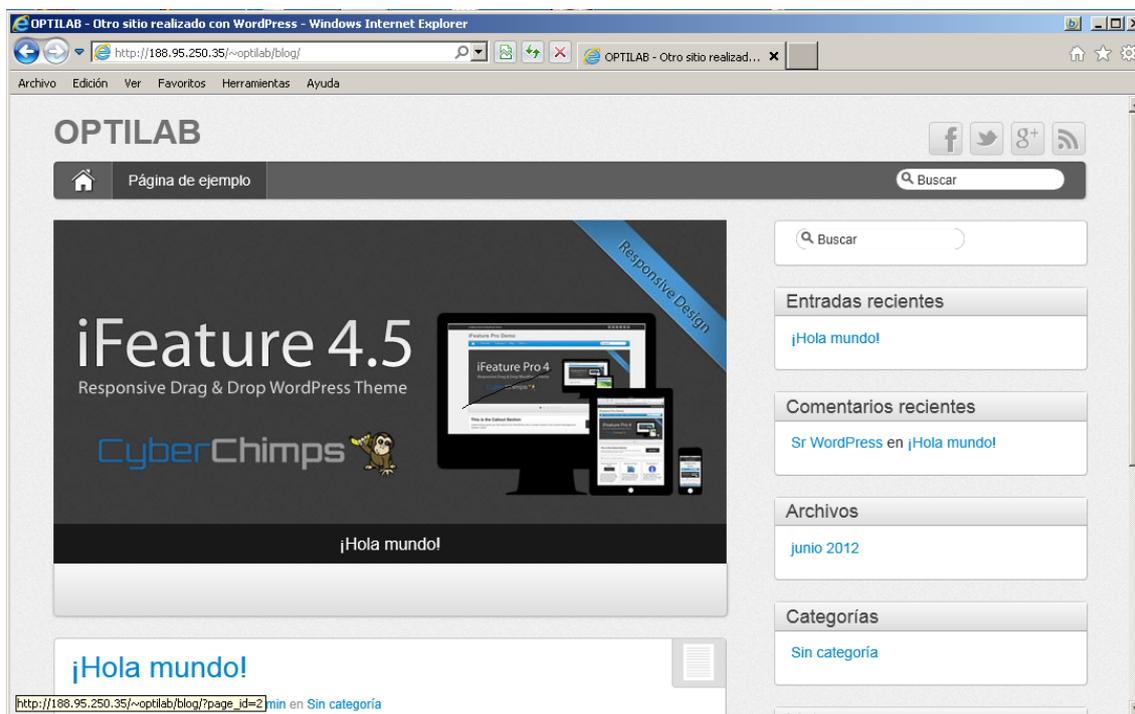


Figura 5.96 Diseño del blog desarrollo bajo WordPress en el portal OPTILAB

El servidor debe aportar la funcionalidad necesaria para alojar páginas en PHP y soportar MySQL™. Dado que el portal web OPTILAB necesita de dichas funcionalidades, este aspecto ya está cubierto en el alojamiento contratado para el dominio <http://www.optilab.org>.

Cuando el administrador del sistema desee cargar el complemento WordPress dentro de la página HTML, la comunicación entre el servidor y el equipo del administrador se realizará a través del Protocolo de Transferencia de Ficheros (*File Transfer Protocol*) (FTP), que como es sabido, es el protocolo utilizado para el intercambio de archivos en la red, como muestra la [Figura 5.97](#).



Figura 5.97 Protocolo de transferencia FTP para almacenamiento de los contenidos del blog del portal OPTILAB

Capítulo 6

Conclusiones y líneas futuras

«Aquellos que pueden, hacen. Aquellos que entienden, enseñan»

Lee S. Shulman

En este trabajo, se ha desarrollado una aproximación al diseño y desarrollo de un Laboratorio Virtual Remoto (*Virtual Remote Laboratory*) (**VRL**), para enseñanzas científico-técnicas universitarias en el área de la Óptica y de la Fotónica.

El uso de **VRLs** en la educación universitaria abre nuevas posibilidades, permitiendo a los estudiantes de las universidades presenciales, poder realizar experimentación en casa por anticipado, antes de enfrentarse al laboratorio presencial *in situ*.

El trabajo ha sido concebido desde el principio, atendiendo a una doble perspectiva: didáctica por una parte, y tecnológica por otra.

En la perspectiva didáctica, se ha partido de un modelo con varias dimensiones (de conocimiento, socio-comunicativa, colaborativa, **TIC**), cada una de las cuales incide en el desarrollo de competencias específicas. A nuestro juicio, esto es especialmente relevante, pues creemos que el **VRL** proporciona al estudiante una **formación transversal** en dichas competencias.

Para poder desarrollar adecuadamente la plataforma **VRL**, ha sido preciso recabar las opiniones de los usuarios (estudiantes y profesores de enseñanzas científico-técnicas, de universidades nacionales y extranjeras), mediante sendos *questionarios de requisitos*, los cuales han sido validados previamente por expertos nacionales e

internacionales, en las áreas de didáctica y ciencias/ingeniería. Con carácter previo a la elaboración de los cuestionarios de requisitos, se realizó un *cuestionario piloto* inicial, donde participaron estudiantes de especialidades científico-técnicas de la Universidad de Alcalá (UAH) y de Charles University in Prague (CUNI).

Una vez cumplimentados los cuestionarios de requisitos, se ha realizado el análisis de fiabilidad de los datos, mediante el cálculo del coeficiente α de Cronbach, el cual ha demostrado que los resultados obtenidos son fiables en todos los casos.

A continuación, se ha realizado el análisis descriptivo de los datos obtenidos en los cuestionarios. Tal y como ha demostrado el análisis de datos, la utilización de una plataforma que implemente un VRL parece tener una buena acogida entre los dos colectivos encuestados, siempre y cuando sea vista como complemento de la experimentación en el laboratorio tradicional. Las razones argumentadas en favor del uso de la plataforma VRL son muy diversas, como se ha comprobado en los comentarios recabados: mejor conciliación con la vida laboral y personal, posibilidad de aumentar las formas de aprendizaje, mejor aprovechamiento del tiempo de experimentación en el laboratorio presencial, etc.

Sin embargo, hay que notar que existen miembros de ambos colectivos, que aún son reacios a adoptar esta forma de aprendizaje; en muchos casos, los VRL se ven como una amenaza, que sustituirá tarde o temprano a las prácticas experimentales en el laboratorio presencial. De ahí que haya que insistir en la tesis, defendida por este autor desde el principio, de que **los VRL deben ser considerados como una herramienta más** en el sistema de enseñanza-aprendizaje de las disciplinas científico-técnicas, que en ningún caso puede suplantar la experimentación real en el aula de laboratorio.

El ancho de banda de conexión de que disponen la mayoría de los encuestados, parece ser lo suficientemente grande como para incluir en la plataforma VRL aplicaciones y servicios que exijan un importante tráfico de datos, tales como la realización de simulaciones complejas, descarga de vídeo-tutoriales, etc.

En paralelo, se han ido recopilando los trabajos realizados durante los últimos años, que fueron diseñados y dirigidos por este investigador, e implementados con la ayuda de diversos estudiantes del Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá (UAH). El desarrollo de estos trabajos ha ido convergiendo desde una visión más ligada al *hardware*, a una concepción más *software*, en línea con las pre-

ferencias expresadas por estudiantes y profesores, en los cuestionarios de requisitos realizados.

El último paso dado hasta la fecha en la dimensión tecnológica, ha sido la creación de un portal web, denominado OPTILAB, que contiene los desarrollos tecnológicos realizados en el ámbito de las simulaciones ópticas.

Los resultados recabados en los cuestionarios de requisitos, han demostrado que ambos colectivos (profesores y estudiantes), tienen interés tanto en el aprendizaje autónomo, como en el colaborativo. Parece claro que ambos sistemas de aprendizaje deberán coexistir, por lo que en la plataforma OPTILAB, se han incluido tanto herramientas colaborativas (*e.g.* blog), como de aprendizaje autónomo (simulaciones, manuales teóricos explicativos de los fenómenos experimentados, enlaces externos, etc.).

En este sentido, cabe destacar varias aportaciones, hechas por profesores y estudiantes, que señalan que el uso adecuado de las TIC en la enseñanza, sirve para poner en contacto a estudiantes de diversos lugares del planeta. En el mundo global en que vivimos, cada vez hay menos barreras geográficas, y las plataformas VRL en la enseñanza es un nuevo ejemplo de ello, que incide en los aspectos colaborativo y multicultural del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Tanto profesores como estudiantes han mostrado preferencia hacia la *simulación de experimentos* (*i.e.* concepto de *Laboratorio Virtual*) frente al *manejo de instrumentos a distancia* (*i.e.* modelo de *Laboratorio Remoto*). Este hecho refuerza nuevamente la idea de **utilizar la plataforma VRL como complemento (no sustitución) del laboratorio presencial**, de forma que el estudiante pueda ejercitarse en casa, en aquellos experimentos que luego tendrá que realizar físicamente en el aula de laboratorio, con el resto de compañeros, y supervisado por el instructor.

Como líneas futuras de trabajo para completar el desarrollo efectivo de la plataforma OPTILAB, además del diseño multiplataforma inicialmente contemplado (esto es, diseño independiente del sistema operativo y navegador utilizados), se planteará desde un principio que el diseño sea adecuado también para ser utilizado en entornos móviles (en principio tabletas, aunque no se descartan tampoco los *smartphones*, dado el incremento en prestaciones que están experimentando estos dispositivos). Inicialmente, esto no era algo que se había considerado cuando se inició el desarrollo del portal OPTILAB, pero la gran penetración en el mercado

de los dispositivos móviles, cada vez más potentes y ubicuos, hace que deban ser considerados también como una herramienta didáctica más.

En este sentido, una de las filosofías de diseño que permiten adaptar las páginas web a distintos dispositivos es el Diseño Web Adaptativo (*Responsive Web Design*) (RWD) [Marcotte, 2010]. Mediante esta tecnología, se logra que los contenidos de una misma web puedan ser visualizados de forma adecuada en cualquier dispositivo (ordenador, tableta, teléfono móvil), independientemente de su tamaño y resolución. La idea consiste en separar el contenido de la web (código HTML) de la apariencia (código CSS), de forma que se cubran de forma eficiente las distintas resoluciones de pantalla.¹ De esta forma, aumentando la cobertura de dispositivos que puedan acceder a OPTILAB, se espera conseguir un mayor grado de utilización de la plataforma.

Una vez diseñada e implementada la plataforma OPTILAB, se propone realizar una experiencia piloto de validación de la misma, mediante un grupo escogido de profesores y estudiantes de disciplinas científico-tecnológicas. El propósito es poder verificar si se han conseguido los objetivos marcados, y la plataforma realmente les resulta útil, como complemento a la experimentación real en el laboratorio.

Para dicha validación, se elaborarán sendos *cuestionarios de satisfacción* para ambas poblaciones (estudiantes y profesores). Los cuestionarios estarán inspirados en el modelo TAM, y tratarán por tanto de medir la facilidad de uso y la utilidad percibidas por los usuarios de la plataforma OPTILAB.

Los resultados obtenidos de estos cuestionarios de satisfacción, servirán para introducir modificaciones en la plataforma, en un proceso de mejora continua del portal OPTILAB, cuyos resultados esperamos poder comunicar en próximas publicaciones.

¹En realidad, esta misma filosofía de separación de contenido (archivo .html) y apariencia (archivo .css) ha sido la utilizada en el diseño del portal OPTILAB. La nueva línea de trabajo propuesta revisará esta estrategia, para adaptarla a la tecnología RWD.

Publicaciones del autor

- Gamo, J. *Advanced Holography - Metrology and Imaging*, cap. A contribution to virtual experimentation in Optics, págs. 357 – 374. InTech, Rijeka (Croatia). 2011.
- Gamo, J. “Laboratorios virtuales remotos: experimentación a golpe de click”. URL <http://www.lavozdelaciencia.com/retos-acts/sociedad/laboratorios-virtuales-remotos-experimentacion-a-golpe-de-click.html>. 2013.
- Gamo, J. “Survey on Virtual Remote Labs (students)”. URL https://slu.az1.qualtrics.com/SE/?SID=SV_byc1qTRcQfqlq7j. 2014a.
- Gamo, J. “Survey on Virtual Remote Labs (teachers)”. URL https://slu.az1.qualtrics.com/SE/?SID=SV_elgxvJqskdgrglT. 2014b.
- Gamo, J.; Iglesias, R. y Esteban, O. “Modelado, diseño e implementación de la interacción acusto-óptica con fines docentes”. En J. L. Martín, editor, “XVII Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación, SAAEI”, págs. 399 – 404. Universidad del País Vasco, Bilbao. 2010.
- Gamo, J. y Novakova, J. “Propuestas para enseñanza virtual de laboratorios en estudios técnicos”. En M. Santamaría y A. Sánchez-Elvira, editores, “Innovación Docente Universitaria en Entornos de Aprendizaje Enriquecidos”, págs. 14 – 16. I Jornadas Internacionales de Innovación Docente Universitaria en Entornos de Aprendizaje Enriquecidos, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid. URL <http://congresos.uned.es/w3433/>. 2012a.
- Gamo, J. y Novakova, J. “Teaching innovation in technical studies: a case study”. En “International Congress on University Teaching and Innovation”, Universidad Pompeu Fabra, Barcelona. URL <http://www.cidui.org/revista-cidui12/index.php/cidui/article/view/435>. 2012b.

- Gamo, J.; Novakova, J.; Medina, A. y Rodrigo, C. “El cuestionario previo, como herramienta de investigación en el diseño de laboratorios virtuales remotos: caso práctico”. En “III Congreso Internacional Tecnologías para el Aprendizaje y el Conocimiento (EDUTIC 2014)”, Saint Louis University - Madrid, La Paz (Bolivia). URL <http://edutic.tk/>. 2014a.
- Gamo, J.; Novakova, J.; Medina, A. y Rodrigo, C. “Validación de requisitos funcionales de un Laboratorio Virtual Remoto como apoyo al blended learning”. *Revista de Educación a Distancia*, tomo 45: págs. 1 – 37. URL <http://www.um.es/ead/red/45/>. 2015.
- Gamo, J.; Novakova, J.; Rodrigo, C. y Medina, A. “Innovations in optics and photonics for higher education”. En J. Havlíček, editor, “Efficiency and Responsibility in Education 2014”, págs. 147 – 153. Czech University of Life Sciences Prague, Praga. URL <http://erie.pef.czu.cz/index.php?idScript=15>. 2014b.
- Gamo, J.; Novakova, J.; Rodrigo, C. y Medina, A. “On-line surveys on Virtual Remote Labs: lessons learned”. En “VI Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA2014)”, págs. 391 – 395. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. URL <http://www.esvial.org/atica2014/>. 2014c.
- Gamo, J.; Ortega, J. A.; Cabrera, J. J; Velilla, F. y Esteban, O. and Lázaro, J. L. “From optical bench to computer and back to optical bench”. *Optica Pura y Aplicada*, tomo 41, nº 1: págs. 25 – 30. URL http://www.sedoptica.es/Menu_Volumenes/Pdfs/272.pdf. 2008.

Bibliografía

- Abad, G. *Diseño, optimización y caracterización de la interacción acusto-óptica con fines didácticos*. Proyecto fin de carrera, Escuela Politécnica Superior. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. Director: J. Gamo. 2012.
- Adobe. “DreamWeaver”. URL <http://www.adobe.com/products/dreamweaver.html>. 2014.
- Alberca, M. P.; Nogueras, M. T.; Reina, M. D. y Rodríguez, M. A. *El desarrollo de medios materiales y virtuales en el marco de la educación superior a distancia*, págs. 1 – 6. Ramón Areces, Madrid. 2010.
- Amidror, I. “The Theory of the Moiré Phenomenon”. URL <http://lspwww.epfl.ch/books/moire/index.html>. 2013.
- Amidror, I. y Hersch, R. D. “Mathematical moiré models and their limitations”. *Journal of Modern Optics*, tomo 57, nº 1: págs. 23 – 36. 2010.
- Anastasi, R. F. *An introduction to Moiré methods with application in composite materials*. U.S. Army Materials Technology Laboratory. 1992.
- Andújar, J.M. y Mateo, T.J. “Diseño de laboratorios virtuales y/o remotos. un caso práctico”. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, tomo 7: págs. 64 – 72. 2010.
- Anterrieu, E. y Pérez, J. P. “Illustrating amazing effects of optics with the computer”. En IEEE, editor, “Education Engineering (EDUCON)”, págs. 549 – 552. 2010.
- Ato, M. *Investigación en ciencias del comportamiento I: Fundamentos*. Promociones y Publicaciones Universitarias, S.A., Barcelona. 1991.
- Balamuralithara, B. y Woods, P. C. “Virtual laboratories in engineering education: The simulation lab and remote lab”. *Computer Applications in Engineering Education*, tomo 17, nº 1: págs. 108 – 118. 2008.

- Bann, D. *Manual de Producción para Artes Gráficas*. Tellus, Madrid. 1988.
- Bautista, G.; Borges, F. y Forés, A. *Didáctica universitaria de entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje*. Narcea, Madrid. 2011.
- Blackboard Inc. “Blackboard. Solutions for a New Generation of Learners”. URL <http://www.blackboard.com>. 2014.
- Brillouin, L. “Diffusion of Light and X-rays by a Transparent Homogeneous Body”. *Annales de Physique*, tomo 17: págs. 88 – 122. 1922.
- Brown, B. R. y Lohmann, A. W. “Complex Spatial Filtering with Binary Masks”. *Applied Optics*, tomo 4: págs. 967 – 969. 1966.
- Cabrera, J. *Moldeado radiométrico de un enlace emisor-detector mediante Matlab*. Proyecto fin de carrera, Escuela Politécnica Superior. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. Director: J. Gamo. 2007.
- Cabrera, M. *Escribir en Internet*, cap. Blogs, págs. 217 – 227. Galaxia Gutenberg. 2012.
- Capmany, J. y Tamarit, B. “MOOC Fundamentos de Comunicaciones Ópticas”. URL <http://cursocomunicacionesopticas.upvx.es/ficha>. 2014.
- Carmena, E. *El modelo UNED como aproximación al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) a través de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)*. Tesis Doctoral, Facultad de Educación, UNED. 2013.
- Carnicer, A. “Curso JOptics”. URL <http://www.ub.es/javaoptics>. 2014.
- Carswell, L.; Thomas, P.; Petre, M.; Price, B. y Richards, M. “Distance education via the Internet: the student experience”. *British Journal of Educational Technology*, tomo 31, nº 1: págs. 29 – 46. 2000.
- Casas, J. *Óptica*. Cooperativa de Artes Gráficas, Zaragoza. 1985.
- Castillo, S. y Cabrerizo, J. *Evaluación educativa de aprendizajes y competencias*. Pearson, Madrid. 2010.
- Chang, G. W.; Yeh, Z. M.; Chang, H. M. y Pan, S. Y. “Teaching photonics laboratory using remote-control web technologies”. *IEEE Transactions on Education*, tomo 48, nº 4: págs. 642 – 651. 2005.

- Chaos, D.; Chacón, J.; Lopez-Orozco, J. A. y Dormido, S. “Virtual and Remote Robotic Laboratory Using EJS, MATLAB and LabVIEW”. *Sensors*, tomo 13: págs. 2595 – 2612. 2013.
- Collier, R. J.; Burckhardt, C. B. y Lin, L. H. *Optical Holography*. Academic Press, Inc., New York. 1971.
- Consejería de Educación, Juventud y Deporte de la Comunidad de Madrid. “Centros extranjeros autorizados por la Comunidad de Madrid”. URL <http://www.emes.es/Sistemauniversitario/CentrosautorizadosExtranjeros/tabid/659/Default.aspx>. 1996.
- Cronbach, L.J. “Coefficient alpha and the internal structure of tests”. *Psychometrika*, tomo 16, nº 3: págs. 297 – 334. 1951.
- Davis, F. D. “User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts”. *Int. J. Man-Machine Studies*, tomo 38: págs. 475 – 487. 1993.
- Debye, P. y Sears, F.W. “On the scattering of light by supersonic waves”. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, tomo 18, nº 6: págs. 409 – 414. 1932.
- Dormido, S. “Control learning: present and future”. *Annual Reviews in Control*, tomo 28, nº 1: págs. 115 – 136. 2004.
- Dormido, S.; Sánchez, J.; Vargas, H.; de-la Torre, L. y Heradio, R. *Using Remote Labs in Education*, cap. UNED Labs: A network of virtual and remote laboratories, págs. 253 – 270. University of Deusto Publications, Bilbao. 2012.
- Dziabenko, O. y García-Zubía, J. *IT Innovative Practices in Secondary Schools: Remote Experiments*. University of Deusto, Bilbao. 2013.
- Edmondson, D. R. “Likert scales: a history”. En L. C. Neilson, editor, “The Future of Marketing’s Past. Proceedings of the 12th Conference on Historical Analysis and Research in Marketing (CHARM)”, págs. 127 – 133. Association for Historical Research in Marketing, Long Beach, CA, USA. 2005.
- Education, Audiovisual and Culture Executive Agency. “Developing Key Competences at School in Europe: Challenges and Opportunities for Policy (Eurydice Report)”. URL http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic_reports/145EN.pdf. 2012a.

- Education, Audiovisual and Culture Executive Agency. “The European Higher Education Area in 2012: Bologna Process Implementation Report”. URL <http://www.ehea.info/Uploads/%281%29/Bologna%20Process%20Implementation%20Report.pdf>. 2012b.
- Esquembre, F. “Easy Java Simulations. A software tool to create scientific simulations in Java”. *Comput. Phys. Commun.*, tomo 156: págs. 199 – 204. 2004.
- Feisel, L. y Rosa, A. “The role of the laboratory in undergraduate engineering education”. *Journal of Engineering Education*, tomo 94: págs. 121 – 130. 2005.
- Fishbein, M. y Ajzen, I. *Belief, attitude, intention and behavior: an introduction to theory and research*. Addison-Wesley, Reading, MA. 1975.
- Free Software Foundation. “GNU General Public License”. URL <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>. 2014.
- Frey, L. R.; Botan, C. H. y Kreps, G. L. *Investigating communication. An introduction to research methods*. Allyn and Bacon, Needham Heights, MA, 2^a ed^{ón}. 2000.
- Fundación Ibercivis. “Ibercivis. La ciencia en casa”. URL <http://www.ibercivis.es/>. 2014.
- Gairín, J. *Diseño, desarrollo e innovación del curriculum en las instituciones educativas*, cap. La innovación educativa, págs. 117 – 176. Universitas, Madrid. 2002.
- Gamo, J. *Contribución al estudio y desarrollo de arquitecturas para interconexión óptica de señales y reconocimiento de Imágenes*. Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. URL <http://oa.upm.es/1991>. 2000.
- Gamo, J. *Advanced Holography - Metrology and Imaging*, cap. A contribution to virtual experimentation in Optics, págs. 357 – 374. InTech, Rijeka (Croatia). 2011.
- Gamo, J. “Laboratorios virtuales remotos: experimentación a golpe de click”. URL <http://www.lavozdelaciencia.com/retos-acts/sociedad/laboratorios-virtuales-remotos-experimentacion-a-golpe-de-click.html>. 2013.
- Gamo, J. “Survey on Virtual Remote Labs (students)”. URL https://slu.az1.qualtrics.com/SE/?SID=SV_byc1qTRcQfqlq7j. 2014a.

- Gamo, J. “Survey on Virtual Remote Labs (teachers)”. URL https://slu.az1.qualtrics.com/SE/?SID=SV_elgxvJqskdgRglT. 2014b.
- Gamo, J.; Iglesias, R. y Esteban, O. “Modelado, diseño e implementación de la interacción acusto-óptica con fines docentes”. En J. L. Martín, editor, “XVII Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación, SAAEI”, págs. 399 – 404. Universidad del País Vasco, Bilbao. 2010.
- Gamo, J. y Novakova, J. “Propuestas para enseñanza virtual de laboratorios en estudios técnicos”. En M. Santamaría y A. Sánchez-Elvira, editores, “Innovación Docente Universitaria en Entornos de Aprendizaje Enriquecidos”, págs. 14 – 16. I Jornadas Internacionales de Innovación Docente Universitaria en Entornos de Aprendizaje Enriquecidos, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid. URL <http://congresos.uned.es/w3433/>. 2012a.
- Gamo, J. y Novakova, J. “Teaching innovation in technical studies: a case study”. En “International Congress on University Teaching and Innovation”, Universidad Pompeu Fabra, Barcelona. URL <http://www.cidui.org/revista-cidui12/index.php/cidui/article/view/435>. 2012b.
- Gamo, J.; Novakova, J.; Medina, A. y Rodr. “Validación de requisitos funcionales de un Laboratorio Virtual Remoto como apoyo al blended learning”. *Revista de Educación a Distancia*, tomo 45: págs. 1 – 37. URL <http://www.um.es/ead/red/45/>. 2015.
- Gamo, J.; Novakova, J.; Rodrigo, C. y Medina, A. “Innovations in optics and photonics for higher education”. En J. Havlíček, editor, “Efficiency and Responsibility in Education 2014”, págs. 147 – 153. Czech University of Life Sciences Prague, Praga. URL <http://erie.pef.czu.cz/index.php?idScript=15>. 2014.
- Gamo, J.; Ortega, J. A.; Cabrera, J. J.; Velilla, F. y Esteban, O. and Lázaro, J. L. “From optical bench to computer and back to optical bench”. *Optica Pura y Aplicada*, tomo 41, nº 1: págs. 25 – 30. URL http://www.sedoptica.es/Menu_Volumenes/Pdfs/272.pdf. 2008.
- García, J. L.; González, M. A. y Balleteros, B. *Introducción a la investigación en educación*. UNED. 2001.
- García-Zubía, J. y Alves, G. *Using Remote Labs in Education*. University of Deusto Publications, Bilbao. URL <http://www.deusto-publicaciones.es/index.php/main/libro/913>. 2012.

- George, D. y Mallery, P. *SPSS/PC + Step by Step: A Simple Guide and Reference*. Wadsworth, Belmont, CA. 1994.
- Gil-Chaveznavia, P. “El diseño curricular y los diversos modelos educativos”. URL http://cbi.izt.uam.mx/content/eventos_divisionales/Seminarios/Seminario_Disenio_Curricular/. 2007.
- González, R. C. y Woods, R. E. *Tratamiento digital de imágenes*. Ediciones Díaz de Santos, S.A. 1996.
- Gonzálvez, D. *Simulación del fenómeno Moiré mediante Matlab*. Proyecto fin de carrera, Escuela Politécnica Superior. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. Director: J. Gamio. 2010.
- Gooch & Housego. “AO Q-SWITCH QSxx-xx-x”. URL <http://www.goochandhousego.com>. 2001.
- Goodman, J. W. *Introduction to Fourier Optics*. McGraw-Hill Inc., New York, 2^a ed^{ón}. 1996.
- Goutzoulis, A. P. y Pape, D. R. *Design and Fabrication of Acousto-Optic Devices*. Marcel Dekker, Inc., New York. 1994.
- Grady, K. E. y Wallston, B. S. *Research in health care setting*. Sage Publications, Thousand Oaks, CA. 1988.
- Hecht, E. *Optics*. Addison-Wesley, New York, 4^a ed^{ón}. 2002.
- IBM. “SPSS Statistics”. URL <http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/products/statistics/>. 2014.
- Ichikawa, H.; Taghizadeh, M. y Turunen. “Noninterferometric fabrication of computer-generated phase holograms on silver halide photographic emulsion”. *Optical Engineering*, tomo 30, n^o 12: págs. 1869 –1877. 1991.
- Iglesias, R. *Simulación del fenómeno acusto-óptico mediante Matlab*. Proyecto fin de carrera, Escuela Politécnica Superior. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. Director: J. Gamio. 2010.
- Infosurv, Inc. “5-point vs. 6-point Likert Scales”. Infosurv White Paper. URL http://www.infosurv.com/wp-content/uploads/2011/01/Likert_Scale_Debate.pdf. 2011.

- Johnson, D. W. y Johnson, R. *Learning together and alone: Cooperative, competitive, and individualistic learning*. Allyn & Bacon, Boston, MA. 1999.
- Kernighan, B. W. y Ritchie, D. M. *The C Programming Language*. Prentice Hall, New Jersey, 2^a ed^{ón}. 1988.
- Leitwood, K; Jantzi, D. y McElherson-Hopkins, Ch. “The development and testing of a school improvement model”. *School effectiveness and school improvement*, tomo 17, n^o 4: págs. 441 – 464. 2006.
- Likert, R. “A technique for the measurement of attitudes”. *Archives of Psychology*, tomo 140: págs. 5 – 55. 1932.
- Liu, I. F.; Chen, M. C.; Sun, Y. S.; Wible, D. y Kuo, C. “Extending the TAM model to explore the factors that affect Intention to Use an Online Learning Community”. *Computers and Education*, tomo 54: págs. 600 – 610. 2010.
- López, D. “Guía para Investigadores en Educación”. *IEEE-RITA*, tomo 5, n^o 3: págs. 115 – 121. 2010.
- López, E.; Miranda, J. y Galante, R. *Análisis de datos en Ciencias del comportamiento y Educación*. Universidad de Málaga. 1993.
- Lucas, R. y Biquard, P. “Optical properties of solid and liquid medias subjected to high-frequency elastic vibrations”. *Journal de Physique*, tomo 71: págs. 464 – 477. 1932.
- Malacara. *Optical Shop Testing*. Wiley, New York. 1992.
- Marcotte, E. “Responsive web design”. URL <http://alistapart.com/article/responsive-web-design>. 2010.
- Mathworks. *Matlab: The Language of Technical Computing*. URL <http://es.mathworks.com/products/matlab/>. 2014.
- McCormick. “Generation of large spot arrays from a single laser beam by multiple imaging with binary phase gratings”. *Optical Engineering*, tomo 28, n^o 4: págs. 299 – 304. 1989.
- Medina, A. *Innovación de la educación y de la docencia*. Ramón Areces, Madrid. 2009.
- Medina, A. y Domínguez, M. C. *Didáctica. Formación básica para profesionales de la educación*. Editorial Universitas, S.A. 2009.

- MERLOT. “Merlot classics awards”. URL http://documents.merlot.org/Awards/MERLOTawards_exemplaryClassics.pdf. 2010.
- Mitchell-Waldrop, M. “Education online: the virtual lab”. *Nature*, tomo 499, n^o 7458: págs. 268 – 270. 2013.
- Moodle. “Moodle”. URL <http://moodle.org>. 2014.
- Morales, P. *Medición de actitudes en psicología y educación*. Universidad Pontificia Comillas. 2006.
- Morris, M.; Morris, M. G. y Dillon, A. “The influence of user perceptions on software utilization: application and evaluation of a theoretical model of technology acceptance”. *IEEE Software*, tomo 14: págs. 58 – 76. 1997.
- Morrison, R. L. “Symmetries that simplify the design of spot array phase gratings”. *Journal of the Optical Society of America - A*, tomo 9, n^o 3: págs. 464 – 471. 1992.
- Nandana, W. A. R.; de Mel, W. R. y Priyankara, H. D. N. S. “Online Remote Laboratory for Open Distance Learning”. En “First International Conference on Open and Distance e-Learning”, Manila, Phillipines. 2012.
- National Instruments. “NI LabWindows/CVI”. URL <http://www.ni.com/lwcv/esa/>. 2014a.
- National Instruments. “NI PCI-6013”. URL <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/11441>. 2014b.
- Neos. “Innovación Abierta”. URL <http://www.neos.cl/innovacion-abierta/>. 2014.
- NEWPORT Corporation. “Optical Power Meter 1830-C”. URL http://www.newport.com/file_store/User_Manuals/1830-C_Manual.pdf. 1994.
- North Central Association of Colleges and Secondary Schools. “Higher Learning Commission (HLC)”. URL http://www.ncahlc.org/component/com_directory/Action,ShowBasic/Itemid,/instid,1459/. 2014.
- Novo-Corti, I.; Varela-Candamio, L. y Ramil-Díaz, M. “E-learning and face to face mixed methodology: Evaluating effectiveness of e-learning and perceived satisfaction for a microeconomic course using the Moodle platform”. *Computers in Human Behavior*, tomo 29, n^o 2: págs. 410 – 415. 2013.

- Nunnally, J. C. *Psychometric theory*. McGraw-Hill Inc., New York, USA. 1978.
- Oracle Corporation. “Java”. URL <https://www.java.com/es/>. 2014a.
- Oracle Corporation. “MySQL”. URL <http://www.mysql.com/>. 2014b.
- Orcad. “OrCAD EE (PSpice) Designer”. URL <http://www.orcad.com/products/orcad-ee-pspice-designer/overview>. 2014.
- Ortega, J. A. *Hologramas Generados por Ordenador con Matlab*. Proyecto fin de carrera, Escuela Politécnica Superior. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. Director: J. Gamo. 2009.
- OSI. “Open Source Initiative”. URL <http://opensource.org/>. 1998.
- Pascual, J. A. “App de IKEA con realidad aumentada: sus muebles en tu casa”. URL <http://computerhoy.com/noticias/apps/app-ikea-realidad-aumentada-sus-muebles-tu-casa-5439>. 2013.
- Persico, D.; Manca, S. y Pozzi, F. “Adapting the Technology Acceptance Model to evaluate the innovative potential of e-learning systems”. *Computers in Human Behavior*, tomo 30: págs. 614 – 622. 2014.
- Reguero, L. *Módulo evaluador de transmisión en enlaces de fibra óptica*. Proyecto fin de carrera, Escuela Politécnica Superior. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. Director: J. Gamo. 2009.
- Reynolds, G.; De Velis, J. B.; Parrent, G. B. y Thompson, B. J. *The New Physical Optics Notebook: Tutorials in Fourier Optics*. SPIE, Bellingham, Washington. 1989.
- Ricardo, C. T. *Formación y desarrollo de la competencia intercultural en ambientes virtuales de aprendizaje*. Tesis Doctoral, Facultad de Educación, UNED. 2013.
- Ros, S.; Robles-Gómez, A.; Hernández, R.; Caminero, A. C. y Pastor, R. “Using virtualization and automatic evaluation: adapting network services management courses to the EHEA”. *IEEE Transactions on Education*, tomo 55, nº 2: págs. 196 – 202. 2012.
- Saleh, B. E. A. y Teich, M. C. *Fundamental of Photonics*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 1991.
- Samus. *Computer Design and Optimisation of Holographic Phase Elements*. Tesis Doctoral, The University of Edinburgh, Edinburgh, UK. 1995.

- Serrano, F.; Holocher-Ertl, T.; Kieslinger, B.; Sanz, F. y G. Silva, C. *White Paper on Citizen Science for Europe*. URL <http://www.socientize.eu/sites/default/files/white-paper.pdf>. 2014.
- Sharma, A. *Understanding Color Management*. Thomson Delmar Learning, New York. 2004.
- Shor, M. H.; Bohus, C. y Atkan, B. *Using remote labs in education*, cap. Second best to being there: an historical perspective, págs. 27 – 52. University of Deusto Publications. 2011.
- Sieradzki, S. *Color theory and color management for educational purposes*. Proyecto fin de carrera, Escuela Politécnica Superior. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. Director: J. Gamo. 2012.
- SLU. “Saint Louis University - Madrid campus”. URL <http://spain.slu.edu>. 2014.
- Snow, J. *Qualtrics Survey Software. Handbook for Research Professionals*. Qualtrics Labs Inc., Provo, Utah. URL <http://www.Qualtrics.com>. 2012.
- Strauss. “The flip: Turning a classroom upside down”. *Washington Post*. 2012.
- The Eclipse Foundation. “Eclipse”. URL <https://www.eclipse.org/>. 2014.
- The PHP Group. “PHP”. URL <http://php.net/>. 2014.
- The World Wide Web Consortium (W3C). “Cascading Style Sheets (CSS)”. URL <http://www.w3.org/Style/CSS/Overview.en.html>. 2014.
- Thorlabs. “PDA55 - Amplified Si Photodetector”. URL <http://www.thorlabs.de/thorproduct.cfm?partnumber=PDA55>. 2014.
- Touriño, A. “Bienvenidos a la era de la economía colaborativa”. *El Mundo*, , nº 01. URL <http://www.elmundo.es/tecnologia/2015/01/11/54acd472ca4741c6298b456a.html>. 12 de enero de 2015.
- Tricoles. “Computer generated holograms: An historical review”. *Applied Optics*, tomo 26, nº 20: págs. 4351 – 4360. 1987.
- Trujillo, J. M.; Cáceres, M. P.; Hinojo, F. J.; Aznar, I. y Pérez, E. *Investigación e innovación de la docencia universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior*, cap. Competencias TIC y adaptación metodológica de los docentes al EEES, págs. 361 – 367. Ramón Areces, Madrid. 2010.

- UNED. “aLF”. URL <https://www.innova.uned.es/servicios/alf/>. 2014a.
- UNED. “Red de Laboratorios Colaborativos Virtuales y Remotos”. URL <http://unilabs.dia.uned.es/>. 2014b.
- UNED. “UNED Abierta”. URL <http://unedcoma.es/>. 2014c.
- US News and World Report. “Best Colleges National Universities Rankings”. URL <http://colleges.usnews.rankingsandreviews.com/best-colleges/st-louis-university-2506>. 2015.
- Velilla, F. *Simulación de fenómenos ópticos con Matlab*. Proyecto fin de carrera, Escuela Politécnica Superior. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. Director: J. Gamo. 2005.
- WordPress. “WordPress.org”. URL <https://wordpress.org/>. 2014.
- Yaroslavskii, L. P. y Merzlyakov, N. S. *Methods of Digital Holography*. Plenum Publishing Company, New York. 1980.
- Yu, F. T. S. y Jutamulia, S. *Optical Pattern Recognition*. Cambridge University Press, New York. 1998.

Apéndice A

Cuestionario piloto para estudiantes

IMPROVEMENT SURVEY

This questionnaire is anonymous so we expect you to answer honestly.

1. *Have you ever taken a course using a virtual teaching platform? (YES / NO)*
2. *Would you be in favour of using a remote data acquisition platform, in support of classroom teaching in the laboratory? (YES / NO)*
4. *Do you have internet connection at home? (YES / NO)*
5. *If so, what type of connection do you have?*
 - ADSL 20 MB
 - ADSL 10 MB
 - ADSL 6 MB
 - ADSL < 4MB
 - Do not know
6. *How much time per week devoted to remotely connect to the platform?*
 - Less than 1 hour
 - 1 to 3 hours
 - 3 to 6 hours
 - More than 6 hours.
7. *Rate the preferred time slot to connect to the platform (1 = "strongly disagree" and 5 = "strongly agree")*

Rate (1 to 5)

 - From 8.00h to 14.00
 - From 14.00 to 20.00h
 - After 20.00h
8. *From which location will you preferably connect to the platform? (1 = "strongly disagree" and 5 = "strongly agree")*

Rate (1 to 5)

 - From home
 - From University facilities
 - From work
9. *Rate what you consider most useful tools (1 = "strongly disagree" and 5 = "strongly agree")*

Rate (1 to 5)

 - E-mail with Professor and other students
 - Open forums to raise doubts
 - Chat sessions with Professor
 - Tutorials and examples
10. *Additional comments / suggestions*

Thank you very much for your cooperation

Apéndice B

Cuestionario de requisitos para estudiantes

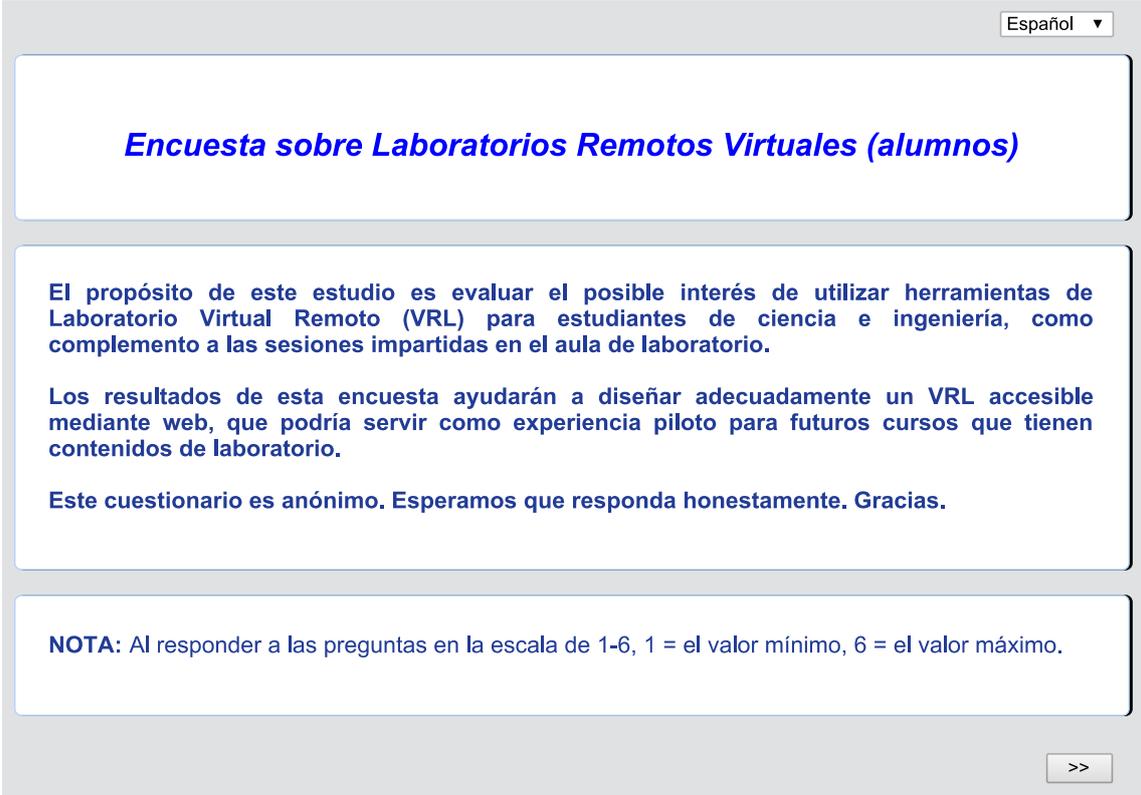
B.1. Bloque 0: Introducción

La encuesta para estudiantes se ha elaborado utilizando la herramienta QUALTRICS, que permite elaborar encuestas a través de la *web*. La URL para poder acceder a la encuesta fue: https://slu.az1.qualtrics.com/SE/?SID=SV_byc1qTRcQfq1q7j. Dicha URL ha sido distribuida mediante correo electrónico entre los participantes.¹

La Figura B.1 muestra la ventana de bienvenida que se muestra al encuestado. El encuestado puede elegir el idioma que desee para la encuesta (español o inglés).²

¹El correo electrónico con la URL de acceso a la encuesta fue distribuido entre profesores de asignaturas científico-técnicas de las universidades participantes, para que estos lo remitiesen, a su vez, a sus estudiantes.

²Por defecto, la encuesta está diseñada para que reconozca el idioma del navegador web utilizado, si bien el usuario puede cambiar de idioma al inicio de la encuesta, si así lo desea.



Español ▾

Encuesta sobre Laboratorios Remotos Virtuales (alumnos)

El propósito de este estudio es evaluar el posible interés de utilizar herramientas de Laboratorio Virtual Remoto (VRL) para estudiantes de ciencia e ingeniería, como complemento a las sesiones impartidas en el aula de laboratorio.

Los resultados de esta encuesta ayudarán a diseñar adecuadamente un VRL accesible mediante web, que podría servir como experiencia piloto para futuros cursos que tienen contenidos de laboratorio.

Este cuestionario es anónimo. Esperamos que responda honestamente. Gracias.

NOTA: Al responder a las preguntas en la escala de 1-6, 1 = el valor mínimo, 6 = el valor máximo.

>>

Figura B.1 Pantalla de bienvenida en la encuesta de estudiantes

Tras leer este mensaje de bienvenida, pulsando el botón  de la parte inferior, se accede a la ventana de la [Figura B.2](#).

B.2. Bloque 1: Preguntas sobre población encuestada

A continuación, se muestran las preguntas relativas a las variables de identificación, descritas en la [Tabla 3.3](#) de la [Sección 3.2.6.2](#).

La [Figura B.2](#) muestra la primera de estas pantallas, donde se muestran las primeras variables que conforman ese bloque. El resto de variables de identificación son recogidas en la pantalla siguiente, mostrada en la [Figura B.3](#).

Los botones  y  permiten al usuario avanzar y retroceder por las distintas pantallas que conforman el cuestionario de requisitos. En la parte inferior de cada ventana, se muestra una barra de progreso, que indica al encuestado el porcentaje de preguntas restante para terminar la encuesta, con objeto de animarle para que siga adelante en la cumplimentación del cuestionario.

Español ▾

Introduzca su edad

Género

Hombre Mujer Prefiero no especificar

Universidad

Universidad Charles en Praga Universidad Carlos III de Madrid

Universidad Checa de Ciencias de la Vida de Praga Universidad Complutense de Madrid

Universidad de San Luis - Madrid Campus Universidad Miguel Hernández de Elche

Universidad de San Luis - San Luis Campus Universidad Rey Juan Carlos

Universidad de Colorado Boulder Universidad Politécnica de Madrid

UNED Universidad de Sevilla

Universidad de Alcalá Otros (por favor indicar)

Universidad Autónoma de Madrid

Especialidad

Ingeniería Aeroespacial Ingeniería Eléctrica / Ingeniería Electrónica

Bioquímica Ingeniería Ambiental / Ciencias Medioambientales

Biología Ingeniería Industrial / Ingeniería Mecánica

Ingeniería Biomédica Física

Química / Ingeniería Química Ingeniería de Telecomunicaciones

Ingeniería Informática Otros (por favor indicar)

Ingeniería civil / Ingeniería de Caminos

<< >>

Figura B.2 Variables del bloque 1 (parte 1)

Español ▼

Indique el curso más alto en que se encuentre matriculado

¿Tiene algún tipo de trabajo remunerado?

Sí No

Estudios previos (por favor indique el grado más alto alcanzado)

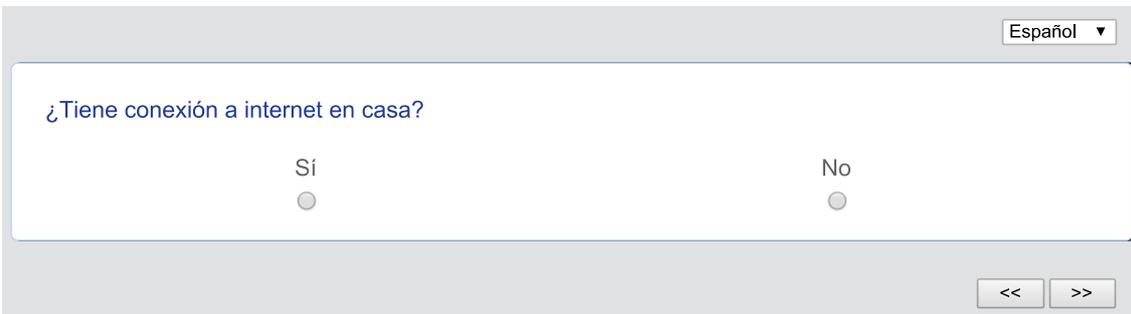
Ocupación principal

- Estudiante
- Estudio y busco empleo
- Estudio y tengo trabajo temporalmente
- Estudio y tengo trabajo fijo
- Estudiante jubilado
- Otra (especificar)

Figura B.3 Variables del bloque 1 (parte 2)

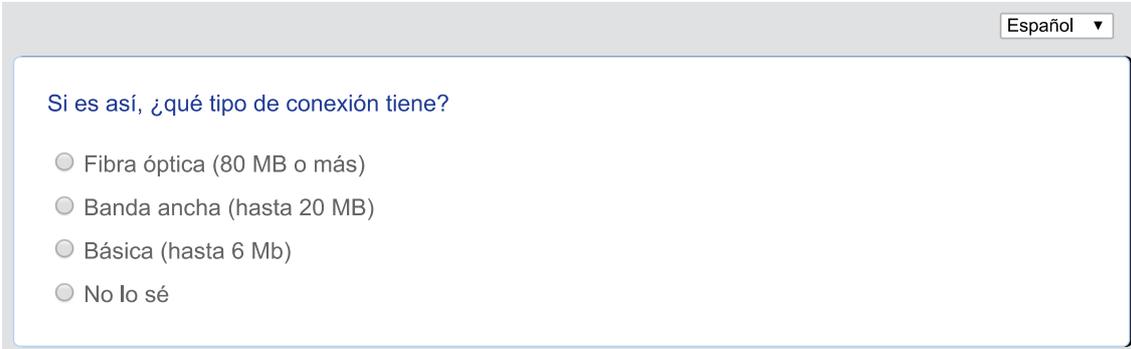
B.3. Bloque 2: Preguntas generales sobre enseñanza virtual

Las variables descritas en la [Tabla 3.4](#) de la [Sección 3.2.6.3](#), son recogidas a continuación. La primera pantalla de este bloque, mostrada en la [Figura B.4](#), pregunta sobre la conectividad a internet desde casa. Si respuesta es positiva, se muestran las opciones contempladas en la [Figura B.5](#). En caso contrario, se pasa directamente a las cuestiones referidas en la [Figura B.6](#).



Spanish language interface. Question: ¿Tiene conexión a internet en casa? Options: Sí, No. Navigation buttons: <<, >>

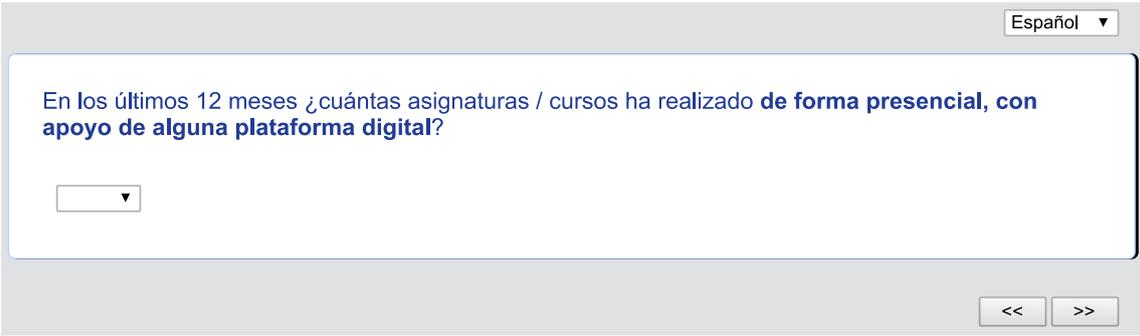
Figura B.4 Variables del bloque 2 (parte 1)



Spanish language interface. Question: Si es así, ¿qué tipo de conexión tiene? Options: Fibra óptica (80 MB o más), Banda ancha (hasta 20 MB), Básica (hasta 6 Mb), No lo sé.

Figura B.5 Variables del bloque 2 (parte 2)

Tras esto, se pregunta por el número de asignaturas presenciales cursadas en los últimos 12 meses, como indica la [Figura B.6](#). Si la respuesta es distinta a 0, continúa con al bloque de preguntas descrito en la [Figura B.7](#). Si el estudiante no ha cursado ninguna asignatura presencial en el último año, es conducido a la pantalla mostrada en la [Figura B.8](#).



Español ▼

En los últimos 12 meses ¿cuántas asignaturas / cursos ha realizado **de forma presencial, con apoyo de alguna plataforma digital?**

▼

<< >>

Figura B.6 Variables del bloque 2 (parte 3)

Español ▾

¿Cuántas horas de trabajo semanal ha empleado usando la plataforma?

1 – 6 h

6 – 12 h

12 – 18 h

> 18 h

Valore su ubicación de conexión preferente a la plataforma

Desde instalaciones de la universidad

Desde el trabajo fuera de la universidad

Desde casa

Otros (por favor indicar)

Valore el horario preferente de conexión a la plataforma

De 8.00h a 14.00h

De 14.00h a 18.00h

De 18.00h a 20.00h

Después de las 20.00h

Valore su grado de satisfacción general con la(s) asignatura(s) y / o curso(s) realizado(s) de forma presencial, con apoyo de alguna plataforma digital

Grado de satisfacción con las asignaturas presenciales cursadas, con apoyo de plataforma digital

<< >>

Figura B.7 Variables del bloque 2 (parte 4)

Español ▾

En los últimos 12 meses, ¿cuántas **asignaturas / cursos totalmente virtuales** (es decir, aprendizaje electrónico, completamente en línea, sin asistencia presencial requerida, etc), ha realizado a través de alguna plataforma digital?

▾

<< >>

Figura B.8 Variables del bloque 2 (parte 5)

Si el estudiante no ha realizado ningún curso virtual en los últimos 12 meses, automáticamente pasa a valorar las razones por las que esto no ha sucedido, como indica la [Figura B.9](#). En caso contrario, se le muestran las opciones incluidas en la [Figura B.10](#) y [Figura B.11](#).

Español ▾

Valore las razones por las que no ha realizado algún curso totalmente virtual en los últimos 12 meses. Puede agregar otras razones adicionales, si lo desea

Mi plan de estudios no contempla la realización de asignaturas no presenciales	☆☆☆☆☆☆
Aunque existen asignaturas no presenciales en mi plan de estudios, he optado por cursar la asignatura equivalente de forma presencial	☆☆☆☆☆☆
No tengo tiempo para realizar cursos on-line, adicionales a mis actuales obligaciones académicas/profesionales	☆☆☆☆☆☆
No creo en la enseñanza totalmente no presencial. Necesito la interacción en clase con el profesor y / o con el resto de compañeros	☆☆☆☆☆☆
Otras razones (por favor indicar)	☆☆☆☆☆☆

<< >>

Figura B.9 Variables del bloque 2 (parte 6)

Español ▼

Indique cuál de las siguientes plataformas alojaba la(s) asignatura(s) y / o curso(s) en cuestión

<input type="checkbox"/> Página web de la Universidad	<input type="checkbox"/> Khan Academy
<input type="checkbox"/> Coursera	<input type="checkbox"/> Miriadax
<input type="checkbox"/> Udacity	<input type="checkbox"/> UNED COMA
<input type="checkbox"/> EDX	<input type="checkbox"/> Otros (por favor indicar)

Piense en la **asignatura / curso totalmente virtual que más satisfacción le produjo** (si sólo realizó 1 asignatura / curso, por favor base sus respuestas en él). Valore cada uno de los siguientes aspectos. Si lo desea, puede agregar otros aspectos positivos adicionales

Área temática	☆☆☆☆☆☆
Formato y presentación del curso	☆☆☆☆☆☆
Actividades obligatorias	☆☆☆☆☆☆
Actividades voluntarias	☆☆☆☆☆☆
Flexibilidad de horario para seguir el curso a mi propio ritmo	☆☆☆☆☆☆
Actitud del docente / coordinador del curso	☆☆☆☆☆☆
Participación de los compañeros	☆☆☆☆☆☆
Otros aspectos (por favor indicar)	☆☆☆☆☆☆

Figura B.10 Variables del bloque 2 (parte 7)

Piense en la **asignatura / curso totalmente virtual que menos satisfacción le produjo** (si sólo realizó 1 asignatura / curso, por favor base sus respuestas en él). Valore cada uno de los siguientes aspectos. Puede agregar más aspectos negativos, si lo desea

El contenido del curso no ha respondido a las expectativas que tenía

El formato y la presentación del curso no eran atractivos

Las fechas de entrega para la presentación de trabajos y / o terminación de módulos eran demasiado cortas, e impidieron completar adecuadamente el curso

El curso era demasiado corto, y no permitía profundizar en algunos contenidos

El curso era demasiado largo. Los mismos contenidos se podrían haber impartido en menos tiempo

Las herramientas de la plataforma (foros, correo electrónico, etc) no permiten la resolución completa de las dudas por parte de los profesores y / o compañeros

Echo de menos la comunicación presencial con el profesor

Echo de menos la interacción personal con los compañeros

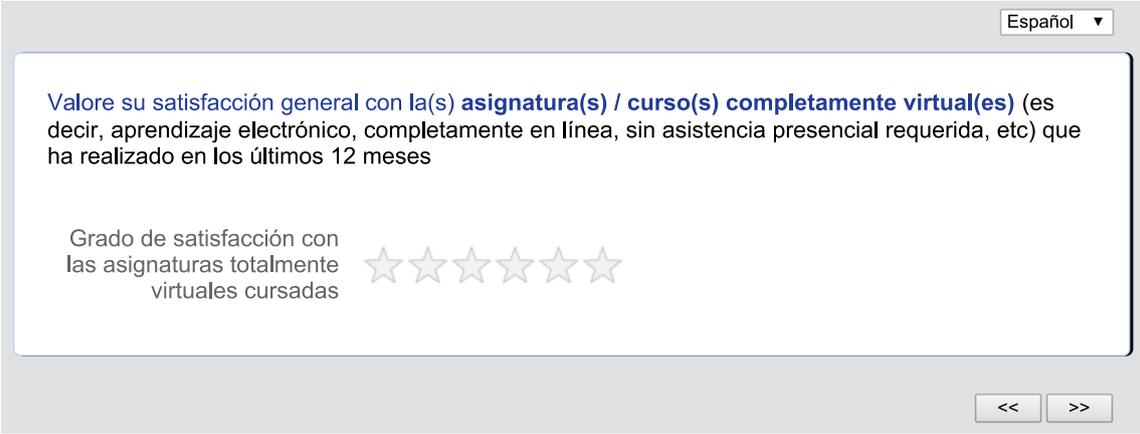
La plataforma era muy lenta, a menudo se perdía la conexión, etc

Otros aspectos (por favor indicar)

<< >>

Figura B.11 Variables del bloque 2 (parte 8)

Como final de este bloque, el estudiante es preguntado sobre el grado de satisfacción general con los cursos totalmente virtuales realizados, tal y como muestra la [Figura B.12](#)



The image shows a screenshot of a survey question in Spanish. At the top right, there is a language dropdown menu set to 'Español'. The main text of the question asks the user to rate their general satisfaction with the virtual courses they have taken in the last 12 months. Below the text is a rating scale consisting of five stars, all of which are currently greyed out, indicating that no rating has been selected. At the bottom right of the survey box, there are two navigation buttons: '<<' and '>>'.

Figura B.12 Variables del bloque 2 (parte 9)

B.4. Bloque 3: Preguntas específicas y cultura colaborativa

Las preguntas específicas sobre [VRL](#), que fueron descritas en la [Tabla 3.5](#) de la [Sección 3.2.6.4](#), comienzan con la pantalla mostrada en la [Figura B.13](#).

Respecto a la pregunta sobre si debe utilizarse o no una plataforma [VRL](#) como apoyo a la enseñanza presencial en laboratorio, si la respuesta es “Sí”, se muestran las preguntas de la [Figura B.14](#) y de la [Figura B.15](#).

Si el estudiante considera que el uso de una plataforma [VRL](#) como apoyo de la enseñanza presencial no es adecuado, se le pide que dé razones para justificar dicha decisión, como muestra la [Figura B.16](#).

Por último, los aspectos colaborativos (presencia en redes sociales, conocimiento de herramientas cooperativas, participación en *blogs*) se exploran en las siguientes pantallas.

Español ▼

Piense en una asignatura de su plan de estudios, que contenga prácticas de laboratorio. Si no tienes ninguna, piense en alguna asignatura / carrera que requiera de algún tipo de práctica experimental

¿La asignatura en cuestión permite actualmente la realización de experimentación virtual y / o remota de alguna forma (es decir, simulaciones en línea, gestión remota de instrumentos, etc)?

Sí No

En su opinión, ¿se debe utilizar una plataforma virtual a distancia, como apoyo a la enseñanza presencial en el laboratorio?

Sí No

<< >>

Figura B.13 Variables del bloque 3 (parte 1)

Español ▾

¿Puede indicar brevemente por qué debería usarse una plataforma virtual remota, como apoyo a la enseñanza en el aula de laboratorio?

¿Alguna vez ha participado en el diseño, prueba y / o validación de cualquier herramienta digital para la realización de prácticas de laboratorio virtuales y / o remotas?

Sí
 No

¿Qué **contenidos** encuentra más interesante para ser incluidos en la plataforma digital? Valore cada uno de los siguientes contenidos. Puede agregar otros contenidos no contemplados, si así lo desea

Manual de prácticas, para llevar a cabo las sesiones reales en el aula de laboratorio	☆☆☆☆☆☆
Descarga de vídeos de experimentos reales	☆☆☆☆☆☆
Cuestiones previas, que sirvan para introducir la sesión experimental que realizará en el aula de laboratorio	☆☆☆☆☆☆
Ejercicios de autoevaluación que sirvan para fortalecer el conocimiento de las prácticas en el aula, una vez llevadas a cabo	☆☆☆☆☆☆
Software de simulación de los fenómenos en estudio (al que se pueda acceder en cualquier momento, antes / después de la sesión de práctica en el aula de laboratorio)	☆☆☆☆☆☆
Realización de experimentos "en vivo" manejando instrumentación real de forma remota, y visualizando los resultados en mi propio ordenador (requiere reservar una franja horaria entre las disponibles)	☆☆☆☆☆☆
Otros contenidos (indicar)	☆☆☆☆☆☆

<<
>>

Figura B.14 Variables del bloque 3 (parte 2)

Español ▾

Valore las **herramientas** que considere más útiles de la plataforma virtual

Correo electrónico con el instructor y otros estudiantes	☆☆☆☆☆☆
Foros abiertos para el debate, proponer dudas, etc	☆☆☆☆☆☆
Sesiones de chat con el profesor	☆☆☆☆☆☆
Enlaces externos para ampliar información	☆☆☆☆☆☆
Otras herramientas (por favor indicar)	☆☆☆☆☆☆

Figura B.15 Variables del bloque 3 (parte 3)



Español ▼

¿Puede indicar brevemente por qué **NO** se debería usar una plataforma virtual remota, como apoyo a la enseñanza en el aula de laboratorio?

<<

>>

Figura B.16 Variables del bloque 3 (parte 4)

Valore su presencia en **redes sociales** (si no la conoce, no marque nada)

	☆☆☆☆☆☆
	☆☆☆☆☆☆
	☆☆☆☆☆☆
	☆☆☆☆☆☆
	☆☆☆☆☆☆
	☆☆☆☆☆☆

Figura B.17 Variables del bloque 3 (parte 5)

Español ▾

Valore las **aplicaciones** siguientes, en relación con el **conocimiento** que tenga de las mismas

 Dropbox	☆☆☆☆☆☆
 EVERNOTE	☆☆☆☆☆☆
Doodle Easy scheduling	☆☆☆☆☆☆
 Google Drive	☆☆☆☆☆☆
 SkyDrive	☆☆☆☆☆☆

Valore las siguientes **aplicaciones**, en relación con el **uso** que haga de las mismas

 Dropbox	☆☆☆☆☆☆
 EVERNOTE	☆☆☆☆☆☆
Doodle Easy scheduling	☆☆☆☆☆☆
 Google Drive	☆☆☆☆☆☆
 SkyDrive	☆☆☆☆☆☆

Figura B.18 Variables del bloque 3 (parte 6)

Español ▾

¿Escribe en algún blog? Si es así, por favor especifique el tema principal del blog, y si lo desea, la dirección URL

Muchas gracias por su cooperación

<< >>

Figura B.19 Variables del bloque 3 (parte 7)

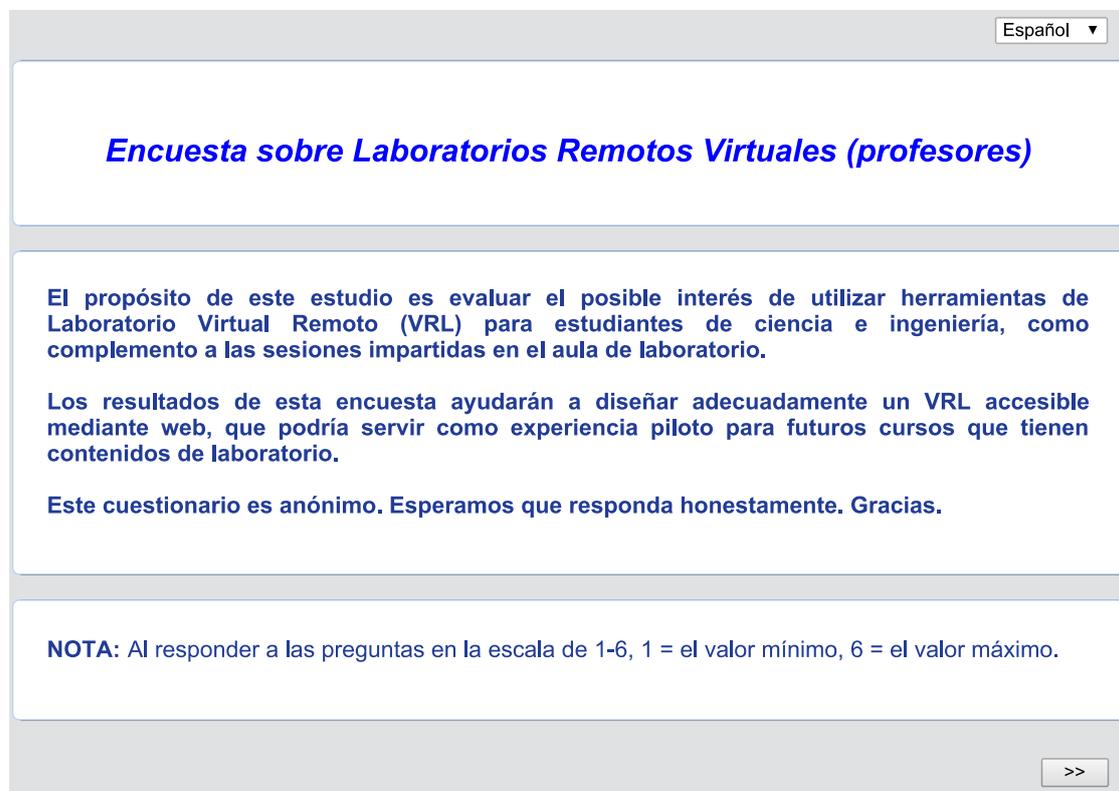
Apéndice C

Cuestionario de requisitos para profesores

C.1. Bloque 0: Introducción

Como ocurre con la encuesta de estudiantes, también la de profesores se ha distribuido mediante correo electrónico a profesores de universidades españolas y extranjeras. El acceso a la encuesta se realiza a través de la URL https://slu.az1.qualtrics.com/SE/?SID=SV_elgxvJqskdgRg1T. La Figura C.1 muestra la ventana de bienvenida que se muestra al encuestado.

Tras leer este mensaje de bienvenida, pulsando el botón  de la parte inferior, se accede a la ventana de la Figura C.2.



Español ▼

Encuesta sobre Laboratorios Remotos Virtuales (profesores)

El propósito de este estudio es evaluar el posible interés de utilizar herramientas de Laboratorio Virtual Remoto (VRL) para estudiantes de ciencia e ingeniería, como complemento a las sesiones impartidas en el aula de laboratorio.

Los resultados de esta encuesta ayudarán a diseñar adecuadamente un VRL accesible mediante web, que podría servir como experiencia piloto para futuros cursos que tienen contenidos de laboratorio.

Este cuestionario es anónimo. Esperamos que responda honestamente. Gracias.

NOTA: Al responder a las preguntas en la escala de 1-6, 1 = el valor mínimo, 6 = el valor máximo.

>>

Figura C.1 Pantalla de bienvenida en la encuesta de profesores

C.2. Bloque 1: Preguntas sobre población encuestada

La [Figura C.2](#) muestra la primera de las pantallas donde se recogen las cuestiones relativas a las variables de identificación, descritas en la [Tabla 3.3](#) de la [Sección 3.2.6.2](#). Estas variables de identificación se extienden a la pantalla siguiente, mostrada en la [Figura C.3](#).

Español ▾

Introduzca su edad

Género

Hombre Mujer Prefiero no especificar

Universidad

Universidad Charles en Praga Universidad Carlos III de Madrid

Universidad Checa de Ciencias de la Vida de Praga Universidad Complutense de Madrid

Universidad de San Luis - Madrid Campus Universidad Miguel Hernández de Elche

Universidad de San Luis - San Luis Campus Universidad Rey Juan Carlos

Universidad de Colorado Boulder Universidad Politécnica de Madrid

UNED Universidad de Sevilla

Universidad de Alcalá Otros (por favor indicar)

Universidad Autónoma de Madrid

Especialidad(es) donde imparte docencia

Ingeniería Aeroespacial Ingeniería Eléctrica / Ingeniería Electrónica

Bioquímica Ingeniería Ambiental / Ciencias Medioambientales

Biología Ingeniería Industrial / Ingeniería Mecánica

Ingeniería Biomédica Física

Química / Ingeniería Química Ingeniería de Telecomunicaciones

Ingeniería Informática Otros (por favor indicar)

Ingeniería civil / Ingeniería de Caminos

Figura C.2 Variables del bloque 1 (parte 1)

Español ▾

Curso(s) donde imparte docencia

1 4

2 5

3 > 5

Ocupación principal

Profesor a tiempo completo

Profesor a tiempo parcial + empleo fuera de la universidad

Otra (especificar)

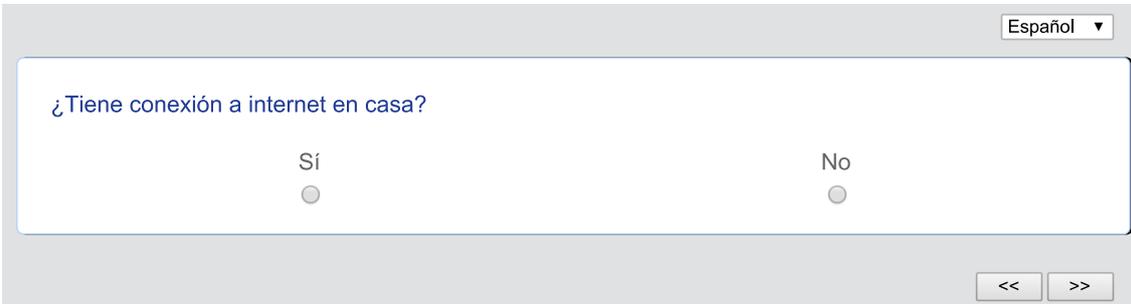
<< >>

Figura C.3 Variables del bloque 1 (parte 2)

C.3. Bloque 2: Preguntas generales sobre enseñanza virtual

Nuevamente, las preguntas del bloque 2, descritas en la [Tabla 3.4](#) de la [Sección 3.2.6.3](#), comienzan preguntando sobre la conectividad a internet desde casa como muestra la [Figura C.4](#).

Si respuesta es positiva, se muestran las opciones contempladas en la [Figura C.5](#). En caso contrario, el encuestado es dirigido directamente a la siguiente pantalla, mostrada en la [Figura C.6](#).



Spanish language selector: Español ▼

¿Tiene conexión a internet en casa?

Sí No

<< >>

Figura C.4 Variables del bloque 2 (parte 1)



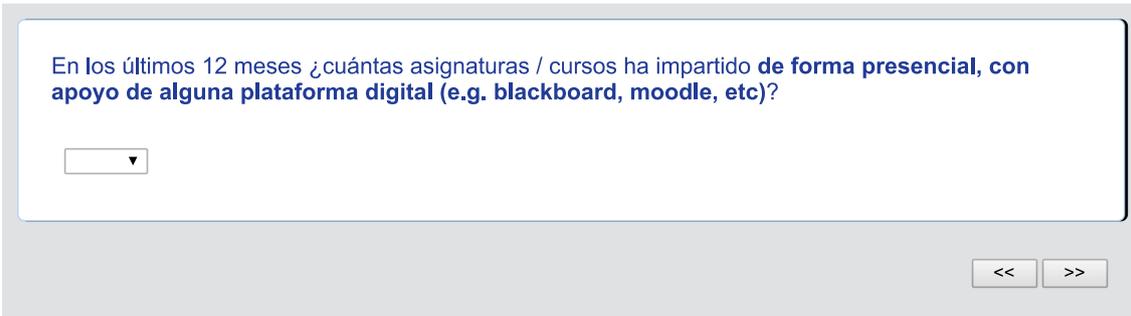
Spanish language selector: Español ▼

Si es así, ¿qué tipo de conexión tiene?

- Fibra óptica (80 MB o más)
- Banda ancha (hasta 20 MB)
- Básica (hasta 6 Mb)
- No lo sé

Figura C.5 Variables del bloque 2 (parte 2)

Tal y como muestra la [Figura C.6](#), el profesor es preguntado sobre el número de cursos presenciales impartidos durante el último año, con apoyo de alguna plataforma virtual. Si la respuesta es igual o mayor que 1, se le muestra el conjunto de preguntas de la [Figura C.7](#) y [Figura C.8](#).



En los últimos 12 meses ¿cuántas asignaturas / cursos ha impartido **de forma presencial, con apoyo de alguna plataforma digital (e.g. blackboard, moodle, etc)**?

<< >>

Figura C.6 Variables del bloque 2 (parte 3)

Español ▾

Indique cuál de las siguientes plataformas servía de apoyo a la(s) asignatura(s) y / o curso(s) presenciales que ha impartido

No lo sé aIF

Blackboard Otros (por favor indicar)

Moodle

¿Cuántas horas de trabajo semanal ha empleado usando la plataforma?

1 - 6 h

6 - 12 h

12 - 18 h

> 18 h

Valore su ubicación de conexión preferente a la plataforma

Desde instalaciones de la universidad ★ ★ ★ ★ ★ ★

Desde el trabajo fuera de la universidad ★ ★ ★ ★ ★ ★

Desde casa ★ ★ ★ ★ ★ ★

Otros (por favor escribe) ★ ★ ★ ★ ★ ★

Valore el horario preferente de conexión a la plataforma

De 8.00h a 14.00h ★ ★ ★ ★ ★ ★

De 14.00h a 18.00h ★ ★ ★ ★ ★ ★

De 18.00h a 20.00h ★ ★ ★ ★ ★ ★

Después de las 20.00h ★ ★ ★ ★ ★ ★

Figura C.7 Variables del bloque 2 (parte 4)



Español ▼

Valore su grado de satisfacción general con la(s) asignatura(s) y / o curso(s) que ha impartido **de forma presencial, con apoyo de alguna plataforma digital**

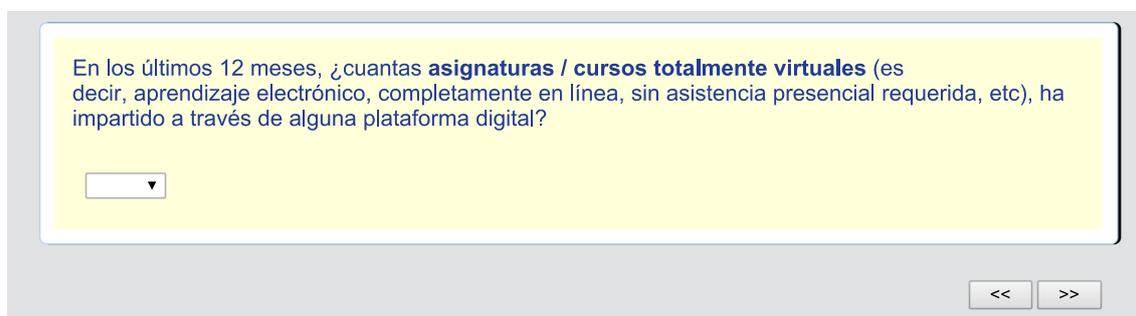
Grado de satisfacción con asignaturas presenciales que ha impartido, con apoyo de plataforma digital

★ ★ ★ ★ ★

Figura C.8 Variables del bloque 2 (parte 5)

A continuación, el profesor es preguntado por el número de asignaturas virtuales impartidas en los últimos 12 meses, como indica la [Figura C.9](#).

Si no ha impartido ningún curso virtual en los últimos 12 meses, automáticamente pasa a valorar las razones por las que esto no ha sucedido, como indica la [Figura C.10](#). En caso contrario, el profesor accede a la pantalla con las cuestiones referidas en la [Figura C.11](#) y la [Figura C.12](#).



En los últimos 12 meses, ¿cuántas **asignaturas / cursos totalmente virtuales** (es decir, aprendizaje electrónico, completamente en línea, sin asistencia presencial requerida, etc), ha impartido a través de alguna plataforma digital?

▼

<< >>

Figura C.9 Variables del bloque 2 (parte 6)

Español ▾

Valore las razones por las que no ha impartido algún curso totalmente virtual en los últimos 12 meses. Puede agregar otras razones adicionales, si lo desea

El(los) plan(es) de estudios que imparto no contempla(n) la realización de asignaturas no presenciales ★★★★★

Aunque existen asignaturas no presenciales en el(los) plan(es) de estudios donde imparto docencia, he optado por impartir la asignatura equivalente de forma presencial ★★★★★

No creo en la enseñanza totalmente no presencial. Necesito la interacción en clase con los estudiantes ★★★★★

Otras razones (por favor indicar) ★★★★★

<< >>

Figura C.10 Variables del bloque 2 (parte 7)

Español ▾

Indique cuál de las siguientes plataformas alojaba la(s) asignatura(s) y / o curso(s) totalmente virtuales que ha impartido

No lo sé aIF

Blackboard Otros (por favor indicar)

Moodle

Piense en la **asignatura / curso totalmente virtual impartido que más satisfacción le produjo** (si sólo impartió 1 asignatura / curso, por favor base sus respuestas en él). Valore cada uno de los siguientes aspectos. Si lo desea, puede agregar otros aspectos positivos adicionales

Área temática ★★★★★

Formato y presentación del curso ★★★★★

Actividades obligatorias ★★★★★

Actividades voluntarias ★★★★★

Flexibilidad de horario para que los alumnos puedan seguir el curso a su propio ritmo ★★★★★

Actitud participativa de los alumnos ★★★★★

Colaboración con otros colegas (que enseñen la misma asignatura, o cualquier otra) ★★★★★

Otros aspectos (por favor indicar) ★★★★★

Figura C.11 Variables del bloque 2 (parte 8)

Piense en la **asignatura / curso totalmente virtual impartido que menos satisfacción le produjo** (si sólo impartió 1 asignatura / curso, por favor base sus respuestas en él). Valore cada uno de los siguientes aspectos. Puede agregar más aspectos negativos, si lo desea

El contenido del curso no ha respondido a las expectativas que tenían los alumnos

El formato y la presentación del curso no eran atractivos

Las fechas de entrega para la presentación de trabajos y / o terminación de módulos eran demasiado cortas, e impidieron completar adecuadamente el curso

El curso era demasiado corto, y no permitía profundizar en algunos contenidos

El curso era demasiado largo. Los mismos contenidos se podrían haber impartido en menos tiempo

Las herramientas de la plataforma (foros, correo electrónico, etc) no permiten la resolución completa de las dudas por parte de los profesores y / o alumnos

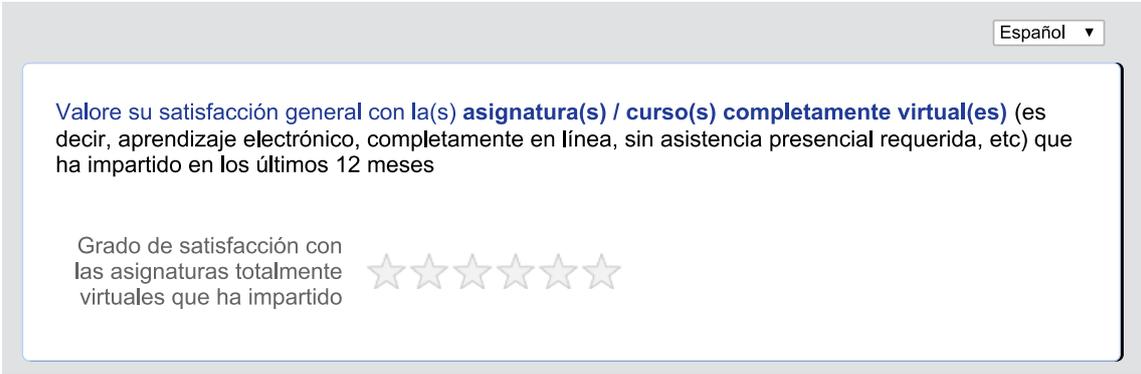
Echo de menos la comunicación presencial con los alumnos

La plataforma era muy lenta, a menudo se perdía la conexión, etc

Otros aspectos (por favor indicar)

Figura C.12 Variables del bloque 2 (parte 9)

El profesor es encuestado ahora sobre el grado de satisfacción general con los cursos totalmente virtuales impartidos, tal y como muestra la [Figura C.13](#)



Spanish language selector: Español ▾

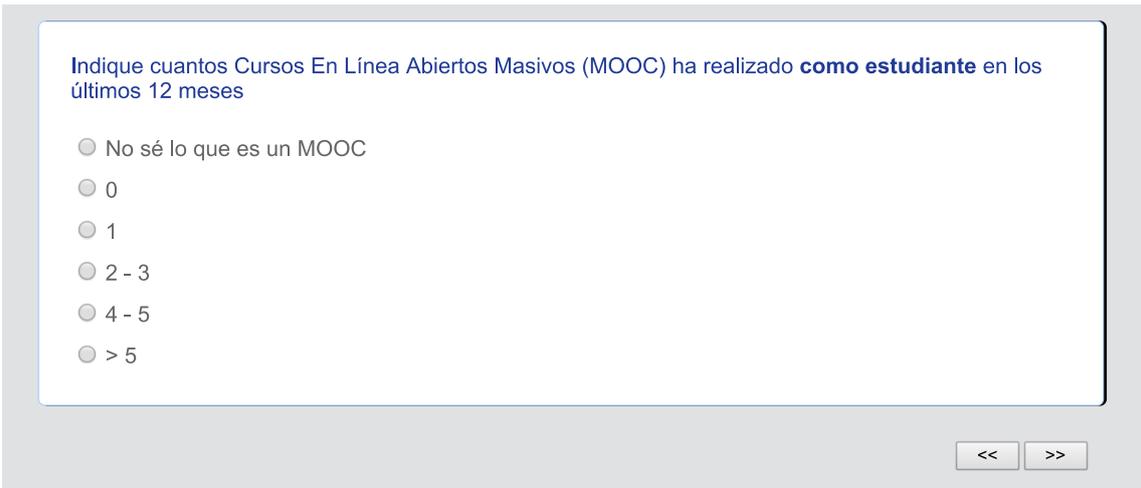
Valore su satisfacción general con la(s) **asignatura(s) / curso(s) completamente virtual(es)** (es decir, aprendizaje electrónico, completamente en línea, sin asistencia presencial requerida, etc) que ha impartido en los últimos 12 meses

Grado de satisfacción con las asignaturas totalmente virtuales que ha impartido

★ ★ ★ ★ ★ ★

Figura C.13 Variables del bloque 2 (parte 10)

Al contrario que en el cuestionario de estudiantes, en el de profesores se incluyen preguntas específicas sobre [MOOCs](#), como se explicó en la [Sección 3.2.6.3](#). La primera de estas preguntas, mostrada en la [Figura C.14](#), cuestiona el número de cursos tipo [MOOC](#) que el profesor ha realizado como estudiante, durante los últimos 12 meses. La(s) plataforma(s) que alojaban estos cursos, se pregunta en la [Figura C.17](#).



Indique cuantos Cursos En Línea Abiertos Masivos (MOOC) ha realizado **como estudiante** en los últimos 12 meses

- No sé lo que es un MOOC
- 0
- 1
- 2 - 3
- 4 - 5
- > 5

<< >>

Figura C.14 Variables del bloque 2 (parte 11)

De igual forma, a continuación se pregunta por el número de cursos [MOOC](#) donde el profesor ha participado como instructor/coordinador, así como las plataformas respectivas que alojaban dichos cursos.

Español ▾

Indique cuál de las siguientes plataformas alojaba el(los) MOOC(s) que ha realizado **como estudiante**

<input type="checkbox"/> Página web de la Universidad	<input type="checkbox"/> Khan Academy
<input type="checkbox"/> Coursera	<input type="checkbox"/> Miriadax
<input type="checkbox"/> Udacity	<input type="checkbox"/> UNED COMA
<input type="checkbox"/> EDX	<input type="checkbox"/> Otros (por favor indicar) <input type="text"/>

Figura C.15 Variables del bloque 2 (parte 12)

Indique por favor el número de Cursos En Línea Abiertos Masivos (MOOCs) donde ha participado **como instructor** durante los últimos 12 meses

No sé lo que es un MOOC

0

1

2 - 3

4 - 5

> 5

<< >>

Figura C.16 Variables del bloque 2 (parte 13)

Español ▾

Indique cuál de las siguientes plataformas alojaba el(los) MOOC(s) donde ha participado **como instructor**

<input type="checkbox"/> Página web de la Universidad	<input type="checkbox"/> Khan Academy
<input type="checkbox"/> Coursera	<input type="checkbox"/> Miriadax
<input type="checkbox"/> Udacity	<input type="checkbox"/> UNED COMA
<input type="checkbox"/> EDX	<input type="checkbox"/> Otros (por favor indicar) <input type="text"/>

<< >>

Figura C.17 Variables del bloque 2 (parte 14)

C.4. Bloque 3: Preguntas específicas y cultura colaborativa

Las preguntas específicas sobre **VRL**, que fueron descritas en la [Tabla 3.5](#) de la [Sección 3.2.6.4](#), comienzan con la pantalla mostrada en la [Figura C.18](#), donde se pregunta al profesor sobre la posibilidad de usar actualmente experimentación virtual/remota en alguna de sus asignaturas, así como la conveniencia o no de utilizar dicha modalidad de enseñanza, a juicio del encuestado.

Spanish

Piense en una asignatura de las que imparta, que contenga prácticas de laboratorio. Si no tienes ninguna, piense en alguna asignatura / carrera que requiera de algún tipo de práctica experimental

¿La asignatura en cuestión permite actualmente la realización de experimentación virtual y / o remota de alguna forma (es decir, simulaciones en línea, gestión remota de instrumentos, etc)?

Sí No

En su opinión, ¿se debe utilizar una plataforma virtual a distancia, como apoyo a la enseñanza presencial en el laboratorio?

Sí No

<< >>

Figura C.18 Variables del bloque 3 (parte 1)

Si la respuesta del profesor sobre la conveniencia de utilizar una plataforma **VRL** como apoyo a la enseñanza presencial en laboratorio es positiva, éste es conducido hacia la valoración de contenidos ([Figura C.19](#)) y herramientas ([Figura C.20](#)) a incluir en la plataforma **VRL**.

Español ▾

¿Puede indicar brevemente por qué debería usarse una plataforma virtual remota, como apoyo a la enseñanza en el aula de laboratorio?

¿Alguna vez ha participado en el diseño, prueba y / o validación de cualquier herramienta digital para la realización de prácticas de laboratorio virtuales y / o remotas?

Sí No

¿Qué **contenidos** encuentra más interesante para ser incluidos en la plataforma digital? Valore cada uno de los siguientes contenidos. Puede agregar otros contenidos no contemplados, si así lo desea

Manual de prácticas. para llevar a cabo las sesiones reales en el aula de laboratorio	☆☆☆☆☆☆
Descarga de vídeos de experimentos reales	☆☆☆☆☆☆
Cuestiones previas, que sirvan para introducir la sesión experimental que realizará en el aula de laboratorio	☆☆☆☆☆☆
Ejercicios de autoevaluación que sirvan para fortalecer el conocimiento de las prácticas en el aula, una vez llevadas a cabo	☆☆☆☆☆☆
Software de simulación de los fenómenos en estudio (al que se pueda acceder en cualquier momento, antes / después de la sesión de práctica en el aula de laboratorio)	☆☆☆☆☆☆
Realización de experimentos "en vivo" manejando instrumentación real de forma remota, y visualizando los resultados en mi propio ordenador (requiere reservar una franja horaria entre las disponibles)	☆☆☆☆☆☆
Otros contenidos (indicar)	☆☆☆☆☆☆

<< >>

Figura C.19 Variables del bloque 3 (parte 2)



Spanish

Valore las **herramientas** que considere más útiles de la plataforma virtual

Correo electrónico con el instructor y otros estudiantes	☆☆☆☆☆☆
Foros abiertos para el debate, proponer dudas, etc	☆☆☆☆☆☆
Sesiones de chat con el profesor	☆☆☆☆☆☆
Enlaces externos para ampliar información	☆☆☆☆☆☆
Otras herramientas (por favor indicar)	☆☆☆☆☆☆

Figura C.20 Variables del bloque 3 (parte 3)

Por contra, si el profesor no considera apropiado el uso de una plataforma **VRL** como apoyo de la enseñanza presencial en laboratorio, es preguntado por las razones por las que piensa así, como muestra la **Figura C.21**.



Spanish

¿Puede indicar brevemente por qué **NO** se debería usar una plataforma virtual remota, como apoyo a la enseñanza en el aula de laboratorio?

<< >>

Figura C.21 Variables del bloque 3 (parte 4)

Como ocurría con la encuesta de estudiantes, también en el caso de los profesores se indaga sobre aspectos colaborativos (presencia en redes sociales, conocimiento de herramientas cooperativas, participación en *blogs*), como muestran las siguientes pantallas.

Español ▾

Valore las **aplicaciones** siguientes, en relación con el **conocimiento** que tenga de las mismas

 Dropbox	☆☆☆☆☆☆
 EVERNOTE	☆☆☆☆☆☆
Doodle Easy scheduling	☆☆☆☆☆☆
 Google Drive	☆☆☆☆☆☆
 SkyDrive	☆☆☆☆☆☆

Valore las siguientes **aplicaciones**, en relación con el **uso** que haga de las mismas

 Dropbox	☆☆☆☆☆☆
 EVERNOTE	☆☆☆☆☆☆
Doodle Easy scheduling	☆☆☆☆☆☆
 Google Drive	☆☆☆☆☆☆
 SkyDrive	☆☆☆☆☆☆

Figura C.22 Variables del bloque 3 (parte 5)

Valore su presencia en **redes sociales** (si no la conoce, no marque nada)

	☆☆☆☆☆
	☆☆☆☆☆
	☆☆☆☆☆
	☆☆☆☆☆
	☆☆☆☆☆
	☆☆☆☆☆

<< >>

Figura C.23 Variables del bloque 3 (parte 6)

Español ▾

¿Escribe en algún blog? Si es así, por favor especifique el tema principal del blog, y si lo desea, la dirección URL

Figura C.24 Variables del bloque 3 (parte 7)

Índice alfabético

A

ADOBE

ACROBAT, *véase también* PDF,
6

ILLUSTRATOR, 6

PHOTOSHOP, 6

Acusto-Óptica

efecto, *véase* interacción

interacción, 251–266

modulador, 255, 257–261

aLF, 202

ANOVA, 123, 140–142, 144–146,
151–155, 166–170, 172–174,
177, 178, 181–185

AOM, *véase* Acusto-Optica,
Modulador

applet, *véase también* Java™

AVI, formato de vídeo, 258, 271

B

BGD502, 263, 264

BLACKBOARD®, 77, 102, 202

blog, 3, 17, 18, 23, 42, 55, 57, 58, 90,
91, 119, 156, 157, 186, 198,
201, 295, 299, 309,
314–316

Bragg

célula, 253

interacción, 251–266

Brown-Forsythe, *véase* prueba,
Brown-Forsythe, de

C

C, lenguaje, 203, 204

código abierto, *véase* Licencia de
Libre Distribución

CCD, *véase* Dispositivo de Carga
Acoplada

CD4027BM, 264

CGH, *véase* Holograma Generado por
Ordenador

Charles University in Prague, 72, 95,
129, 138, 159–162, 164,
166

chat, 17, 37, 39, 57, 62, 182, 183,
191

Cian, Magenta, Amarillo y Negro,
285, 287, 292

Ciencia Ciudadana, 201

CMYK, *véase* Cian, Magenta,
Amarillo y Negro

coeficiente

C de contingencia, 122, 127, 129,
133, 135, 137, 139, 143, 147,
148, 150, 160, 163, 165,
174

V de Cramérs, 122, 129, 135

α de Cronbach, 69

α de Cronbach, 45–47,
65–68

Eta, 122, 125, 130

Phi, 122, 129, 135

colaborativa, *véase también*
competencia,
colaborativa

cultura, 56, 57

economía, 3

enseñanza, 24

herramientas, 57

modelo, 24
 periodismo, 3
 color, teoría del, 285–292
 competencia
 comunicativa, 16
 en materias, 15
 colaborativa, 17
 digital, 19–22
 componente continua, 252
 Comunicación de Campo Cercano, 299
 confianza, nivel de, *véase también*
 significación estadística, 121, 140, 144, 150, 151, 167, 168, 177, 180
 contingencia, *véase* coeficiente, *C* de contingencia
 correo electrónico, 17, 20, 42, 43, 55, 57, 90, 295, 314
 coursera , 53, 107
 Cramérs, *véase* coeficiente, *V* de Cramérs
 Cronbach, *véase* coeficiente, α de Cronbach
 CSS, *véase* Hoja de Estilo en Cascada
 CU-Boulder, *véase* University of Colorado Boulder
 cuestionario
 de requisitos, 11, 25, 34, 43–47, 51, 53, 54, 58
 población y muestra, 32
 validez y fiabilidad, 43, 45
 análisis comparativo, 124, 158, 179
 grupos de expertos, 45, 48, 52, 54, 189
 piloto, 25, 34, 35, 37, 38
 CULS, *véase* Czech University of Life Sciences Prague
 CUNI, *véase* Charles University in Prague
 Curso En Línea, Abierto y Masivo, 200

Curso En Línea, Abierto y Masivo, 10, 24, 54, 56, 78, 93, 107, 109, 173, 174
 Czech University of Life Sciences Prague, 72, 95, 129, 138, 159, 161, 162, 164, 166

D

DC, *véase* componente continua
 DE, *véase* difracción, eficiencia
 difracción, 217–230
 eficiencia, 235, 244, 245, 251, 253, 266
 Fraunhofer, 219, 220, 224, 234, 237
 Fresnel, 219, 220, 224
 Diodo Emisor de Luz, 207–216, 285
 Diseño Web Adaptativo, 320
 Dispositivo de Carga Acoplada, 225, 230, 242, 245
 distribución
 FdeFisher, 123
 Doodle®, 58
 DPI, 243
 DREAMWEAVER®, 311–313
 Dropbox, 58, 91, 118
 Dunnet, *véase* prueba, Dunnet, de

E

Eclipse, 6
 edX, 53
 EEES, *véase* Espacio Europeo de Educación Superior
Easy Java Simulations, 199, 205
 EJS, *véase también* Java™, *véase* *Easy Java Simulations*
 Entorno de Aprendizaje Dinámico Orientado a Objetos y Modular, 77, 102, 202
 Entorno Integrado de Desarrollo, 203, 204, 213, 311, 312
 Espacio Europeo de Educación Superior, 3
 Eta, *véase* coeficiente, Eta

EVERNOTE[®], 58

F

facebook[®], 58, 91, 119

facilidad de uso percibida, *véase*
Modelo de Aceptación de
Tecnología

FAQ, *véase* Preguntas

Frecuentes

Fisher, *véase* distribución,
FdeFisher

Fotónica, *véase también* Optica, 10,
15, 22, 23, 26, 195, 216

Fourier

lente, 234, 245, 249

plano, 245

lente, 234, 239, 242

transformada, 234–240, 245

FPGA, *véase* Matriz de Puertas
Programables en Campo

Fresnel

transformada, 235

FTP, *véase* Protocolo de
Transferencia de
Ficheros

Fundación del Español Urgente,
5

FUNDEU, *véase* Fundación del
Español Urgente

G

Games-Howell, *véase* prueba,
Games-Howell, de

Google Drive, 58, 63, 91, 118

Google+, 58

GPL, *véase* Licencia de Libre
Distribución

GRIFO, *véase* Grupo de Ingeniería
Fotónica de la Universidad de
Alcalá

Grupo de Ingeniería Fotónica de la
Universidad de Alcalá, 300,
308

GUI, *véase* Interfaz Gráfica de
Usuario

H

Hoja de Estilo en Cascada, 314

Holograma Generado por Ordenador,
233–246

homogeneidad de varianzas,
homocedasticidad, *véase*
prueba, Levene, de

HTML, 312–315

I

Ibercivis, 201

IDE, *véase* Entorno Integrado de
Desarrollo

Instagram, 58, 91, 119

Interfaz Gráfica de Usuario, 195, 196,
203, 204

J

JabRef, 6

Java[™], 6, 12, 205, 285, 295

Javaoptics, *véase también* Java[™],
195–198

JOptics, *véase* Javaoptics, 195

K

KHAN ACADEMY, 53

L

láser, 198, 218, 234, 236, 255,
258

diodo, 207–216, 259, 260,
264–266

He-Ne, 224, 228, 230, 241, 242,
245

impresora, 237, 243, 244

Nd:YAG, 260–262

Lógica Transistor-Transistor,
263

Lógica Transistor-Transistor,
264

Laboratorio Virtual Remoto, 2, 5, 6,
9–13, 16, 19, 20, 22, 23, 25,
32, 45, 48, 76, 84, 104, 112,
146, 179, 187, 194, 199, 201,
206, 216, 224, 233, 295, 299,
317

Lafallete College, 70
 L^AT_EX, 6, 312
 LED, *véase* Diodo Emisor de Luz
 lenguaje de programación
 compilado, 206
 interpretado, 206
 Levene, *véase* prueba, Levene, de
 Licencia de Libre Distribución, 199, 314
 Likert, escala de, 36, 48, 50, 188
 LinkedIn®, 58, 119
 LINUX, 288
 LM35, 212
 LMS, *véase* Sistema Gestor del Aprendizaje

M

MATLAB®, 12, 204–205, 216–297
 Matriz de Puertas Programables en Campo, 199
 MAX1968, 211
 MAX232, 263, 264
 MiK_TE_X, 6
miriada X, 53, 78, 107, 109
 Modelo de Aceptación de Tecnología, 1, 2, 11, 21–22, 24, 187–189, 320
 Moiré
 efecto, 274–283
 patrón, 274
 MOOC, *véase* Curso En Línea, Abierto y Masivo
 MOODLE, *véase* Entorno de Aprendizaje Dinámico Orientado a Objetos y Modular
 MySQL™, 314–315

N

NFC, *véase* Comunicación de Campo Cercano
 NI LABWINDOWS™/CVI, 12, 206

O

Óptica, 10, 15, 22, 23, 26, 195, 216, 235
 Radiometría y Fotometría, 267–271
 de Fourier, 195, 196
 Física, 195
 Geométrica, 220, 228
 OPTILAB, 10–11, 13, 14, 17, 22–26, 28, 32, 57, 83, 90, 106, 116, 117, 193, 202, 203, 285, 294–316, 319–320

P

NI PCI-6013, 213
 PDA55, 213
 PDF, 224, 241, 255
 Pearson, *véase* prueba, χ^2 de Pearson
 Peltier, célula, 211
 Phi, *véase* coeficiente, Phi
 PHP, 314, 315
 PID, *véase* Proporcional-Integrador-Derivativo
 POLIMEDIA, 200
 Preguntas Frecuentes, 17, 18, 295, 303
 Proporcional-Integrador-Derivativo, 211
 Protocolo de Transferencia de Ficheros, 315
 prueba
 χ^2 de Pearson, 121, 124, 125, 127, 130, 131, 133, 134, 136, 137, 140, 142, 146, 148, 149, 151, 156, 158, 160, 161, 163, 164, 172, 174, 175, 179, 180, 186
 Brown-Forsythe, de, 123
 Dunnet, de, 123
 Games-Howell, de, 123, 156, 157, 168, 169, 171, 174, 182, 183, 185
 Levene, de, 123, 155, 167–170, 181–183, 185
 Tamhane, de, 123

Welch, de, [123](#)
PSPICE, [216](#)

Q

QUALTRICS, [43](#)

R

Radio-Frecuencia, [255](#), [257](#), [259](#), [261](#),
[262](#)

Radiometría y Fotometría, *véase*
Optica, Radiometría y
Fotometría

Raman-Nath
interacción, [251–266](#)

realidad aumentada, [3](#)

RF, *véase* Radio-Frecuencia

RGB, *véase* Rojo, Verde, Azul

Rojo, Verde, Azul, [283](#), [285](#), [287](#),
[292](#)

RS232, puerto, [263](#), [264](#)

RWD, *véase* Diseño Web
Adaptativo

S

Saint Louis University, [26–30](#), [43](#), [72](#),
[94](#), [95](#), [129](#), [137](#), [138](#), [148](#),
[159–166](#), [175](#)

significación estadística, [173](#)

significación estadística, [137](#),
[155](#)

significación estadística, [121](#), [123–125](#),
[127](#), [129–131](#), [133–135](#), [137](#),
[139–152](#), [155](#), [156](#), [158](#), [160](#),
[161](#), [163–165](#), [167–169](#),
[172–175](#), [177](#), [179–182](#), [185](#),
[186](#)

Sistema Gestor del Aprendizaje,
[201–202](#)

SkyDrive®, [58](#), [63](#)

SLU, *véase* Saint Louis
University

Sociedad de la Información, [4](#)

Sociedad del Conocimiento, [3](#)

SPSS STATISTICS®, [46](#), [60–189](#)

T

TAM, *véase* Modelo de Aceptación de
Tecnología

Tamhane, *véase* prueba, Tamhane,
de

Tecnologías de la Información y las
Comunicaciones, [35](#)

Tecnologías de la Información y las
Comunicaciones, [21](#)

Tecnologías de la Información y las
Comunicaciones, [14](#)

Tecnologías de la Información y las
Comunicaciones, [18](#), [200](#)

Tecnologías de la Información y las
Comunicaciones, [2–6](#), [15–17](#),
[19–22](#), [26](#), [34](#), [36](#), [39](#), [52](#), [81](#),
[117](#), [317](#), [319](#)

Teoría de la Acción Razonada,
[21](#)

TIC, *véase* Tecnologías de la
Información y las
Comunicaciones

TRA, *véase* Teoría de la Acción
Razonada

Trabajo Fin de Carrera, [217](#)

TTL, *véase* Lógica
Transistor-Transistor

tuenti, [58](#), [155–157](#), [168](#)

twitter, [58](#), [91](#)

U

UAH, *véase* Universidad de
Alcalá

UAM, *véase* Universidad Autónoma
de Madrid

UC3M, *véase* Universidad Carlos III
de Madrid

UCM, *véase* Universidad
Complutense de Madrid

UDACITY, [53](#)

UMH, *véase* Universidad Miguel
Hernández de Elche

UNED, *véase* Universidad Nacional
de Educación a
Distancia

UNED-COMA, *véase también*
Universidad Nacional de

- Educación a Distancia, [53](#),
[107](#), [109](#)
- UNEDLABs, *véase también*
Universidad Nacional de
Educación a Distancia,
[198–199](#)
- Universidad Autónoma de Madrid,
[72](#), [95](#), [129](#), [138](#), [159](#), [161](#),
[162](#), [164](#), [166](#)
- Universidad Carlos III de Madrid, [72](#),
[95](#), [129](#), [138](#), [159](#), [161](#), [162](#),
[164](#), [166](#), [168](#)
- Universidad Complutense de Madrid,
[72](#), [95](#), [129](#), [138](#), [159](#), [161](#),
[162](#), [164](#), [166](#)
- Universidad de Alcalá, [70](#), [72](#), [95](#),
[129](#), [130](#), [138](#), [159](#), [161](#), [162](#),
[164](#), [166](#), [175](#), [216](#)
- Universidad de Deusto, *véase*
WebLab-Deusto
- Universidad Miguel Hernández de
Elche, [72](#), [95](#), [129](#), [138](#), [159](#),
[161](#), [162](#), [164](#), [166](#), [168](#),
[175](#)
- Universidad Nacional de Educación a
Distancia, [72](#), [95](#), [100](#), [129](#),
[130](#), [138](#), [143](#), [159](#), [161](#), [162](#),
[164–166](#), [175](#)
- Universidad Politécnica de Madrid,
[72](#), [95](#), [129](#), [138](#), [159](#), [161](#),
[162](#), [164](#), [166](#)
- Universidad Rey Juan Carlos, [70](#), [72](#),
[95](#), [129](#), [130](#), [138](#), [159–162](#),
[164](#), [166](#), [168](#)
- Universitat Politècnica de València,
[72](#), [95](#), [129](#), [138](#), [159](#), [161](#),
[162](#), [164](#), [166](#), [200](#)
- University of Colorado Boulder, [72](#),
[95](#), [129](#), [138](#)
- UPM, *véase* Universidad Politécnica
de Madrid
- UPV, *véase* Universitat Politècnica
de València
- UPV[X], [200](#)
- URJC, *véase* Universidad Rey Juan
Carlos
- URL, [43](#), [58](#), [92](#), [119](#), [195](#), [198–201](#),
[300](#), [337](#), [355](#)
- utilidad percibida, *véase* Modelo de
Aceptación de
Tecnología
- ## V
- V-PEN, *véase* *Virtual Photonics
Experiments Network*
*Virtual Photonics Experiments
Network*, [195](#)
- VRL, *véase* Laboratorio Virtual
Remoto
- ## W
- web, [12](#), [26](#), [43](#), [48](#), [142](#), [193](#), [195](#),
[198](#), [202](#), [203](#), [205](#), [271](#), [277](#),
[285](#), [288](#), [294–315](#), [319](#)
- WebCT, [102](#)
- WebLab-Deusto, [199](#)
- Welch, *véase* prueba, Welch, de
WINDOWS, [288](#)
- MICROSOFT WINDOWS, [6](#)
- WordPress, [314–315](#)