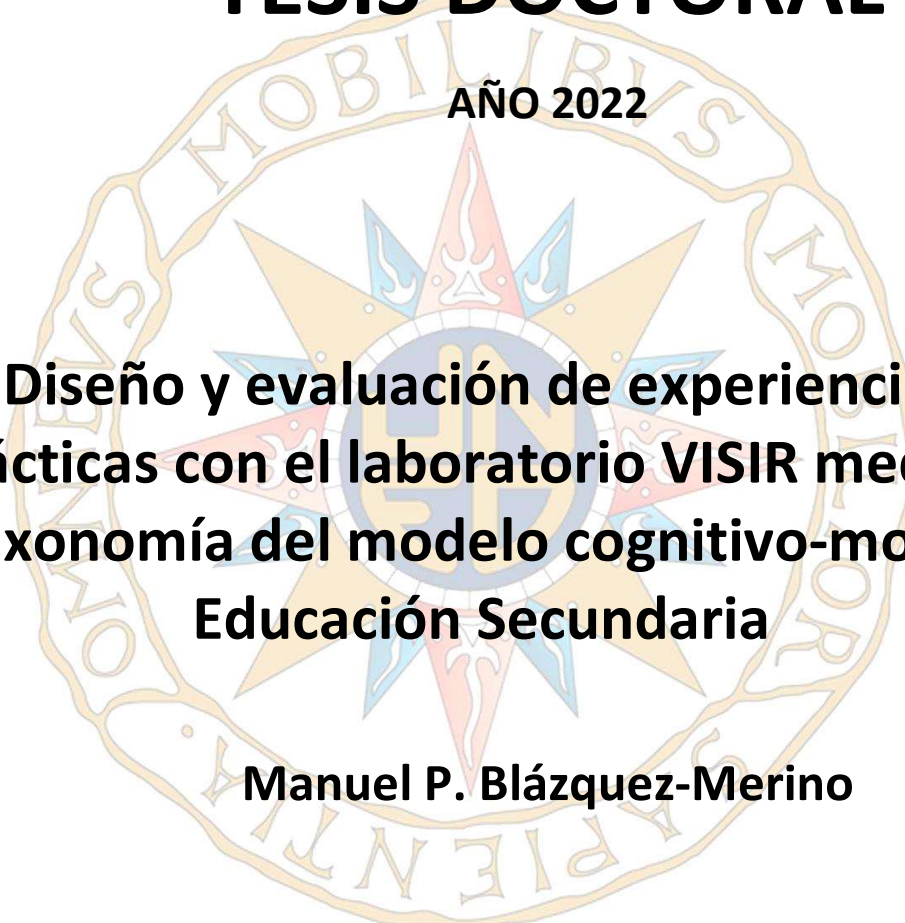


TESIS DOCTORAL

AÑO 2022



**Diseño y evaluación de experiencias
didácticas con el laboratorio VISIR mediante
la taxonomía del modelo cognitivo-motor en
Educación Secundaria**

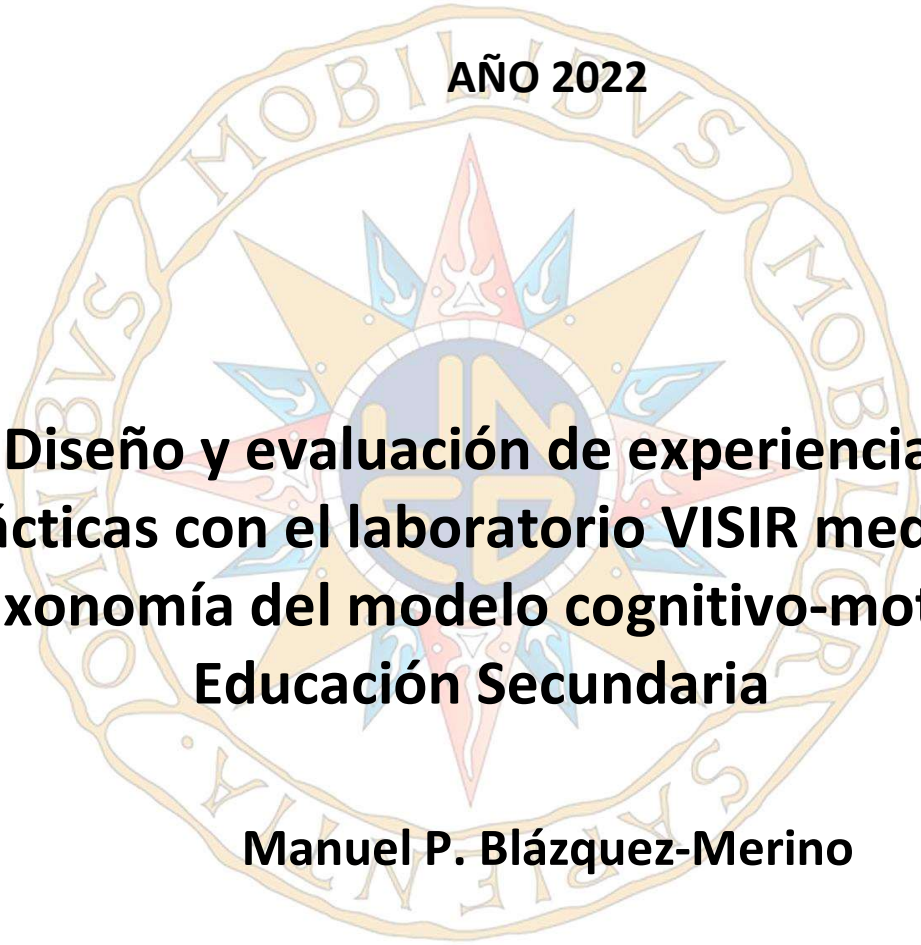
Manuel P. Blázquez-Merino

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES**

**Director: Manuel-Alonso Castro Gil
Codirector: Félix García Loro**

TESIS DOCTORAL

AÑO 2022



**Diseño y evaluación de experiencias
didácticas con el laboratorio VISIR mediante
la taxonomía del modelo cognitivo-motor en
Educación Secundaria**

Manuel P. Blázquez-Merino

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES**

Director: Manuel-Alonso Castro Gil

Codirector: Félix García Loro

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

Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales

Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED

Diseño y evaluación de experiencias didácticas con el laboratorio remoto VISIR mediante la taxonomía del modelo cognitivo-motor en Educación Secundaria

Autor:

Manuel P. Blázquez-Merino

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

Director:

Manuel-Alonso Castro Gil

Catedrático de Universidad

Codirector:

Félix García Loro

Profesor Ayudante Doctor

Madrid, 2022

Tesis Doctoral: Diseño y evaluación de experiencias didácticas con el laboratorio remoto VISIR mediante la taxonomía del modelo cognitivo-motor en Educación Secundaria

Autor: Manuel P. Blázquez-Merino

Director: Manuel-Alonso Castro Gil

Codirector: Félix García Loro

El tribunal nombrado para juzgar la Tesis Doctoral arriba indicada, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocal:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Madrid, de de 2022

El secretario del Tribunal

Este trabajo no podría haberlo abordado sin el apoyo incondicional de Isabel, mi compañera, mi amiga, una parte inseparable de quien soy. Tantas veces he querido tirar la toalla, pensando que tenía delante un muro infranqueable y ella me ha dado fuerza y valor para lograr lo imposible. Estoy enormemente agradecido por su generosidad y comprensión, por todas esas horas que no hemos compartido por este proyecto. Hace tiempo te dije que los logros de cualquiera de los dos, es de los dos. Esto es nuestro.

Mis hijos, Lucía y Nicolás, han sido otros dos apoyos fundamentales. Ellos me han dado su alegría y amor, a pesar de que en muchas ocasiones no he encontrado tiempo para atenderlos como os merecéis. Quisiera, al menos, que entendierais que el valor del esfuerzo recompensado es una de las mayores satisfacciones que se puede sacar de la vida.

Mis padres y hermanos son la cuarta pata de esta mesa vital, siempre pendientes de mis avances y demostrándome su apoyo desinteresado. Gracias por todas las lecciones que me habéis enseñado y que me han servido para cumplir mis proyectos.

Mantén la calma, tranquilo, tú tranquilo, avanza, siembra, que recogerás.

No me puedo olvidar de mi abuela. Este año ha cumplido 100 años y quiero que este trabajo sirva de homenaje para alguien como ella, que con tan pocos recursos y con tanto esfuerzo y trabajo, ha conseguido que su familia consiga tanto. Me emociona pensar en tu generosidad y en tu amor incondicional. Para mi eres un ejemplo de vida.

Agradecimientos

Mis primeros agradecimientos son para Manuel Castro. Recuerdo todavía la primera vez que hablamos, allá lejos en 2006, en mis últimos años de carrera. Desde entonces, me has dado mucho más de lo que yo te dado. Y no me refiero al apoyo como profesor, sino como mentor en mi carrera, alguien que ha contado conmigo para proyectos que ni yo sabía cómo abordar.

A Félix quiero agradecerle su disponibilidad, cercanía y ayuda permanente, tanto en la elaboración de esta tesis como en todos aquellos proyectos que hemos compartido y sé que no ha sido una tarea fácil. Espero que la familia que has creado te dé muchas satisfacciones.

A Pedro Plaza, uno de los mejores tipos que me he echado a la cara y a Mónica. Deseo que tengáis toda una vida plena y que Lucía os de todas las alegrías que os merecéis.

Elio, Sergio y África, y al resto de los compañeros del departamento Charo, Pablo, Juan, Juan Pedro, Juan Antonio, Lucía y Blanca. Os agradezco todos los momentos que hemos compartido. No podía olvidarme de vosotros que me habéis ayudado tantas veces.

Quiero agradecer a Alejandro, Pablo y Antonio por su apoyo y amistad. Hemos pasado tiempo juntos y os agradezco que me hayáis abierto la puerta de vuestras vidas.

No quiero dejar pasar la oportunidad de agradecer a la comunidad VISIR, por su contribución y apoyo y en especial, a Javier García-Zubia, cuyo trabajo es trascendente y a Gustavo Alves y André Fidalgo, que tanta sabiduría ha sabido desplegar en la comunidad VISIR. Son un perfecto ejemplo de profesional que deja huella. Han sido inspiración y ayuda para muchos actuales doctores.

También mi agradecimiento a los compañeros profesores del Instituto “Ramiro de Maeztu” de Madrid, mi lugar de trabajo, donde he podido desarrollar el presente estudio y en especial, a mi compañero de departamento y amigo Julián Santos, por sus consejos y revisiones.

Y, por último, también quiero agradecer el apoyo de la comunidad TAEE, en especial, las diversas juntas directivas, desde Inma Plaza hasta Juan Domingo Aguilar, pasando por todos los integrantes de las mismas, que me han acogido como uno más. Me habéis hecho sentir que formo parte a algo muy grande.

Resumen

Este trabajo de investigación se basa en el diseño de experiencias didácticas en el contexto del proceso de enseñanza-aprendizaje del área de Electricidad y microelectrónica y destinado a la adquisición de conocimientos y habilidades a partir del empleo de un laboratorio remoto para la realización de medidas de magnitudes eléctricas. El principal recurso técnico para la realización práctica de las medidas es el laboratorio remoto *Virtual Instrument Systems in Reality* (VISIR).

Las experiencias se desarrollan a partir de un diseño guiado por la taxonomía del modelo cognitivo-motor (CMM) para la elaboración de los materiales didácticos y para el análisis y evaluación de las experiencias. El CMM tiene en cuenta diversos niveles en la adquisición de conocimientos y en el desarrollo de habilidades motoras y se muestra como un ciclo de aprendizaje en el que los distintos niveles planteados tienen influencia sobre los otros. Del análisis de estas influencias se puede interpretar la estrategia de aprendizaje que utiliza cada estudiante. A partir del conocimiento de su estrategia, el docente será capaz de llevar a cabo una metodología específica que ayude a sus alumnos a optimizar su aprendizaje, a sacar más partido al tiempo invertido en la adquisición de conocimientos y a utilizar las habilidades motoras como una fuente más de adquisición del saber.

Las experiencias didácticas diseñadas, implementadas y analizadas han cubierto los contenidos de electricidad sobre el conocimiento de las magnitudes eléctricas y su relación, y sobre el montaje de circuitos eléctricos básicos de una forma gradual y progresiva en los dos primeros años de la Educación Secundaria Obligatoria. Para el tercer año, se ha diseñado un curso que facilita la asimilación de los contenidos y prácticas de medida de las magnitudes eléctricas a partir del montaje de circuitos que emplean diodos semiconductores. A lo largo de la experiencia, los alumnos y alumnas han abordado la naturaleza y funcionamiento de un diodo semiconductor, su función como rectificador, el conocimiento de las señales de corriente alterna y las etapas de rectificación para la obtención de señales de corriente continua.

Palabras clave: Laboratorio remoto, VISIR, taxonomía, ingeniería, electricidad, electrónica, educación, modelo cognitivo-motor.

Abstract

The research work, hereby described, is based on the design of didactic experiences in the context of the teaching-learning process in the field of Electricity and Microelectronics and aimed at the acquisition of knowledge and skills from the usage of a remote laboratory for the realization of measurements of electrical magnitudes. The main technical resource for the practical realization of the measurements is the VISIR remote laboratory.

The experiences are developed from a design guided by the taxonomy of the cognitive-motor model (CMM) for the elaboration of the didactic materials and for the analysis and evaluation of the experiences. The cognitive-motor model considers various levels in the acquisition of knowledge and in the development of motor skills. CMM may be considered as a learning cycle in which the different raised levels have an influence on the others. From the analysis of these influences, the learning strategy used by each student can be interpreted. Based on the knowledge of their strategy, the teacher will be able to carry out a specific methodology that helps their students to optimize their learning, to make the most advantage of the invested time in acquiring knowledge and using motor skills.

The didactic experiences designed, implemented, and analyzed have covered the contents of electricity on the knowledge of electrical magnitudes and their relationship, and on the assembly of basic electrical circuits in a gradual and progressive way in the first two years of Compulsory Secondary Education. For the third year, a course has been designed to address and assimilate the contents and practices of measurement of electrical quantities from the assembly of semiconductor diodes circuits. Throughout the experience, the students know the nature and operation of a semiconductor diode, its function as a rectifier, the knowledge of alternating current signals and the rectification stages to obtain direct current signals.

Keywords: remote laboratory, VISIR, taxonomy, engineering, electricity, electronics, education, cognitive-motor model

Índice

Contenido

Índice de figuras	xix
Índice de tablas	xxiii
Índice de acrónimos	xxvii
1. Introducción	1
1.1. Motivación de la investigación.....	1
1.2. Hipótesis y objetivos	4
1.3. Reflexiones sobre la enseñanza y el aprendizaje.....	6
1.4. La necesidad de metodologías activas	10
1.5. El enfoque taxonómico	13
1.6. El ámbito de la investigación.....	19
1.7. Organización del documento	21
2. Estado de la Técnica y el Arte.....	23
2.1. Precedentes sobre teorías de aprendizaje.....	24
2.2. Sobre laboratorios remotos y educación	28
2.3. Revisión de laboratorios remotos de propósito educativo.....	34
2.3.1. Laboratorio remoto localizado.....	38
2.3.2. Laboratorio remoto a distancia.....	41
2.3.3. Laboratorio remoto inmersivo	43
2.3.4. Laboratorio de revisión técnica.....	46
2.3.5. Federación de laboratorios remotos.....	48
2.4. El proyecto VISIR	49
2.4.1. Principios del laboratorio remoto VISIR.....	49
2.4.2. Estándares del laboratorio remoto VISIR.....	52
2.4.3. Las infraestructuras y hardware de VISIR	60
3. Diseño de la investigación y metodología.....	75
3.1. Antecedentes del modelo cognitivo motor	76
3.2. Taxonomía del modelo cognitivo-motor.....	78
3.3. La cuantificación del modelo: los coeficientes cognitivo y motor	91
3.4. Interacción entre destrezas: parámetros de correlación.....	94
3.5. Sobre el diseño de las experiencias.....	97
3.6. El tratamiento de las competencias básicas	99
3.7. Marco legislativo de aplicación en la investigación	103

3.8. Descripción de las experiencias	105
3.8.1. Experiencia Primera: la experiencia piloto.....	105
3.8.2. Segunda experiencia adaptada: rediseño según la taxonomía CMM.....	112
3.8.3. Tercera experiencia: el laboratorio de electrónica	117
3.8.4. Cuarta experiencia	123
4. Resultados de las experiencias.....	129
4.1. Primera experiencia	130
4.2. Segunda experiencia	143
4.2.1. Análisis de los resultados de aprendizaje del alumnado de 1º de ESO.....	145
4.2.2. Análisis de los resultados de aprendizaje del alumnado de 2º de ESO.....	150
4.2.3. Análisis de los resultados de aprendizaje del alumnado según el género en 1º de ESO	157
4.2.4. Análisis de los resultados de aprendizaje del alumnado según el género en 2º de ESO	162
4.3. Tercera experiencia.....	171
4.3.1. Resultados del nivel 1: El diodo rectificador en corriente continua y su polarización: recta de carga y punto de trabajo.	173
4.3.2. Resultados del nivel 2: Las señales de alterna y empleo del osciloscopio.....	177
4.3.3. Resultados del nivel 3: El diodo rectificador en corriente alterna: la rectificación de señales de corriente alterna.....	185
4.4. Cuarta experiencia	189
4.4.1. Fase 1 o de destrezas cognitivas simples	190
4.4.2. Fase 2 o de destrezas motoras simples.....	193
4.4.3. Fase 3 o de destrezas motoras complejas.....	196
4.4.4. Fase 4 o de destrezas cognitivas complejas.....	200
5. Analítica de Aprendizaje con el uso del laboratorio remoto VISIR	205
5.1. Metodología del análisis	206
5.2. Analítica del aprendizaje de la experiencia 1.....	221
5.2.1. Analítica específica en alumnos del curso de 1º de ESO.....	221
5.2.2. Analítica específica en alumnos del curso de 2º de ESO.....	228
5.3. Analítica del aprendizaje de la experiencia 2.....	233
5.3.1 Comparativa de las experiencias 1 y 2	240
5.4. Analítica del aprendizaje de la experiencia 3.....	246
5.4.1 Análisis del empleo de VISIR en el nivel 1	249
5.4.2 Análisis del empleo de VISIR en el nivel 2	257
5.4.2 Análisis del empleo de VISIR en el nivel 3	261
5.5. Analítica del aprendizaje de la experiencia 4.....	271
6. Conclusiones y trabajos futuros	285

6.1. Trabajos futuros	295
7. Conclusions and future works.....	297
7.1. Future works	306
Curriculum vitae	309
Bibliografía	311
ANEXOS	325

Índice de figuras

FIGURA 1. ASPECTOS INCLUIDOS EN LA TAXONOMÍA DE FINK.....	16
FIGURA 2. CICLO DE KOLB	25
FIGURA 3. MODELO TAXONÓMICO DE BLOOM ANDERSON.....	27
FIGURA 4. DOMINIOS DEL APRENDIZAJE	27
FIGURA 5. ESQUEMA GENÉRICO DE LABORATORIO REMOTO.....	31
FIGURA 6. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PRÁCTICA DE ARDUINO CON UNA BREADBOARD	34
FIGURA 7. ASPECTO DEL INTERFAZ DE LA WEB DE LABSLAND.....	37
FIGURA 8. INTERFAZ DEL LABORATORIO REMOTO CON CUATRO TANQUES.....	39
FIGURA 9. INTERFAZ DE USUARIO DEL SISTEMA REMOTO.....	43
FIGURA 10. COMPOSICIÓN DE COMPONENTES DEL ELAB3D Y ASPECTO DEL MUNDO VIRTUAL DEL LABORATORIO ELAB3D.....	44
FIGURA 11 – INTERFAZ Y LABORATORIO REMOTO PARA LA CARACTERIZACIÓN PARAMÉTRICA DE UN CONVERTIDOR ANALÓGICO-DIGITAL.....	46
FIGURA 12 – ASPECTO DE LA PÁGINA WEB DE LA INICIATIVA PILAR-VISIR.....	49
FIGURA 13. MÓDULO DE CONMUTACIÓN.....	58
FIGURA 14. DIAGRAMA DE LOS COMPONENTES DE VISIR INTEGRADO EN WEBLAB DEUSTO	62
FIGURA 15. TARJETAS PXI DE NATIONAL INSTRUMENTS: FLEXDMM Y MEDIDOR LCR DE MULTÍMETRO DMM (IZQUIERDA) Y OSCILOSCOPIO/DIGITALIZADOR DE 8 BITS, 250 MS/S (DERECHA)	65
FIGURA 16. SISTEMA PXI INSTALADO EN LOS LABORATORIOS DE LA UNED.....	67
FIGURA 17. CONFIGURACIÓN MÍNIMA DE LA MATRIZ DE CONMUTACIÓN.....	68
FIGURA 18. MATRIZ DE RELÉS DE CONMUTACIÓN EN SU INSTALACIÓN EN EL DIEECTQI	68
FIGURA 19. EJEMPLO DE ESQUEMA ELÉCTRICO PARA CONFIGURAR EN VISIR.....	70
FIGURA 20. REPRESENTACIÓN NODAL DE SITUACIÓN DE COMPONENTES Y CONEXIONES.....	70
FIGURA 21. TEXTO DE MAXLIST CORRESPONDIENTE CON EL EJEMPLO DE LA FIGURA 19	71
FIGURA 22. INTERFAZ DE USUARIO DE VISIR PARA LA CONEXIÓN DEL EJEMPLO DE LA FIGURA 19 CON CONEXIÓN A VOLTÍMETRO.....	72
FIGURA 23. ESQUEMA GENERAL DEL MODELO COGNITIVO-MOTOR (CMM).....	79
FIGURA 24. DETALLE DEL BLOQUE DE ADQUISICIÓN DE LA INFORMACIÓN	82
FIGURA 25. DETALLE DEL BLOQUE DE CONJUNTO DE DESTREZAS COGNITIVAS SIMPLES (SC).....	83
FIGURA 26. DETALLE DEL BLOQUE DE CONJUNTO DE DESTREZAS MOTORAS SIMPLES (SM).....	85
FIGURA 27. DETALLE DEL BLOQUE DE CONJUNTO DE DESTREZAS MOTORAS COMPLEJAS (HM).....	86
FIGURA 28. DETALLE DEL BLOQUE DE CONJUNTO DE DESTREZAS COGNITIVAS COMPLEJAS (HC).....	88
FIGURA 29. MAPA DE CORRELACIONES ENTRE LOS PARÁMETROS DEL MODELO COGNITIVO-MOTOR	94
FIGURA 30. CARTEL DE COMPETENCIA MCT.....	101
FIGURA 31. CIRCUITOS SERIE Y PARALELO PARA CÁLCULO Y MONTAJE EN LA EXPERIENCIA PRIMERA (NIVEL 2)	109
FIGURA 32. CIRCUITO MIXTO PROPUESTO PARA EL CÁLCULO Y MONTAJE DEL NIVEL 3 EN LA EXPERIENCIA PRIMERA	110
FIGURA 33. FOTOGRAMA DE UNO DE LOS VIDEOS INCLUIDOS EN EL CURSO	112
FIGURA 34. CAPTURA DE VISIR DE LA PRÁCTICA DE MEDIDA DE VOLTAJE EN RESISTOR DE UN CIRCUITO MIXTO	114
FIGURA 35. PLAN DE ACTIVIDADES DE LA SEGUNDA EXPERIENCIA.....	116
FIGURA 36. PLAN DE ACTIVIDADES DE LA TERCERA EXPERIENCIA.....	118
FIGURA 37. MONTAJES PROPUESTOS PARA LA MEDIDA SUCESIVA DE PUNTOS DE TRABAJO: DE VOLTAJE (IZQUIERDA) Y DE CORRIENTE ELÉCTRICA (DERECHA).....	119
FIGURA 38. MONTAJE PROPUESTO PARA LA MEDIDA DE UNA SEÑAL DE ALTERNA Y REJILLA DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA ONDA OBTENIDA.....	120

FIGURA 39. INFORMACIÓN PROPORCIONADA A LOS ALUMNOS PARA LA MEDIDA DE LA SEÑAL DE SALIDA OBTENIDA EN LA CARGA RESISTIVA DE UN PUNTE RECTIFICADOR.....	121
FIGURA 40. INFORMACIÓN PROPORCIONADA A LOS ALUMNOS PARA LA MEDIDA DE LA SEÑAL DE SALIDA OBTENIDA EN LA CARGA RESISTIVA DE UN PUNTE RECTIFICADOR Y REJILLA DE REPRESENTACIÓN DE LA SEÑAL OBTENIDA.....	122
FIGURA 41. MONTAJE PROPUESTO EN LA SEGUNDA FASE DE LA EXPERIENCIA CUARTA.....	126
FIGURA 42. MONTAJE PROPUESTO EN LA CUARTA FASE DE LA EXPERIENCIA CUARTA.....	127
FIGURA 43. ESQUEMA DEL DESARROLLO DE TRABAJOS DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS.....	130
FIGURA 44. DISPOSITIVOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO PRESENCIAL POR EL GRUPO DE CONTROL.....	131
FIGURA 45. PRÁCTICA DE MEDIDA DE RESISTENCIA ELÉCTRICA EMPLEADO EL LABORATORIO REMOTO VISIR.....	132
FIGURA 46. NUBE DE PUNTOS DE COORDENADAS DE MEDIDA DE DESTREZAS COGNITIVAS LOTS VERSUS HOTS EN EL GRUPO DE ALUMNOS DE 1º DE ESO.....	138
FIGURA 47. NUBE DE PUNTOS DE COORDENADAS DE MEDIDA DE DESTREZAS COGNITIVAS LOTS VERSUS HOTS EN EL GRUPO DE ALUMNOS DE 2º DE ESO.....	139
FIGURA 48. DISTRIBUCIÓN DE ALUMNOS SEGÚN LA DURACIÓN DEL EMPLEO DE VISIR.....	141
FIGURA 49. ACCESOS A VISIR DURANTE EL PERIODO DE REALIZACIÓN DEL CURSO.....	142
FIGURA 50. MAPA CUALITATIVO DE RELACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES DESTREZAS COGNITIVAS Y MOTORAS EN ALUMNOS DE 1º DE ESO SEGÚN EL TIPO DE LABORATORIO UTILIZADO.....	150
FIGURA 51. MAPA CUALITATIVO DE RELACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES DESTREZAS COGNITIVAS Y MOTORAS EN ALUMNOS DE 2º DE ESO SEGÚN EL TIPO DE LABORATORIO UTILIZADO PARA EL NIVEL 1 DE LA EXPERIENCIA.....	155
FIGURA 52. MAPA CUALITATIVO DE RELACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES DESTREZAS COGNITIVAS Y MOTORAS EN ALUMNOS DE 2º DE ESO SEGÚN EL TIPO DE LABORATORIO UTILIZADO PARA EL NIVEL 2 DE LA EXPERIENCIA.....	156
FIGURA 53. ESTRATEGIA DE RESOLUCIÓN DE CIRCUITOS MIXTOS DEL NIVEL 3 DE LA SEGUNDA EXPERIENCIA.....	156
FIGURA 54. MAPA CUALITATIVO DE RELACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES DESTREZAS COGNITIVAS Y MOTORAS EN ALUMNOS DE 2º DE ESO SEGÚN EL TIPO DE LABORATORIO UTILIZADO PARA EL NIVEL 3 DE LA EXPERIENCIA.....	157
FIGURA 55. GRÁFICA COMPARATIVA DE RESULTADOS MEDIOS SEGÚN EL GÉNERO, EN FUNCIÓN DE LA DESTREZA Y EL NIVEL PARA ALUMNOS DE 1º DE ESO.....	158
FIGURA 56. MAPEADO DE LOS PARÁMETROS COGNITIVO-MOTOR EN ALUMNOS DE 1º DE ESO, AGRUPADOS SEGÚN EL GÉNERO.....	162
FIGURA 57. GRÁFICA COMPARATIVA DE RESULTADOS MEDIOS SEGÚN EL GÉNERO, EN FUNCIÓN DE LA DESTREZA Y EL NIVEL PARA ALUMNOS DE 2º DE ESO.....	163
FIGURA 58. MAPA DE CORRELACIONES ENTRE LOS PARÁMETROS DEL MODELO COGNITIVO-MOTOR.....	167
FIGURA 59. MAPEADO DE LOS PARÁMETROS COGNITIVO-MOTOR EN ALUMNOS DE PRIMER CURSO DE ESO, AGRUPADOS SEGÚN EL GÉNERO.....	169
FIGURA 60. DISTRIBUCIÓN DE VALORACIONES EN LAS TAREAS DEL NIVEL 1.....	175
FIGURA 61. MAPEADO DE INTERRELACIONES DE DESTREZAS SEGÚN MODELO COGNITIVO-MOTOR EN EL NIVEL 1.....	176
FIGURA 62. EJEMPLO DE CIRCUITO PROPUESTO COMO COMPLEMENTO EN NIVEL 2.....	178
FIGURA 63. SEÑALES OBTENIDAS EN OSCILOSCOPIO DE VISIR EN EJEMPLO DE CIRCUITO PROPUESTO COMO COMPLEMENTO EN NIVEL 2.....	179
FIGURA 64. SEÑAL DE 1 KILOHERCIO EN EL OSCILOSCOPIO DE VISIR.....	180
FIGURA 65. DISTRIBUCIÓN DE VALORACIONES EN LAS TAREAS DEL NIVEL 2.....	182
FIGURA 66. MAPEADO DE INTERRELACIONES DE LAS DESTREZAS SEGÚN EL ESQUEMA DEL MODELO COGNITIVO-MOTOR EN EL NIVEL 2.....	184
FIGURA 67. DISTRIBUCIÓN DE VALORACIONES EN LAS TAREAS DEL NIVEL 3.....	187
FIGURA 68. MAPEADO DE INTERRELACIONES DE LAS DESTREZAS SEGÚN EL ESQUEMA DEL MODELO COGNITIVO-MOTOR EN EL NIVEL 3.....	189

FIGURA 69. NUBE DE ETIQUETAS ELEGIDAS POR LOS ALUMNOS Y ALUMNAS PARTICIPANTES EN LA CUARTA EXPERIENCIA.....	192
FIGURA 70. DISTRIBUCIÓN DE RESPUESTAS DE LOS PARTICIPANTES EN LA FASE 1 DE LA EXPERIENCIA CUARTA	193
FIGURA 71. ESQUEMA PARA MONTAJE EN VISIR EN LA ACTIVIDAD 3 DE LA FASE SM DE LA CUARTA EXPERIENCIA.....	194
FIGURA 72. DISTRIBUCIÓN DE CALIFICACIONES OBTENIDAS PARA ENSAMBLAR EN VISIR EN LA ACTIVIDAD 3 DE LA FASE SM DE LA CUARTA EXPERIENCIA.....	195
FIGURA 73. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LAS CALIFICACIONES PROMEDIADAS DE LOS PARTICIPANTES EN LA ACCIÓN 3 DE LA FASE 3 EN LA CUARTA EXPERIENCIA.....	198
FIGURA 74. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LAS CALIFICACIONES DE PARTICIPANTES, DISTINGUIDAS POR DESTREZAS EN LA ACCIÓN 3 DE LA FASE 3 DE LA CUARTA EXPERIENCIA.....	199
FIGURA 75. DISTRIBUCIÓN DE CALIFICACIONES DE DESTREZAS SC VS. HC EN LA FASE 4 DE LA CUARTA EXPERIENCIA.....	202
FIGURA 76. ECOSISTEMA VISIR Y COMPONENTES EN EL REGISTRO DE DATOS DE MEDIDAS CON EL LABORATORIO.....	207
FIGURA 77. INTERFAZ DE REGISTROS DE VISIR SOBRE EL USO DEL LABORATORIO Y RESULTADO DE UNA CONSULTA	213
FIGURA 78. VISTA DE DISEÑO DE CONSULTA DE AGRUPAMIENTO DE DATOS DE EMPLEO DEL LABORATORIO REMOTO VISIR	215
FIGURA 79. EJEMPLO DE ANALÍTICA INDIVIDUALIZADA PARA UN ALUMNO EN EL NIVEL 1 DE LA EXPERIENCIA 3	216
FIGURA 80. INTERFAZ DEL LABORATORIO CON DETALLE DE MANDOS DE MANIPULACIÓN DEL OSCILOSCOPIO	218
FIGURA 81. EJEMPLO DE ANALÍTICA INDIVIDUALIZADA PARA UN ALUMNO EN EL NIVEL 2 DE LA EXPERIENCIA 3	219
FIGURA 82. EJEMPLO DE ANALÍTICA INDIVIDUALIZADA PARA UN ALUMNO EN EL NIVEL 3 DE LA EXPERIENCIA 3	220
FIGURA 83. RELACIÓN ENTRE INDICADORES DEL EMPLEO DEL VOLTÍMETRO/ÓHMETRO (DMM) RESPECTO A LAS DESTREZAS COGNITIVAS (1º DE ESO EXPERIENCIA 1).....	227
FIGURA 84. RELACIÓN ENTRE INDICADORES DEL EMPLEO DEL IDMM RESPECTO A LAS DESTREZAS COGNITIVAS (1º DE ESO EXPERIENCIA 1).....	227
FIGURA 85. RELACIÓN ENTRE INDICADORES DEL EMPLEO DEL VOLTÍMETRO/ÓHMETRO (DMM) RESPECTO A LAS DESTREZAS COGNITIVAS EN LOS ALUMNOS DE 2º DE ESO DE LA PRIMERA EXPERIENCIA.....	232
FIGURA 86. RELACIÓN ENTRE INDICADORES DEL EMPLEO DEL IDMM RESPECTO A LAS DESTREZAS COGNITIVAS EN LOS ALUMNOS DE 2º DE ESO DE LA PRIMERA EXPERIENCIA	232
FIGURA 87. RELACIÓN ENTRE INDICADORES DEL EMPLEO DEL VOLTÍMETRO/ÓHMETRO (DMM) RESPECTO A LAS DESTREZAS COGNITIVAS EN LA EXPERIENCIA 2.....	239
FIGURA 88. RELACIÓN ENTRE INDICADORES DEL EMPLEO DEL IDMM RESPECTO A LAS DESTREZAS COGNITIVAS EN LA EXPERIENCIA 2.....	240
FIGURA 89. COMPARATIVA DE PORCENTAJES DE VERACIDAD DE LAS ACTIVIDADES DE MEDIDA DE LOS PARTICIPANTES EN EXPERIENCIAS 1 Y 2	242
FIGURA 90. COMPARATIVA DE PORCENTAJES DE VERACIDAD DE LAS ACTIVIDADES DE MEDIDA DE LOS PARTICIPANTES DE GÉNERO MASCULINO EN SENDAS EXPERIENCIAS 1 Y 2	243
FIGURA 91. COMPARATIVA DE PORCENTAJES DE VERACIDAD DE LAS ACTIVIDADES DE MEDIDA DE LOS PARTICIPANTES DE GÉNERO FEMENINO EN SENDAS EXPERIENCIAS 1 Y 2.....	243
FIGURA 92. MONTAJES BÁSICOS PARA LA OBTENCIÓN DE COORDENADAS QUE DETERMINEN LA CURVA CARACTERÍSTICA DE UN DIODO SEMICONDUCTOR.	250
FIGURA 93. RELACIÓN ENTRE INDICADORES DEL EMPLEO DEL VOLTÍMETRO (DMM) RESPECTO A LAS DESTREZAS COGNITIVAS EN LA EXPERIENCIA 3.....	253
FIGURA 94. RELACIÓN ENTRE INDICADORES DEL EMPLEO DEL IDMM RESPECTO A LAS DESTREZAS COGNITIVAS EN LA EXPERIENCIA 3.....	253

FIGURA 95. RELACIÓN ENTRE DESTREZAS COGNITIVAS CON EL USO DEL DMM EN LA EXPERIENCIA 3 (NIVEL 1)	255
FIGURA 96. RELACIÓN ENTRE DESTREZAS COGNITIVAS CON EL USO DEL IDMM EN LA EXPERIENCIA 3 (NIVEL 1)	256
FIGURA 97. MONTAJE DE GENERADOR DE FUNCIONES A CIRCUITO SIMPLE Y MEDIDA CON OSCILOSCOPIO EN LA EXPERIENCIA 3 (NIVEL 2)	257
FIGURA 98. MEDIDA OBJETIVO DE USO DEL OSCILOSCOPIO EN LA EXPERIENCIA 3 (NIVEL 2)	258
FIGURA 99. RELACIÓN DE PARÁMETROS QUE RELACIONAN LA PRÁCTICA DEL OSCILOSCOPIO CON LA VALORACIÓN DE LAS DESTREZAS COGNITIVAS EN LA EXPERIENCIA 3 (NIVEL 2)	261
FIGURA 100. MONTAJE PARA LA MEDIDA DE RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA (NIVEL 3 – EXPERIENCIA 3)	262
FIGURA 101. SEÑAL ESPERADA PARA LA MEDIDA DE RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA (NIVEL 3 – EXPERIENCIA 3)	262
FIGURA 102. MONTAJE EN VISIR PARA LA MEDIDA DE RECTIFICADOR DE DOBLE ONDA EN EXPERIENCIA 3 (NIVEL 3)	263
FIGURA 103. MEDIDA DIFERENCIAL EN EL CIRCUITO RECTIFICADOR DE DOBLE ONDA EN EXPERIENCIA 3 (NIVEL 3)	263
FIGURA 104. MONTAJE DEL CIRCUITO CON RECTIFICADOR DE DOBLE ONDA INTEGRADO EN EXPERIENCIA 3 (NIVEL 3)	264
FIGURA 105. MONTAJE DEL CIRCUITO RECTIFICADOR INTEGRADO DE DOBLE ONDA CON FILTRO CAPACITIVO EN LA EXPERIENCIA 3 (NIVEL 3)	265
FIGURA 106. RELACIÓN ENTRE INDICADORES DEL EMPLEO DEL OSCILOSCOPIO DE UN CANAL RESPECTO A LAS DESTREZAS COGNITIVAS EN LA EXPERIENCIA 3 (NIVEL 3)	270
FIGURA 107. RELACIÓN ENTRE INDICADORES DEL EMPLEO DEL OSCILOSCOPIO DE DOS CANALES SIMULTÁNEOS RESPECTO A LAS DESTREZAS COGNITIVAS EN LA EXPERIENCIA 3 (NIVEL 3)	270
FIGURA 108. RELACIÓN DE PARÁMETROS TH Y TS A PARTIR DE LOS DATOS DE ASIMILACIÓN DE CONTENIDOS PARA TODOS LOS PARTICIPANTES DE LA EXPERIENCIA 4	279
FIGURA 109. RELACIÓN DE PARÁMETROS PH Y PS A PARTIR DE LOS DATOS DE DESTREZA DEL USO DEL LABORATORIO VISIR PARA TODOS LOS PARTICIPANTES DE LA EXPERIENCIA 4	281
FIGURA 110. RELACIÓN DE PARÁMETROS WH Y WS A PARTIR DE LOS DATOS DE VALORACIÓN DE LA PRUEBA OBJETIVA PARA TODOS LOS PARTICIPANTES DE LA EXPERIENCIA 4	282
FIGURA 111. DETALLE DE LA RELACIÓN DE PARÁMETROS WH Y WS A PARTIR DE LOS DATOS DE VALORACIÓN DE LA PRUEBA OBJETIVA DE LOS PARTICIPANTES HONESTOS DE LA EXPERIENCIA 4	283

Índice de tablas

TABLA 1. CLASES DE INSTRUMENTACIÓN DEFINIDA EN IVI Y REVISIONES. FUENTE: IVI FOUNDATION	52
TABLA 2. ESQUEMA DE LOS COMPONENTES DEL MODELO COGNITIVO-MOTOR	90
TABLA 3. NOMBRE DE LOS PARÁMETROS CORRELACIONADOS ENTRE DESTREZAS	95
TABLA 4. DISTRIBUCIÓN DE ALUMNOS PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN.	98
TABLA 5. LISTADO DE ACTIVIDADES Y SU CLASIFICACIÓN EN EL CONTEXTO DEL CURSO	110
TABLA 6. DISTRIBUCIÓN DE ALUMNADO EN EXPERIENCIA PRIMERA.....	133
TABLA 7. VALORACIONES DEL ALUMNADO DE 1º DE ESO	136
TABLA 8. VALORACIONES DEL ALUMNADO DE 2º DE ESO	136
TABLA 9. UTILIZACIÓN DEL LABORATORIO REMOTO VISIR EN LA EXPERIENCIA PRIMERA.....	141
TABLA 10. RESULTADOS DE CADA DESTREZA PARA ALUMNOS DE 1º DE ESO.....	145
TABLA 11. CUADRO RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA ANOVA A LAS DESTREZAS DE LOS ALUMNOS DE PRIMER CURSO SEGÚN EL TIPO DE LABORATORIO.	147
TABLA 12. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS LLEVADAS A CABO PARA ESTABLECER LA DIFERENCIA DE MEDIAS PARA LOS ALUMNOS DE PRIMER CURSO SEGÚN EL TIPO DE LABORATORIO EMPLEADO. ..	147
TABLA 13. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE DESTREZAS SEGÚN EL TIPO DE LABORATORIO EMPLEADO POR ALUMNOS DE 1º CURSO DE ESO.....	148
TABLA 14. RESULTADOS DE CADA DESTREZA SEGÚN EL NIVEL DE ACTIVIDADES PARA ALUMNOS DE 2º DE ESO	151
TABLA 15. CUADRO RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA ANOVA A LAS DESTREZAS DE LOS ALUMNOS DE SEGUNDO CURSO SEGÚN EL TIPO DE LABORATORIO	152
TABLA 16. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS LLEVADAS A CABO PARA ESTABLECER LA DIFERENCIA DE MEDIAS PARA LOS ALUMNOS DE SEGUNDO CURSO SEGÚN EL TIPO DE LABORATORIO EMPLEADO	153
TABLA 17. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE DESTREZAS SEGÚN EL TIPO DE LABORATORIO EMPLEADO POR ALUMNOS DE 2º CURSO DE ESO.....	153
TABLA 18. RESULTADOS POR DESTREZA SEGÚN EL NIVEL DE ACTIVIDADES Y GÉNERO PARA ALUMNOS DE 1º DE ESO	158
TABLA 19. RESULTADOS POR DESTREZA SEGÚN EL NIVEL DE ACTIVIDADES Y GÉNERO PARA ESTUDIANTES DE 1º DE ESO.....	160
TABLA 20. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS LLEVADAS A CABO PARA ESTABLECER LA DIFERENCIA DE MEDIAS PARA LOS ALUMNOS DE PRIMER CURSO SEGÚN EL GÉNERO.....	160
TABLA 21. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE PEARSON CALCULADOS ENTRE DESTREZAS EN FUNCIÓN DEL GÉNERO DE LOS ESTUDIANTES DE 1º DE ESO	160
TABLA 22. RESULTADOS POR DESTREZA SEGÚN EL NIVEL DE ACTIVIDADES Y GÉNERO PARA ALUMNOS DE 2º DE ESO	163
TABLA 23. RESULTADOS POR DESTREZA SEGÚN EL NIVEL DE ACTIVIDADES Y GÉNERO PARA ALUMNOS DE 2º DE ESO	166
TABLA 24. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS LLEVADAS A CABO PARA ESTABLECER LA DIFERENCIA DE MEDIAS PARA LOS ALUMNOS DE 2º DE ESO SEGÚN EL GÉNERO.....	166
TABLA 25. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE PEARSON CALCULADOS ENTRE DESTREZAS EN FUNCIÓN DEL GÉNERO DE LOS ESTUDIANTES DE 2º DE ESO	167
TABLA 26. NÚMERO DE ALUMNOS Y NOTAS OBTENIDAS POR EL GRUPO POR TIPO DE DESTREZA.....	174
TABLA 27. VALORES MEDIOS DEL GRUPO DE ESTUDIO POR TIPO DE DESTREZA.....	174
TABLA 28. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE DESTREZAS ESTUDIADAS. NIVEL 1	176
TABLA 29. NÚMERO DE ALUMNOS Y NOTAS OBTENIDAS POR EL GRUPO POR TIPO DE DESTREZA EN EL NIVEL 2	181
TABLA 30. VALORES MEDIOS DEL GRUPO DE ESTUDIO POR TIPO DE DESTREZA EN EL NIVEL 2.....	181
TABLA 31. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE LAS DESTREZAS ESTUDIADAS EN EL NIVEL 2	184

TABLA 32. NÚMERO DE ALUMNOS Y NOTAS OBTENIDAS POR EL GRUPO POR TIPO DE DESTREZA EN EL NIVEL 3	186
TABLA 33. VALORES MEDIOS DEL GRUPO DE ESTUDIO POR TIPO DE DESTREZA EN EL NIVEL 3.....	187
TABLA 34. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE LAS DESTREZAS ESTUDIADAS EN EL NIVEL 2	188
TABLA 35. DATOS GENERALES DE ACCESO DE LOS ALUMNOS Y ALUMNAS DE 1º DE ESO DE LA PRIMERA EXPERIENCIA.....	221
TABLA 36. DATOS GENERALES DEL ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS DE LOS ALUMNOS DE 1º DE ESO EN LA PRIMERA EXPERIENCIA.....	222
TABLA 37. PARÁMETROS M1 Y M2 DE LOS ALUMNOS DE 1º DE ESO EN LA EXPERIENCIA 1.....	223
TABLA 38. DATOS EN DETALLE DEL EMPLEO DEL LABORATORIO DE LOS ALUMNOS DE 1º DE ESO EN LA EXPERIENCIA 1	224
TABLA 39. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS MÁS SIGNIFICATIVOS DEL USO DEL LABORATORIO DE LOS ALUMNOS DE 1º DE ESO EN LA EXPERIENCIA 1.....	225
TABLA 40. DATOS GENERALES DE ACCESO DE LOS ALUMNOS Y ALUMNAS DE 1º DE ESO DE LA EXPERIENCIA 1	228
TABLA 41. DATOS GENERALES DEL ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS DE LOS ALUMNOS DE 2º DE ESO EN LA EXPERIENCIA 1	229
TABLA 42. PARÁMETROS M1 Y M2 EN ALUMNOS DE 2º DE ESO DE LA EXPERIENCIA 1.....	230
TABLA 43. DATOS EN DETALLE DEL EMPLEO DEL LABORATORIO DE ALUMNOS DE 2º DE ESO EN LA EXPERIENCIA 1	230
TABLA 44. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS MÁS SIGNIFICATIVOS DEL USO DEL LABORATORIO DE ALUMNOS DE 2º DE ESO EN LA EXPERIENCIA 1.....	231
TABLA 45. DATOS GENERALES DE ACCESO DE LOS ALUMNOS Y ALUMNAS DE LA EXPERIENCIA 2	234
TABLA 46. DATOS GENERALES DEL ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS DE LOS ALUMNOS DE 1º DE ESO EN LA EXPERIENCIA 2	235
TABLA 47. PARÁMETROS M1 Y M2 DE LOS ALUMNOS EN LA EXPERIENCIA 2	236
TABLA 48. DATOS EN DETALLE DEL EMPLEO DEL LABORATORIO DE LOS ALUMNOS EN LA EXPERIENCIA 2 ...	236
TABLA 49. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS MÁS SIGNIFICATIVOS DEL USO DEL LABORATORIO EN LA EXPERIENCIA 2	237
TABLA 50. PORCENTAJES DE VERACIDAD DE MEDIDAS EN EL LABORATORIO VISIR DE LOS PARTICIPANTES EN LAS EXPERIENCIAS 1 Y 2.....	241
TABLA 51. ANÁLISIS DE ALUMNOS CON RENDIMIENTO CORRECTO EN EL LABORATORIO VISIR DE LOS PARTICIPANTES EN LAS EXPERIENCIAS 1 Y 2	245
TABLA 52. MEDIDAS REQUERIDAS EN LA EXPERIENCIA 3 CON REFERENCIA A LA INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA.....	247
TABLA 53. DATOS GLOBALES DEL LABORATORIO REMOTO VISIR EN LA EXPERIENCIA 3.....	247
TABLA 54. DATOS PROMEDIO DEL LABORATORIO REMOTO VISIR EN LA EXPERIENCIA 3	248
TABLA 55. GRADO DE CONSECUCIÓN DE LA CURVA CARACTERÍSTICA DEL DIODO SEMICONDUCTOR POR PARTE DE LOS PARTICIPANTES EN LA EXPERIENCIA 3.	251
TABLA 56. VALORACIONES SOBRE SI HA INFLUIDO EL USO DEL VOLTÍMETRO EN LA ASIMILACIÓN DE LOS CONTENIDOS TEÓRICOS RELATIVOS AL FUNCIONAMIENTO DE UN DIODO SEMICONDUCTOR. (NIVEL 1- EXPERIENCIA 3).....	252
TABLA 57. VALORACIONES SOBRE SI HA INFLUIDO EL USO DEL AMPERÍMETRO EN LA ASIMILACIÓN DE LOS CONTENIDOS TEÓRICOS RELATIVOS AL FUNCIONAMIENTO DE UN DIODO SEMICONDUCTOR. (NIVEL 1- EXPERIENCIA 3).....	252
TABLA 58. EMPLEO DE CADA INSTRUMENTO EN EL DESARROLLO COGNITIVO (NIVEL 1- EXPERIENCIA 3).....	255
TABLA 59. USO DE LA INSTRUMENTACIÓN EN LA EXPERIENCIA 3 – NIVEL 2.....	258
TABLA 60. CAUSAS DE INCORRECCIÓN EN LA EJECUCIÓN DE LAS MEDIDAS EN LA EXPERIENCIA 3 - NIVEL 2.	258
TABLA 61. GRADO DE ASIMILACIÓN DE TEORÍA A PARTIR DE LA PRÁCTICA EN EXPERIENCIA 3 - NIVEL 2	259
TABLA 62. ESTADÍSTICAS RESPECTO AL USO DEL DMM EN LAS PRÁCTICAS DE MEDIDA DE SEÑALES RECTIFICADAS EN LA EXPERIENCIA 3 – NIVEL 3.....	266

TABLA 63. ESTADÍSTICAS RESPECTO AL USO DEL OSCILOSCOPIO EN LAS MEDIDAS DE SEÑALES RECTIFICADAS EN LA EXPERIENCIA 3 – NIVEL 3.....	266
TABLA 64. ESTADÍSTICAS RESPECTO AL USO DEL OSCILOSCOPIO EN LAS MEDIDAS DE SEÑALES RECTIFICADAS (NIVEL 3 - EXPERIENCIA 3)	268
TABLA 65. ESTADÍSTICAS RESPECTO AL USO DEL OSCILOSCOPIO EN LAS MEDIDAS DE SEÑALES RECTIFICADAS (NIVEL 3 - EXPERIENCIA 3). CONTINUACIÓN.....	269
TABLA 66. ESTADÍSTICAS DEL USO DEL LABORATORIO REMOTO EN LA EXPERIENCIA 4	275
TABLA 67. RESULTADO DE LA ANALÍTICA DE ENCUADRE ENTRE LOS PERFILES DE DESTREZA DEL USO DEL LABORATORIO REMOTO VISIR EN LA EXPERIENCIA 4.....	276
TABLA 68. RESULTADO DE LA PRUEBA OBJETIVA DE ASIMILACIÓN DE LOS CONCEPTOS BÁSICOS EN LA EXPERIENCIA 4.	277
TABLA 69. RESULTADOS DEL CRUCE DE DATOS ENTRE LA ANALÍTICA DEL USO DE VISIR Y LA ASIMILACIÓN DE CONTENIDOS EN LA EXPERIENCIA 4 DE TODOS LOS PARTICIPANTES.....	277
TABLA 70. PROMEDIOS EN TIEMPO E INTENTOS REALIZADOS PARA COMPLETAR LAS MEDIDAS DE LA EXPERIENCIA 4	278

Índice de acrónimos

- ALTE: Entorno de test de laboratorio automatizado, del inglés *automated laboratory test environment*.
- CD: Competencia Digital.
- CEC: Conciencia y expresiones culturales.
- CL: Comunicación Lingüística.
- CMCT: Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.
- CMM: Modelo cognitivo-motor.
- CPAA: Competencia de Aprender a aprender.
- CSC: Competencias sociales y cívicas.
- CSE: Compulsory Secondary Education, del inglés Educación Secundaria Obligatoria.
- DMM: Dispositivo para la medida de voltaje y resistencia eléctrica en el laboratorio remoto VISIR.
- ESO: Educación Secundaria Obligatoria.
- F2F: *Face-to-face*, referencia al tipo presencial de laboratorio.
- GP: Grupo de realización de prácticas presenciales definido en López et al. (2014).
- GR: Grupo de realización de prácticas remotas definido en López et al. (2014).
- HC: Destreza o habilidad cognitiva compleja.
- HM: Destreza o habilidad motora compleja.
- IDMM: Dispositivo para la medida de intensidad eléctrica en el laboratorio remoto VISIR.
- LER: Laboratorio de experimentación remota según la clasificación de laboratorios de revisión técnica.
- MI: Interferómetro de Michelson.
- MOOC: *Massive Online Open Course* (del inglés, Curso abierto masivo en línea).
- PILAR: *Platform Integration of Laboratories based on the Architecture of visiR* (del inglés, Plataforma de Integración de laboratorios basados en la arquitectura de VISIR).
- SC: Destreza o habilidad cognitiva simple.
- SIE: Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor.
- SM: Destreza o habilidad motora simple.

TPR: Tecnología, Programación y Robótica.

Tme: tiempo medio eficiente en el que un participante en las experiencias realiza una medida.

VISIR: *Virtual Instrument Systems in Reality* (de inglés, Sistemas de instrumentación virtual en la realidad).

Dicebat Bernardus Carnotensis nos esse quasi nanos, gigantium humeris incidentes, ut possimus plura eis et remotiora videre, non utique proprii visus acumine, aut eminentia corporis, sed quia in altum subvenimur et extollimur magnitudine gigantea

(Juan de Salisbury, 1159)

1. Introducción

Esta tesis tiene como objeto mostrar los resultados obtenidos en el seno de un proceso investigador llevado a cabo a lo largo de cuatro años de monitorización de varios grupos de alumnos de niveles comprendidos entre 1º y 3º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y de la observación de los progresos en los diferentes cursos diseñados en materia de electricidad y electrónica. Los estudiantes han formado parte de la asignatura de Tecnología, Programación y Robótica (TPR) de la mencionada etapa educativa. Los cursos han sido diseñados como proceso de enseñanza-aprendizaje y se han llevado a cabo en su totalidad en el Instituto de Enseñanza Secundaria Ramiro de Maeztu de Madrid.

1.1. Motivación de la investigación

El desarrollo tecnológico aplicado a la Educación se ha introducido de forma masiva en todos los niveles, desde los niños muy pequeños que emplean dispositivos electrónicos con software enfocado al juego para avanzar con sus primeros conocimientos sobre el mundo que les rodea, hasta la Tecnología Educativa aplicada a la edad adulta, tanto en el ámbito profesional como en el personal de cada individuo.

Existen varios momentos cruciales en el desarrollo de una persona. La infancia es una etapa en la que se trata de asimilar los primeros conocimientos, al tiempo que se desarrollan las habilidades motoras para hacer de nuestro cuerpo, a través de nuestros

sentidos y miembros, un elemento para interactuar con nuestro entorno. Precisamente, por la asimilación de conocimientos y por el desarrollo motriz, exploramos, reconocemos e investigamos el entorno.

El proceso de desarrollo es lento y así pasamos por diversas etapas desde nuestro nacimiento, la etapa sensomotriz, en la que nuestro cuerpo y sentidos son los principales canales de adquisición de conocimiento del mundo que nos rodea hasta una etapa en la que, aproximadamente a la edad de 10 u 11 años, empezamos a integrar como un solo sistema, nuestros dominios cognitivo y motor, la también llamada etapa operativa concreta, en la que desarrollamos las tareas operativas enfocadas a la resolución de problemas e iniciamos el pensamiento abstracto (Huitt y Hummel, 2003).

Es precisamente, dicha etapa, el inicio de la adolescencia, la que nos ha interesado y motivado para llevar a cabo esta investigación. Hemos observado, a partir de la experiencia docente de más de dos décadas, que esta resulta una etapa especialmente compleja en la formación de las personas. Por un lado, la adolescencia, etapa marcada por múltiples cambios en lo físico y lo psicológico, es un momento crucial en el que se revela la personalidad con la que se establecerá el compromiso con la propia formación y como consecuencia, “en algunas ocasiones determinará la decisión del abandono de los estudios” (Blázquez-Merino et al., 2012, p.247).

Pero, por otro lado, también es el momento en el que, en la mayoría de las ocasiones, cada uno vislumbra qué quiere hacer en el futuro, Son múltiples las vías que se pueden elegir hoy en día en el catálogo formativo. Desde nuestra área particular de divulgación de la Ciencia y la Técnica, nos sentimos comprometidos con la labor de tratar de atraer talentos científicos y técnicos y para mostrar los beneficios que pueden suponer para “el desarrollo personal y profesional el campo de la Ingeniería, pero se pueden constatar en las aulas que los alumnos y las alumnas encuentran los estudios científico-técnicos difíciles y poco atractivos” (Solbes, Montserrat y Furio, 2007, p.93).

Como consecuencia se establece nuestra principal motivación, fruto de nuestro interés y compromiso con la formación de futuros científicos e ingenieros, la cual se centra en

la búsqueda de la respuesta a las preguntas: ¿Es posible influir positivamente en los estudiantes para atraerlos hacia los estudios en Ciencia e Ingeniería? ¿Qué podemos hacer los docentes desde la etapa de secundaria para cambiar la percepción que el alumno tiene de las Ciencias y de la Ingeniería? La respuesta a estas preguntas quizá sea demasiado compleja de responder, ya que existen múltiples factores de determinan la decisión de una persona sobre qué quiere hacer con su futuro, pero desde nuestra posición, entendemos que tenemos cierto margen de maniobra como docentes a partir del análisis del modo que los seres humanos concebimos nuestra realidad, asimilamos los conocimientos y consideramos las circunstancias que nos rodean.

Dicho margen de maniobra se puede obtener a partir de la puesta en práctica de metodologías de diseño educativo que resulten apropiadas, atractivas y positivas para favorecer el aprendizaje y la adquisición de conocimientos. En el caso de nuestra investigación, nos hemos centrado en los procesos de enseñanza-aprendizaje del área de la Electricidad y la Electrónica.

Previo al establecimiento de hipótesis, es importante resaltar que, tal y como se ha descrito a lo largo del presente documento, este trabajo de investigación muestra un modelo de cuantificación de las destrezas cognitivas y de las habilidades motoras desarrolladas en los estudiantes. Para ello, se establecerá una taxonomía de aprendizaje, denominada taxonomía del modelo cognitivo-motor (CMM) mediante cuya aplicación se habilite al docente en el diseño de las tareas en función del desarrollo de las destrezas cognitivas y las habilidades motoras conjunta y coordinadamente.

Como consecuencia, a partir del diseño de cada unidad formativa, será posible realizar una medida cuantitativa de dichas destrezas en función de los parámetros de habilidades cognitivas y motoras según la estructura CMM, de forma que se puedan observar y evaluar el rendimiento de los estudiantes. Así, el modelo taxonómico propuesto permite la identificación de las estrategias de aprendizaje en un grupo de alumnos. En definitiva, el CMM servirá a los docentes y diseñadores de propuestas didácticas como guía para establecer sus propias propuestas y actividades didácticas mediante las que se promocióne la mejora del rendimiento cognitivo y de las habilidades motoras.

1.2. Hipótesis y objetivos

Con estos antecedentes, planteamos la siguiente hipótesis:

H: Es posible la definición de una metodología de optimización del aprendizaje, que sirva de guía para el diseño de actividades, que se utilice como herramienta válida de analítica del aprendizaje para la medida del rendimiento y mejora en las habilidades cognitivas y motoras de los estudiantes y que pueda emplear como metodología de evaluación de dichas habilidades.

Para validar la hipótesis, se formalizan el siguiente objetivo general (OG):

OG: Crear el modelo de aprendizaje taxonómico, que cubra las necesidades cognitivas y motoras de los estudiantes con el fin de optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje y que pueda emplearse como herramienta didáctica para el diseño de experiencias y actividades de aprendizaje

De este objetivo general, se derivan los siguientes objetivos específicos (OE), en línea con las acciones que se han implementado para la confirmación de la hipótesis expuesta:

OE1: Realizar un análisis del estado del arte de las diferentes propuestas taxonómicas que ha servido para poner de relieve metodologías exitosas de aprendizaje y todas aquellas propuestas metodológicas que han servido para mejorar el rendimiento en el aprendizaje, desde el ámbito de la educación, la psicología y la pedagogía.

OE2: Desarrollar de cursos de acceso abierto para el alumnado en el ámbito del aprendizaje de contenidos y técnicas relacionados con la Electricidad y la Electrónica, empleando para ello la guía que supone la aplicación del modelo cognitivo-motor.

OE3: Adaptar las experiencias prácticas al empleo del laboratorio remoto VISIR, estudiar la adecuación del laboratorio a las experiencias y al nivel del alumnado y realizar un seguimiento del progreso en el manejo del laboratorio remoto VISIR.

- OE4: Integrar activos metodológicos y técnicos en la realización de experiencias con la finalidad de ofrecer un producto educativo de calidad, empleando recursos tecnológicos desarrollados bajo estándares y de probada eficacia y funcionalidad.
- OE5: Desarrollar un proceso de análisis del aprendizaje a partir del modelo cognitivo-motor para comprobar y validar la retroalimentación producida entre los componentes del CMM en la asimilación de contenidos y destrezas del alumnado.
- OE6: Realizar un análisis de valoración e idoneidad del laboratorio remoto VISIR como recurso educativo para su aplicación en la Educación Secundaria a partir de la observación de su uso por parte del alumnado participante en las experiencias didácticas.

Con el fin de satisfacer estos objetivos, y como consecuencia, el objetivo general, y para la demostración de la hipótesis, se han establecido varias líneas de actuación u objetivos operacionales (OO):

- OO1: Establecimiento de los componentes del CMM y de los parámetros de medida de la destreza cognitiva y de la habilidad motora.
- OO2: Estudio de la optimización de los procesos de aprendizaje en el ámbito de la adquisición de conocimientos de electricidad y electrónica, de acuerdo con el currículo oficial.
- OO3: Diseño de cursos en los que, por aplicación del CMM, se combine tanto la adquisición de conocimientos como el desarrollo de habilidades motoras de los alumnos, a partir de la implementación de actividades prácticas de montaje y realización de circuitos eléctricos y electrónicos.
- OO4: Análisis y estudio de idoneidad del laboratorio remoto VISIR de medidas eléctricas, a partir del cual se establecerá el laboratorio remoto VISIR como herramienta técnica empleada en las tareas, actividades y prácticas llevadas a cabo a lo largo de las experiencias didácticas.
- OO5: Creación extendida a varios niveles según los cursos de Educación Secundaria de cursos masivos abiertos online (MOOC) en el seno del proyecto de producción de recursos y materiales didácticos.

Estos objetivos operacionales exponen las acciones más significativas que se han implementado durante el proceso de investigación, que concluirá con el establecimiento de la metodología para satisfacer los objetivos y la hipótesis expuestas.

1.3. Reflexiones sobre la enseñanza y el aprendizaje

Educar es un término sencillo que conlleva aspectos muy complejos. La educación tiene dos ámbitos, la enseñanza y el aprendizaje, y aunque dichos ámbitos tengan una relación muy estrecha, en ocasiones se separan al pensar que uno es consecuencia del otro y viceversa. En realidad, son dos conceptos inseparables y cuya frontera es muy difusa. La labor del docente es precisamente organizar, a partir del conocimiento de sus alumnos y de su experiencia con ellos, ambos ámbitos para establecer una íntima implicación entre ellos. De la misma forma, el alumno o alumna no es el único actor del proceso que aprende, también el docente se instruye de las nuevas experiencias y de nuevos conocimientos que aparecen. En el caso de las disciplinas científicas y tecnológicas, estos nuevos conocimientos son más notables, por el permanente cambio y actualización de los sistemas, dispositivos y metodologías emergentes.

Por ello, “para los investigadores en educación es imposible describir aspectos de la experiencia educativa sin desarrollar conceptos y terminología que puedan identificarse con cierta fiabilidad [...] en las situaciones de enseñanza y aprendizaje” (Moseley, 2015, p.8). Esto conlleva a la ardua tarea del diseño de actividades, tareas y experiencias didácticas que traten de optimizar el proceso de enseñanza aprendizaje.

Preguntar a un alumno o alumna sobre un concepto es sencillo, pero no lo es tanto si, con la respuesta, se quiere reconocer que el estudiante ha asimilado adecuadamente dicho concepto. De forma implícita, una simple pregunta forma parte de una conversación o una interlocución, pero al tratar de evaluar la respuesta es posible que el tipo de pregunta limite la respuesta o lo que es peor, influya en la propia respuesta, lo que puede dar lugar a la denominada paradoja pedagógica que señala que “la enseñanza opera según influencias externas, mientras que se dirige hacia cambios internos” (Qvortrup y Wiberg, 2017, p2).

Por esta razón, el diseño de materiales, recursos e iniciativas pedagógicas exige del docente abstraerse a un plano general en el que se tengan en cuenta todos los factores que pudieran influir en el aprendizaje del discente. Aquí es donde entra en juego el método de enseñanza. Pero ¿cómo es posible diseñar una metodología que sirva para cualquier estudiante? ¿Cómo es posible aplicar un plan que sea útil para todo el alumnado?.

Estas preguntas son complejas de responder y probablemente, esa inquietud está en la mente de todo docente porque, en definitiva, se preocupan, no de que sus discentes memoricen información, sino que desarrollen habilidades para que la asimilen según sus capacidades. De hecho, serán herramientas que servirán para la vida adulta, ya que, en la vida en sociedad se evaluarán tanto sus capacidades como sus habilidades. “Las habilidades cognitivas también son importantes para vivir en el mundo moderno ya que cuantas más personas con habilidades cognitivas haya, más armonizada será la sociedad” (Khaemmani et al., 2000 citado en Lakonpol et al., 2015, p.2807).

Volviendo al tema de la metodología, es muy posible que actualmente estemos viviendo una época de “boom” metodológico, favorecido o provocado por la masiva incursión de las tecnologías educativas y por su fácil diseminación a través de la web. No cabe duda de que el mundo educativo está viviendo actualmente una época dulce, pudiéndose incluso hablar de la “industria de la educación” como uno de los motores económicos mundiales. Camps-Cura (2016) establece, por ejemplo, una relación directa entre el incremento en la inversión educativa y el cambio metodológico general en el sistema educativo español entre los años 1960 y 2000 y un crecimiento económico sin precedentes en la historia de España.

Quizá uno de los casos más relevantes en la creación de metodologías innovadoras desarrolladas al abrigo de las tecnologías de la información y de la comunicación sea el caso de la clase revertida o “*flipped-classroom*”, desarrollada por dos profesores de Química, Jonathan Bergmann y Aaron Sams, en un instituto de educación secundaria de Woodland Park en Colorado, Estados Unidos. Estos docentes prestaron atención a

algo, por otra parte, muy cotidiano en las clases de secundaria, como era el perjuicio que conllevaba para sus alumnos y alumnas y como consecuencia al grupo de clase, las pérdidas de clase por enfermedad, causas familiares o absentismo. Los estudiantes que perdían alguna clase necesitan volver a recibir la instrucción, ya que la mayoría de ellos eran incapaces de asimilar los contenidos por sí mismos, aunque tuvieran el libro de texto. Cualquier profesor se ha encontrado con este problema, por otra parte, difícil de resolver si no se aporta tiempo extra de dedicación al estudiante. Se fijaron que no era un problema de disposición o actitud por parte de los implicados, sino que era el propio sistema y la metodología tradicional, al haber conducido a los estudiantes a ser totalmente dependientes de la figura del profesor, ya que incluso los materiales didácticos y libros de texto estaban diseñados para ser impartidos por un profesor.

La cuestión entonces se podría resolver si se rompía el binomio de dependencia profesor-material didáctico de forma que los alumnos y alumnas pudieran contar con un acceso dual a la información instructiva. Bergmann y Sams se grabaron en video las clases, crearon materiales para seguir la instrucción en video y obligaron a todos sus alumnos a revisar las clases de forma remota, para a continuación, tratar de superar una prueba de aptitud antes de iniciar la instrucción en clase. Observaron entonces que sus clases habían cambiado: ahora atendían a preguntas concretas y específicas, básicamente procedimentales, habiéndose reducido drásticamente las preguntas de falta de concepto, con lo que el rendimiento académico de sus alumnos y su desempeño en clase mejoró significativamente.

Administrators like the fact that flipping the classroom is scalable, reproducible, and customizable and it doesn't require a great deal of money. Parents love the models because they see this as a way for their children to learn deeply instead of just being exposed to information. And last, and most important, students appreciate the models for so many reasons: (1) it speaks their language, (2) it teaches them to take responsibility for their own learning, and (3) it is flexible and allows them to work at the pace that works best for them. Del inglés: A los administradores les gusta el hecho de que cambiar el aula es escalable, reproducible y personalizable y no requiere una gran cantidad de dinero. A los padres les encantan los modelos porque ven esto como una forma para que sus hijos aprendan profundamente en lugar de simplemente

estar expuestos a la información. Y, por último, y lo más importante, los estudiantes aprecian los modelos por muchas razones: (1) habla su idioma, (2) les enseña a asumir la responsabilidad de su propio aprendizaje, y (3) es flexible y les permite trabajar al ritmo que mejor les funcione (Bergmann y Sams, 2012, p.111).

Y quizá ahí esté la clave del adecuado diseño de materiales y de la organización metodológica:

- a) la visión externa de los padres y madres que observan como sus hijos aprenden profundamente en lugar de estar expuestos tan solo a mera información,
- b) la traslación de la responsabilidad de aprender a los propios discentes y,
- c) la contribución de un entorno de estudio flexible adaptado a los alumnos y alumnas.

En cierto modo, se trata de traspasar parte de la responsabilidad al alumnado y confiar en ellos para que “utilicen los datos disponibles para tomar una decisión efectiva, sean imaginativos y flexibles para aplicar adecuadamente su conocimiento con el fin de desarrollar innovaciones o extender el conocimiento más allá de su capacidad actual de una manera creativa” (traducido de Lakonpol et al., 2015, p.2807).

El aprendizaje, a lo largo de la historia de la humanidad, ha sido lo que ha permitido nuestro desarrollo, pero en realidad, no ha sido tan preocupante como la enseñanza. A lo largo de los recientes pasados siglos, importaba más como se enseñaba que como se aprendía, tratándose esto último como una obligación de los alumnos. Así se habla de magistrocentrismo, en el que se considera al docente como la clave del éxito educativo a partir de un modelo disciplinario y de elaboración repetitivo de tareas lo que se sintetiza en el conocido verbalismo (Ceballos, 2004).

Pero a partir de las teorías constructivistas, se ha observado un desplazamiento del fulcro que sostiene, a ambos lados de la palanca, la enseñanza y el aprendizaje. Los docentes han adoptado una actitud positiva hacia el aprendizaje de sus discentes y están más preocupados por un buen diseño metodológico que por su actuación en el aula:

El diseño instruccional debe estar ligado a un modelo educativo que permita establecer lineamientos para desarrollar ambientes de aprendizaje donde confluyan docentes, tutores, estudiantes, métodos, didácticas y recursos, enfatizando en las bases teóricas que fundamentan la manera de llevar a cabo el proceso de enseñanza y aprendizaje (Global campus Nebrija, 2016, p. 24).

A partir de esta premisa las actuaciones del diseño de propuestas didácticas de los docentes se están enfocando hacia la activación del alumno en el aula, evitando en todo lo posible actitudes pasivas. En definitiva, las metodologías emergentes en el siglo XX y de amplia extensión y aplicación hoy en día, se enfocan hacia el trabajo proactivo del alumnado, quienes son los encargados de asimilar sus aprendizajes frente a la posición poco eficaz en términos educativos que supone un profesor en constante actitud motivadora frente a su alumnado:

Part of learning is getting information. Somebody stands in front of the classroom and preaches, and information is somehow flowing into people's heads, or so it is said. But that is only one part of education. The other part, which Dewey would have emphasized, is about doing things, making things, constructing things. However, in our school systems, as in the popular image of education, the informational side is again dominating. Del inglés: Parte del aprendizaje es obtener información. Alguien se para frente al aula y predica, y la información de alguna manera fluye hacia la cabeza de la gente, o eso se dice. Pero esa es solo una parte de la educación. La otra parte, que Dewey habría enfatizado, se trata de hacer cosas, hacer cosas, construir cosas. Sin embargo, en nuestros sistemas escolares, como en la imagen popular de la educación, vuelve a dominar el lado informativo (Papert, 2000, p. 9).

1.4. La necesidad de metodologías activas

Ausubel, en su presentación del aprendizaje por descubrimiento indicaba que cuando se trata de defender u oponerse a una determinada propuesta didáctica se suele tomar una postura de todo o nada, tendiendo a “desestimar la importancia de los factores psicológicos, de desarrollo y pedagógicos que afectan el significado de los materiales académicos” (Ausubel, 1962, p.113). A este planteamiento, se suma la tendencia a

suponer que el aprendizaje significativo es inherente a la lógica de la propia materia, con independencia del estado de desarrollo del alumno. Asumiendo, entonces, que el alumno está rodeado de sus circunstancias, en ocasiones potenciadoras del aprendizaje y en otras ocasiones, limitantes de éste, es adecuado diseñar una metodología que permita al estudiante realizar asociaciones conceptuales de forma inductiva. En este sentido,

Por supuesto, es cierto que los estudiantes de secundaria y mayores también pueden beneficiarse a veces del uso de apoyos empíricos concretos y de los métodos de descubrimiento para aprender el contenido de la materia de forma intuitiva. Esto es así porque incluso los adolescentes, generalmente maduros, todavía tienden a funcionar a un nivel relativamente concreto cuando se relacionan con una nueva área temática en la que aún no están totalmente sofisticados. Pero, dado que el funcionamiento cognitivo abstracto en esta área se logra rápidamente con el logro de un grado mínimo de sofisticación entre el área y la materia, este enfoque de la enseñanza del contenido del curso solo debe emplearse en los primeros pasos de las instrucciones. (Ausubel, 1962, p116)

El aprendizaje por descubrimiento, no es una metodología fácil de implementar desde un punto de vista práctico, si lo que se pretende es que sirva de guía o medio principal para la enseñanza del contenido de una materia “debido al excesivo coste de tiempo que conlleva” (Ausubel, 1962, p116), dado que si “los estudiantes de secundaria y universitarios estuvieran obligados a descubrir por sí mismos cada hecho y principio en el programa de estudios, [...] no progresarían mucho más allá de los rudimentos de cualquier disciplina” (Ausubel, 1962, p116).

Por lo tanto, la cuestión no es tanto qué metodología es la más adecuada para implementar en el aula y dirigir las actividades de los estudiantes, ya que no existe una metodología única e ideal. De hecho, uno de los retos principales del docente es conocer y estudiar la mayor cantidad posible de metodologías, con la finalidad de adecuar la más apropiada en función de tres criterios:

- i) el contexto del aula en el que se consideren los elementos propios y ajenos de los recursos materiales,

- ii) los aspectos significativos sobre el tipo de alumnado, considerando su heterogeneidad, influencias externas y condicionantes propios de cada alumno y,
- iii) el tipo de contenidos que se quieren enseñar.

Valga de ejemplo, la experiencia del autor como docente en dos institutos de enseñanza secundaria de titularidad pública de la Comunidad de Madrid (España). El primero de estos centros se sitúa en una zona deprimida de los suburbios de la ciudad con un alto índice de inmigración y con situación familiar de los alumnos que se podría identificar como clase media-baja trabajadora. El segundo está localizado en uno de los distritos más ricos de la ciudad, donde la mayoría de los estudiantes pertenecen a familias en los que madre y padre son ambos licenciados, con puestos relacionados con el mando intermedio y la directiva de las empresas, con un nivel socioeconómico medio-alto y con acceso a recursos materiales, tecnología y otro tipo de dotaciones suficientes para asistir a sus hijos e hijas como apoyo al estudio.

El contexto propio del centro educativo es similar en ambos casos, dado que, por lo general, los centros públicos tienen similar dotación. El tipo de contenidos en ambos casos también es el mismo, ya que lo que se enseña forma parte del mismo currículo educativo. Queda, tan solo, como criterio diferenciador, el tipo de alumnado. Teniendo en cuenta que los resultados académicos en ambos casos son similares, desde un punto de vista subjetivo, ¿Cómo se puede explicar resultados similares siendo el tipo de alumnado y el contexto social tan diferente? La respuesta está en la principal premisa: no se puede enseñar de la misma forma empleando los mismos métodos y es el docente el encargado del diseño de la didáctica.

La cuestión de la psicología educativa consiste principalmente en la teoría del aprendizaje significativo y la retención y la influencia de todas las variables significativas (cognitivas, de desarrollo, afectivas, motivacionales, de personalidad y sociales) en los resultados del aprendizaje escolar, particularmente la influencia de aquellas variables que manipulables por el docente (Ausubel, 1971, p2).

Por consiguiente, el fondo del asunto se dirige hacia una dicotomía. Por un lado, el docente se plantea la puesta en práctica de una metodología tradicional, que dirige el

aprendizaje hacia la memoria y el recuerdo, enfocada a la instrucción y que se diseña bajo el formato de clase magistral, y bajo la cual, el alumno es encuadrado en el rol de elemento pasivo receptor de la información. Por otro lado, el docente, consciente del papel central que ha de jugar el alumnado en el proceso de enseñanza-aprendizaje, siempre tiene la posibilidad de realizar variaciones metodológicas que se adecúen al contexto educativo en cada caso, enfocado hacia el desarrollo de nuevas habilidades y destrezas. Una buena forma de conocer hasta qué punto se han trabajado dichas habilidades es mediante la verbalización del concepto por parte de aprendiente. Se han observado mejoras en procesos cognitivos específicos en alumnos con déficit de procesamiento cuando se ha incorporado el razonamiento inductivo (Klauer y Phye, 1994; Buchel, Schlatter y Scharnhorst, 1997 citados por Mosley, 2005).

Entre todos los autores y pedagogos, el concepto que identifica el aprendizaje se relaciona con el aprendizaje significativo, ya introducido desde la perspectiva constructivista de Vygotsky y desarrollado a lo largo del siglo XX por multitud de investigadores. “El aprendizaje significativo incluye la experiencia de libertad, autonomía, autorrealización, aprendizaje autodirigido, aprendizaje auto descubierto y aprendizaje experimental” (Rogers, 1969 citado en Qvortrup y Wiberg, 2017, p14-15).

1.5. El enfoque taxonómico

Diseñar didáctica no es una tarea sencilla. Desde que un docente se inicia en la profesión, organizar sus clases es su tarea principal y normalmente la enfoca hacia la atención a sus discentes y hacia su propia formación continua. La experiencia en el trato con los alumnos y las alumnas es una de las fuentes principales de sabiduría, pero no es la única.

El contacto con el alumnado tiene que servir para conocer la naturaleza humana, de forma que, con este conocimiento, el docente sea capaz de crear herramientas y recursos que le sirvan para enseñar. En cualquier caso, el proceso de enseñanza es una cuestión organizativa de gran complejidad y afecta directamente al proceso de aprendizaje.

Muchos han sido los autores que han enfocado su investigación hacia el análisis de la cuestión organizativa del proceso de enseñanza-aprendizaje. Quizá, uno de los que han inspirado a muchos docentes ha sido Benjamin Bloom, quien formó parte del equipo investigador de la Universidad de Chicago en los años 1940, liderado por Ralph F. Tyler: “Tyler trabajó en la teoría y el desarrollo del plan de estudios y la evaluación del proceso educativo. Promoviendo objetivos de comportamiento, entendió el aprendizaje como un proceso de adopción de nuevos comportamientos” (Stevens-Fulbrook, 2020).

En el equipo de trabajo, Bloom trabajó en la definición y desarrollo de lo que denominó la operativa de los objetivos de la educación (Bloom et al. 1956). Bloom analizaba bajo esta denominación una estructura que determinara la organización cognitiva del ser humano. Así, se podría establecer un procedimiento que hiciera más sencilla la tarea de la evaluación de los estudiantes, pudiendo incluso permitir valorar hasta qué punto eran idóneos los resultados de aprendizaje.

De esta forma, Bloom estableció esta organización en forma de taxonomía, aunque hoy en día los docentes la emplean como una guía para la elaboración de materiales.

Con el tiempo, Lorin Anderson (2001), estableció una revisión de la taxonomía de su mentor, de forma que ésta se adecuara con mayor precisión a las motivaciones de los estudiantes. “Las taxonomías no pueden aplicarse de forma ciega. Se trata de que se utilicen de la mejor manera posible para estimular la reflexión sobre el currículo, la instrucción, la enseñanza, la evaluación y sus complejas interrelaciones” (Anderson, 2001, p. 793).

No obstante, el enfoque de *Bloom-Anderson* está claramente especificado hacia la organización de los condicionantes en el dominio cognitivo. “*It is important to note that the most common usage of Bloom’s taxonomy focuses on cognitive learning skills rather than psychomotor or affective skills, [..]*” (Adams, 2015, p. 1). Y es muy posible que este enfoque sea el más adecuado en la enseñanza de idiomas o en materias en las que el razonamiento cognitivo sea el predominante, como las matemáticas, pero

cuando se trata de formar ingenieros, tecnólogos y profesionales técnicos, el dominio psicomotriz se ha de establecer como especialmente importante.

En la revisión de otros tipos de taxonomías como la de Fink (2013) o la de Marzano (1997), por destacar las más citadas, se observa que éstas se presentan como un proceso en el que existe un principio y un final.

Marzano muestra su taxonomía a partir de la clasificación de los conocimientos en cinco áreas: pensamiento complejo, proceso de información, comunicación efectiva, cooperación/colaboración y hábitos de pensamiento efectivo (1997, p.13), lo que se establece a partir de una revisión del modelo de Bloom, enfocado hacia el aprendizaje a lo largo de vida.

En ambas taxonomías, su aplicación inicial consiste en el diseño de tareas sencillas, relacionadas con la memoria, tratando de consolidar los primeros pasos en el aprendizaje y dirigiendo la estrategia hacia el momento en el que el aprendiente desarrolle y ponga en práctica sus capacidades creativas. “Debido a que el modelo de Fink es no lineal y no jerárquico, los estudiantes de aprendizaje [...] pueden comenzar reflexiones con cualquier componente y abordar simultáneamente múltiples componentes” (Fink, 2013 citado en Barnes y Caprino, 2016, p.561).

La taxonomía de Fink (2013) se extiende en seis ámbitos:

- i) El ámbito del conocimiento esencial que incluye toda la información que los alumnos necesitan recordar y comprender,
- ii) el ámbito de la aplicación, mediante el que los estudiantes transforman en una acción todo el conocimiento aprendido,
- iii) el ámbito de la integración donde se realizan las conexiones entre distintos aprendizajes o entre el aprendizaje y las experiencias vitales,
- iv) el ámbito de la dimensión humana, donde el aprendiente queda habilitado para considerar su aprendizaje en el contexto de su vida o contextualizado a las vidas de otros,

- v) el ámbito del cuidado, en el que los aprendientes se preocupan y dan importancia a algo que ha sido el resultado de un aprendizaje, y
- vi) el ámbito de aprender a aprender, mediante el cual el aprendiente es capaz de generar sus propias estrategias de aprendizaje que le facilitan el conocimiento por sí mismo.

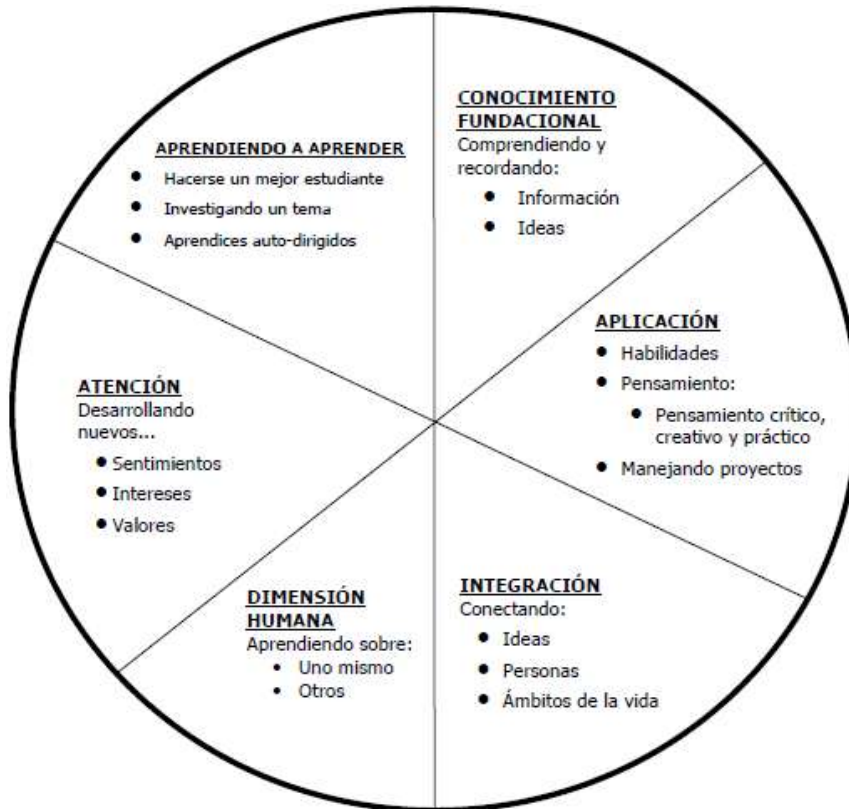


Figura 1. Aspectos incluidos en la Taxonomía de Fink.
Fuente: traducido de Fink, 2003, p. 11 por la UNALM, Lima, Perú (2008)

Bajo nuestro punto de vista, sin contrariar estos enfoques, el aprendizaje debe considerarse como un ciclo más que como un proceso con principio y fin. Si bien, el docente siempre aprenderá como mejorar su enseñanza, el discente empleará sus conocimientos y habilidades aprendidas en el pasado para desarrollar nuevos conocimientos y destrezas en el futuro. En cierto modo, el concepto de ciclo se desarrolla en las teorías del aprendizaje experiencial de David Kolb (1984). En dicha teoría, se parte de dos planteamientos:

- i) el que se percibe el aprendiente de forma subjetiva a través de los sentidos o continuo de percepción y,

ii) el que se experimenta cuando se ejecuta una tarea o continuo de procesamiento. Estos dos continuos quedan entrelazados en un ciclo de aprendizaje en constante actividad.

Entendemos y así se pretende dirigir en esta investigación el enfoque para el diseño del proceso de enseñanza-aprendizaje en el contexto de los estudios de carácter tecnológico, en el que el desarrollo de los contenidos teóricos y las habilidades prácticas son fundamentales. Esta es la base del modelo cognitivo-motor (CMM) que se ha desarrollado en el contexto de este trabajo de investigación.

Por último, queda pendiente afrontar el diseño de los contenidos y la forma de asimilarlos por parte de los discentes. Aparentemente, los contenidos es la propia ciencia, los propios conocimientos, disponibles para todos en todas partes. Esta disponibilidad plena de los contenidos no significa que sean accesibles. La madurez cognitiva y el desarrollo motriz de los aprendientes es el principal escollo para entender y asimilar los conocimientos y desarrollar sus habilidades motrices.

A modo de guía, el docente conoce qué impartir y cuándo impartirlo, conociendo las características psicológicas y fisiológicas de su alumnado. Y en cierto modo, esto forma parte del diseño curricular. Desde el punto de vista general, existe un diseño del desarrollo curricular impuesto desde los diferentes sistemas educativos, que particionan y temporalizan los contenidos en función de la edad de los alumnos. No todos los docentes están de acuerdo con este planteamiento de segregación de contenidos por edad.

Por ejemplo, Papert (2000) alude a la industria Educativa, que asemeja a una línea de producción como si de un constructor de coches se tratara. El alumno se va moviendo de una a otra estación de trabajo, agregando conocimientos a modo de piezas que ensamblar. Las revisiones de estas agregaciones se llevarían a cabo como se hace mediante un control de calidad, en base a momentos de evaluación y mediante herramientas de evaluación, que principalmente son exámenes con los que descubrir cuánto conocimiento ha sido capaz de recordar el alumno. El enfoque es totalmente geométrico, previsible, memorístico y estadístico.

Por otro lado, desde principios de siglo XXI, el enfoque curricular se mueve más en la línea de una base competencial sobre la que establecer el currículo, “Las competencias genéricas para la vida social y personal son aquellas cuya formación permitirá el mejor desempeño ciudadano” (Díaz Barriga, 2006, p.22). De esta forma, la evaluación de los progresos de los aprendientes se mueve desde un marco de lo que son capaces de recordar a la valoración de un conjunto de habilidades enfocadas a cómo son capaces de resolver un problema:

Competence is understood as a disposition that enables people to solve different kinds of problems successfully, whereas the individual degree of competence has the following facets: ability, knowledge, understanding, capacity, action, experience and motivation. Del inglés: La competencia se entiende como una disposición que permite a las personas resolver con éxito diferentes tipos de problemas, mientras que el grado de competencia individual tiene las siguientes facetas: habilidad, conocimiento, comprensión, capacidad, acción, experiencia y motivación (Hartig, Klieme y Leutner, 2008, p. 309).

Las competencias basan su concepto en el saber hacer, y no en el propio saber y se extienden a lo largo de la vida con la adquisición de diferentes niveles de desempeño de cada competencia. En España, las competencias básicas están definidas a partir de la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, “por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato” (BOE núm. 25, de 29 de enero de 2015). Estas constan de 7 dimensiones competencias: Comunicación Lingüística (CL), Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT), Competencia Digital (CD), Aprender a aprender (CPAA), Competencias sociales y cívicas (CSC), Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (SIE) y Conciencia y expresiones culturales (CEC).

A partir de las definiciones de cada una de ellas, se aplicarán de forma particularizada a cada disciplina. En el caso de los estudios relacionados con el ámbito técnico existirá

mayor desarrollo en las más relacionadas con lo que se espera de los alumnos en su futuro profesional, es decir, en CMCT y CD.

No obstante, esta aproximación permite seleccionar qué conocimientos y destrezas son los adecuados para cada alumno y alumna en función de su madurez y se han establecido para aplicarse de forma general como base de evaluación en el sistema educativo. En nuestro caso, queremos ahondar más en cómo aprenden nuestros alumnos con el fin de optimizar este proceso o en su defecto, ayudar a mejorarlo, con lo que, en el marco de las competencias, nos han interesado otros mecanismos más precisos que han conformado el ciclo de aprendizaje propuesto en el presente trabajo de investigación y que definen el CMM o Modelo Cognitivo-Motor, descrito en siguientes capítulos.

En dicho modelo se establecen relaciones de precedencia de habilidades tales como ser consciente de lo que se aprende, ser capaz de transformar lo aprendido en una experiencia de manipulación física, ser capaz de ensamblar partes de un todo o desarrollar el pensamiento creativo y las propias estrategias de transformación de la realidad.

1.6. El ámbito de la investigación

Una vez descritas las bases conceptuales que subyacen en la capa educativa, nos centraremos en las experiencias estudiadas. Tal y como se desarrolla más adelante, esta tesis se ha centrado en el estudio de los mecanismos y estrategias de aprendizaje de alumnos en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria en el ámbito de los contenidos relacionados con Ciencia y Tecnología y más concretamente, de área de los conocimientos y desarrollo de habilidades sobre Electricidad y Electrónica.

El estudio se ha llevado a cabo en diversas etapas y se ha prolongado a lo largo de cuatro años, en los que se han desarrollado materiales propios a partir de la definición del modelo cognitivo-motor. En la serie de experiencias didácticas, se ha utilizado como recurso clave el laboratorio remoto VISIR (*Virtual Instrument Systems in Reality*), cuya constitución, funcionamiento y uso se ha descrito en capítulos posteriores.

Un laboratorio remoto es una plataforma operativa mediante el acceso a Internet, que permite el acceso a una colección de experimentos reales, que si bien no comparten espacio físico con la persona que lleva a cabo la experimentación, esta tiene control operativo sobre los parámetros experimentales. Para ello, el laboratorio remoto tiene que disponer de una infraestructura adecuada de comunicación e información sobre los objetos de experimentación y la instrumentación de medida. “Los laboratorios remotos son instalaciones experimentales que se pueden acceder a través de Internet, permitiendo a los estudiantes y educadores llevar a cabo experimentos desde cualquier lugar del mundo en cualquier momento” (del Álamo, 2004).

VISIR es un laboratorio de electrónica analógica y medidas eléctricas, cuyo manejo se realiza a partir de un acceso a Internet en un entorno virtualizado, cumpliendo el requisito de acceso ubicuo y asincrónico. Durante la experiencia de medida, el laboratorio remoto recibe las órdenes del usuario, establece las conexiones constitutivas del circuito objeto del experimento y realiza la medida eléctrica sobre el propio sistema físico. Como consecuencia, el usuario recibe los datos de medidas reales.

El laboratorio remoto VISIR tiene su origen en los trabajos llevados a cabo por *Gustavsson, et al.* (1999) en el ámbito de la automatización de los sistemas de medidas eléctricas: “VISIR es un conocido laboratorio remoto especialmente desarrollado para experimentar en circuitos eléctricos y electrónicos. Es una arquitectura cliente-servidor donde las mediciones se llevan a cabo utilizando un servidor” (Aguedas-Matarritas et al., 2017, p.2).

One relevant pedagogic aspect of VISIR is that its significant multiplexing capacity allows simultaneous access to the laboratory, so several students can assemble and measure their individual circuits at the same time. This feature is rare among remote laboratories.

Del inglés: Un aspecto pedagógico relevante de VISIR es que, su importante capacidad de multiplexación permite el acceso simultáneo al laboratorio, por lo que varios estudiantes pueden ensamblar y medir sus circuitos individuales al mismo tiempo. Esta característica es poco común entre los laboratorios remotos (García-Zubia et al., 2017, p.151).

En el capítulo 2 de la presente tesis, en línea con esta característica, se ha descrito con profundidad la estructura, organización y usabilidad del laboratorio VISIR.

1.7. Organización del documento

Esta tesis presenta diversos capítulos de los que el presente, el capítulo 1, ha pretendido mostrar la necesidad de dirigir los esfuerzos didácticos hacia la optimización del aprendizaje, empleando todos los canales que un alumno pueda ser capaz de activar para asimilar el conocimiento, es decir, tanto sus capacidades intelectuales y cognitivas como sus habilidades y destrezas motoras.

En el siguiente capítulo 2 se muestra en el contexto del Estado del Arte, los precedentes sobre las teorías del aprendizaje más adecuadas al contexto de una enseñanza que, si bien puede ser presencial o a distancia, emplea recursos telemáticos como es el caso de un laboratorio remoto.

En el contexto del desarrollo de la Técnica, se muestra una revisión de los laboratorios remotos utilizados en las últimas décadas, para incluir un estudio exhaustivo del laboratorio remoto VISIR, principal recurso técnico empleado en la investigación que aquí se muestra.

El diseño de la investigación y la metodología empleada se ha desarrollado a lo largo del capítulo 3, en el que se establece la taxonomía del modelo cognitivo-motor y se presentan las cuatro experiencias didácticas estudiadas en este contexto en orden cronológico y que han dado lugar al conjunto de cursos que actualmente están siendo empleados en la educación secundaria.

A lo largo del capítulo 4 se analizan las destrezas cognitivas y motoras y su influencia y relación mutua a partir de la realización de cada experiencia. Se muestran además las diferentes estrategias de aprendizaje que se emplean en la asimilación de contenidos y en la práctica de habilidades motoras.

De forma complementaria a los resultados expuestos en el Capítulo 4, se ha procedido a realizar una analítica del aprendizaje de cada una de las experiencias a lo largo del Capítulo 5. En la analítica se ha empleado los datos de acceso de los alumnos y alumnas al laboratorio remoto VISIR.

De esta forma, se han comparado los datos indicados por el alumnado como resultado de sus prácticas, con las ejecuciones y acciones reales llevadas a cabo en el laboratorio. Las conclusiones de esta investigación se muestran en el capítulo 6.

Education is the most powerful weapon which you can use to change the world.

Nelson Mandela (1918-2013)

2. Estado de la Técnica y el Arte

El eje central de esta tesis corresponde con la aplicación de un modelo taxonómico, cuya aplicación persigue verificar si el modelo taxonómico es útil para la cuantificación y evaluación del rendimiento de los alumnos en el ámbito cognitivo y en el ámbito motor y su mutua relación y si el modelo es válido para asistir a los docentes en la creación y diseño de actividades didácticas. En cualquiera de las dos propuestas, el modelo taxonómico se enfoca hacia su eficacia en la identificación y valoración de aquellas destrezas que facilitan que una persona sea capaz de aprender y asimilar el conocimiento que le rodea.

Con la finalidad de poder llevar a cabo las medidas derivadas de la aplicación y evaluación de la taxonomía, cualquier recurso docente podría ser válido, si bien para ello, se ha elegido el laboratorio remoto VISIR para el montaje y medida de circuitos eléctricos y electrónicos.

Por tanto, estos serán los dos ejes motivo de la investigación y sobre los cuales se ha procedido a la realización de una investigación documental previa sobre el estado del Arte. A lo largo de este capítulo se presentan los precedentes que han servido para establecer los términos de la taxonomía aquí presentada, así como aquellas teorías de aprendizaje confluyentes.

2.1. Precedentes sobre teorías de aprendizaje

Desde el punto de vista de Ormrod (2005), los fenómenos psicológicos intervinientes en la percepción, el pensamiento, el recuerdo y la interpretación de sucesos que rodean al ser humano son estudiados bajo el concepto de procesos cognitivos. Cualquier ser humano desarrolla una capacidad variable de socialización, lo que le confiere un cierto grado de aprendizaje interpersonal que nos permite aprender de otros iguales y no únicamente de expertos o profesionales. En cierto modo, estas son las bases del aprendizaje por imitación o por observación.

Si se habla desde, exclusivamente, el procesamiento cognitivo, se pueden considerar tres etapas: la percepción de información por medio de los sentidos, su recuerdo mediante la memoria y su recuperación posterior para emplearse en procesos de reflexión, de cálculo o cualquiera otro en el que la información sea necesaria para obtener un resultado (Guamán et al., 2020). En cierto modo, el esquema de este procesamiento atiende a un sentido de procesado de un producto, con un alumbramiento o recepción original y una finalidad.

Así, dado que el “aprendizaje es el proceso por el cual el conocimiento se crea a partir de la transformación de la experiencia” (Kolb, 1984, p41), es indudable pensar que tanto los potenciales físicos como los psíquicos, son los que intervienen en la vivencia o experiencia de aprendizaje. En esta línea, el aprendizaje y la asimilación no se inscriben únicamente en las capacidades cognitivas del aprendiente, sino que se extiende a la conexión de estas con el entorno que rodea al individuo. Esto significa que tanto los sentidos como el mismo cuerpo son los instrumentos que se emplean para interactuar con el entorno y proporcionar la información que el ámbito cognitivo empleará para su procesamiento posterior.

Frente a la definición anteriormente expuesta de procesado del producto cognitivo que la concepción tradicional de aprendizaje valora con un principio y un fin, como un saber que ha de asimilarse a partir de un vacío de conocimiento, se revelan a partir de

la puesta en práctica de metodologías emergentes y nuevas teorías del aprendizaje, que no se trata de un proceso lineal sino más bien de un ciclo continuo.

Así, Kolb (1984) define dos continuos como responsables del aprendizaje: el continuo de procesamiento, por el cual se establece la aproximación y ejecución de una tarea y el continuo de percepción, relativo a cómo se perciben mediante los sentidos la realidad que nos rodea y como somos capaces de generar una respuesta emocional que apunta a lo que sentimos o creemos. Estos dos continuos se muestran en la figura 2 como ejes del proceso propuesto por Kolb. Por consiguiente, a juicio de Kolb (1984), estos dos ejes vertebran el aprendizaje como un ciclo en el que, a partir de una experiencia significativa, se reflexiona, se asimila o conceptualiza y se afianza a partir de la experimentación: *“He [Kolb] identified five parameters that influence the Learning Styles, namely: the psychological parameter, area of the course elected, professional career, current job, and adaptive capacity”*, del inglés, Él [Kolb] identificó cinco parámetros que influyen en los estilos de aprendizaje: el parámetro psicológico, el área del curso elegido, la carrera profesional, el trabajo actual y la capacidad de adaptación (da Costa et al., 2020, p.149).

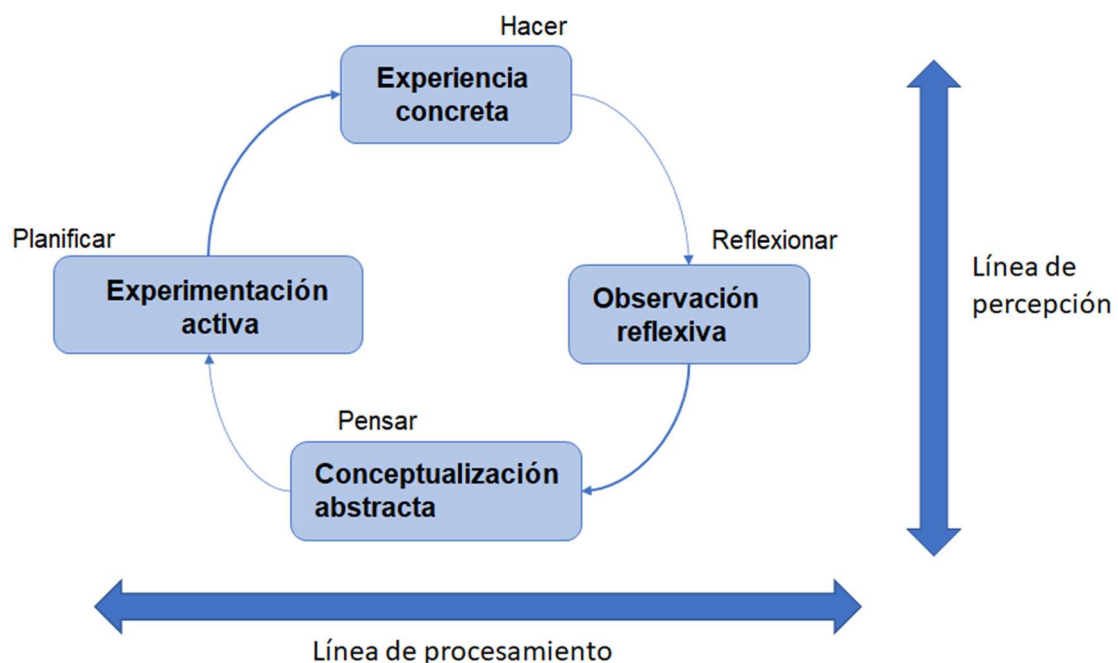


Figura 2. Ciclo de Kolb. Fuente: elaboración propia

Los primeros pasos del ciclo se pueden considerar de origen cognitivo mientras que el último, el contacto físico con el entorno que nos rodea, nos ayuda a dar sentido a la experiencia. Es por esto, que entendemos que, sobre todo para aquellos conocimientos propios de la ciencia experimental, son necesarios tanto el trabajo con el dominio cognitivo como el contacto físico con el entorno para el cual nuestras habilidades motoras son imprescindibles.

No obstante, con anterioridad a las propuestas de Kolb, en la convención de Convención de la Asociación Norteamericana de Psicología de 1948, se establece la necesidad de unificar los estándares de evaluación para identificar los aprendizajes y como consecuencia, se determina el establecimiento de una clasificación de destrezas y habilidades que puedan ser medidas como evidencias del aprendizaje.

Se reconoce que el aprendizaje se produce mediante el desarrollo de habilidades desde dos dominios: el dominio cognitivo en el que se llevan a cabo los procesos de pensamiento y reflexión y el dominio afectivo mediante el que se desarrollan los sentimientos y sensaciones que dan lugar a la conciencia y la actitud. Es de esta forma como el grupo liderado por Benjamín Bloom, formula una taxonomía, en la que se establecen los diferentes niveles por los que se pasa en el proceso de aprendizaje y tras los cuales se establecen diferentes habilidades o capacidades.

La taxonomía de Bloom en la educación hace referencia directa al dominio cognitivo, basando éste en seis niveles, los cuales van de menor a mayor complejidad, sirviendo de base siempre el anterior.

Según expone Bloom (1956) y posteriormente Anderson (2001) y Krathwohl (2012), representado en la figura 3, la complejidad en el desarrollo de las destrezas cognitivas es creciente según aumenta el nivel de abstracción en las actividades de aprendizaje. Una actividad concreta y bien definida es la memorización de un párrafo, de una fórmula o de los elementos de una lista y el tipo de destrezas cognitivas que hay que emplear para llevar a cabo este tipo de actividad es muy simple. De hecho, la mimetiza-

ción de movimientos o de sonidos se da en muchas especies animales, cuyo aprendizaje es propio de técnicas conductistas.

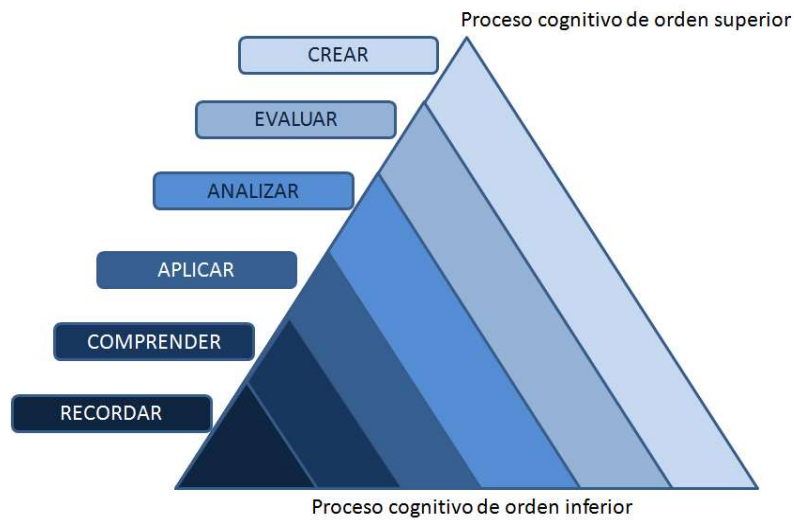


Figura 3. Modelo taxonómico de Bloom Anderson

Por el contrario, los aspectos relacionados con la evaluación, los juicios de valor o la creación de nuevas ideas, nuevas formas de ver las cosas, nuevas formas de realizar un proceso o, en definitiva, la innovación, requieren del desarrollo de una serie de destrezas cognitivas complejas. En definitiva, a partir de esta base, se estableció que los estilos de aprendizaje podrían definirse desde los aspectos cognitivo, afectivo y psicológico, que se podrían emplear como indicadores del grado en el que los alumnos y alumnas perciben, interactúan y responden a su entorno de aprendizaje (da Costa et al., 2020, p.149).

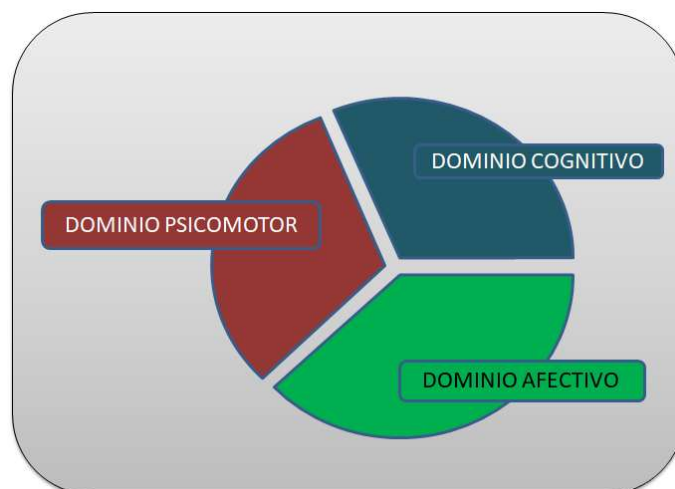


Figura 4. Dominios del aprendizaje. Fuente: Elaboración propia

Otros estudios como el de Tourón y Rejero (2002) exponen problemas de aprendizaje derivados de disincronía, un tipo de desarrollo irregular que en su modalidad interna relaciona problemas en el alumnado adolescente, y en especial sobre dotado, que relaciona su evolución intelectual verbal y lógica con defectos en la organización espacial y desarrollo psicomotriz y evolución afectiva. Esto es indicativo de que la acción motora es necesaria para un buen equilibrio en el desarrollo de habilidades y destreza de aprendizaje, con lo que es necesario crear un marco que englobe los tres dominios del aprendizaje: el cognitivo, el afectivo y el motor (figura 4) que incluirá, por tanto, los procesos de control del cuerpo para el manejo de útiles y herramientas.

2.2. Sobre laboratorios remotos y educación

No es necesario aludir al cambio paradigmático que ha supuesto el empleo de Internet como recurso docente para fijar un origen de los recursos tecnológicos del instructor porque, desde siglos, el educador siempre ha buscado la manera de mejorar e incluso optimizar el proceso de aprendizaje de sus alumnos, bien experimentando con la Didáctica, mejorando su retórica o incorporando dispositivos educativos a sus clases. Sirvan de ejemplo la importancia de las metodologías optimizadoras del aprendizaje como la que Huizinga (1938) otorga al juego como recurso didáctico necesario y como elemento favorecedor del aprendizaje (en Gómez, 2003) o como las ideas revolucionarias que a principios del siglo XX concibió Kilpatrick (1918) con el desarrollo del método del proyecto aplicado originalmente a los estudios de formación profesional agraria (Miranda y Blázquez-Merino, 2020, p.35).

A pesar de todo, no puede negarse el enorme impacto que ha supuesto Internet, y en mayor medida la Web como medio de soporte de recursos educativos (Arriaga et al., 2016) y por extensión de desarrollo y transmisión de estos. Uno de estos recursos, objeto de este trabajo, es el Laboratorio Remoto: “El laboratorio remoto es, por definición, un experimento llevado a cabo y controlado de forma remota a través de Internet” (traducido de Chen et al., 2010 p.3844). Inquiriendo en sus orígenes, se observa la necesidad de la práctica como componente fundamental del proceso de aprendizaje.

Real experiments are indispensable for developing skills to deal with instrumentation and physical processes. Practical projects provide the framework for a group of students to learn to cope with real world problems. There is no doubt that nothing will replace synchronous learning through face-to-face interaction, but it is not always feasible for students to attend conventional classes. Models for using information technology to enhance learning experience for conventional on-campus students. Del inglés: Los experimentos reales son indispensables para desarrollar habilidades para lidiar con la instrumentación y los procesos físicos. Los proyectos prácticos proporcionan el marco para que un grupo de estudiantes aprenda a enfrentarse a problemas del mundo real. No hay duda de que nada reemplazará el aprendizaje sincrónico a través de la interacción presencial, pero no siempre es posible que los estudiantes asistan a clases convencionales. Modelos para utilizar la tecnología de la información para mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes convencionales en el campus (Gustavsson, 2001).

Los laboratorios remotos se presentan desde principios de siglo XXI como un recurso muy eficaz para proporcionar medios prácticos de ensayo e investigación a los estudiantes de cursos a distancia, pero con el tiempo se ha observado su utilidad como medio de refuerzo práctico en sus estudios. *“Remote access for laboratory experiments has been an active area of educational research for almost as long as the internet has been the enabling technology for complex data and graphical interchange using web browsers.”* Del inglés: El acceso remoto para experimentos de laboratorio ha sido un área activa de investigación educativa durante casi tanto tiempo como Internet ha sido la tecnología habilitadora para datos complejos e intercambio gráfico mediante navegadores web (Bergen, 2017).

Es difícil de determinar en qué momento el equipamiento técnico de un laboratorio accesible de forma virtual, a través de la web, se convirtió en laboratorio remoto. Es muy posible que las primeras ideas para la implementación de laboratorio surgieran a partir de la pregunta que se hicieron diversos autores sobre la dicotomía entre emplear un laboratorio virtual o desarrollar un laboratorio remoto para la educación a distancia, en una época en la que ya existían iniciativas de virtualización para las prácticas en Ingeniería. En los últimos años de la década de 1990, muy pocas universidades

ofrecían cursos completos que incluyeran el uso de laboratorios a través de Internet. Entre estas pocas se encontraban la *Open University* del Reino Unido, que llevó a cabo un despliegue importante de "laboratorios virtuales", la *Michigan State University*, que propuso la creación de un laboratorio de Instrumentación en línea y la Universidad de Harvard que ofrecía a sus estudiantes instalaciones de laboratorio virtual de simulación introductoria (traducido de Alhalabi et al., 1998, p.4).

A la vista de estos antecedentes se puede considerar al laboratorio remoto, principalmente como un recurso educativo, pero también como un producto-servicio:

Remote Access Laboratories systems have been successful in their intended objectives of providing access to resources along with additional services. Advantages of these systems include access from anywhere and anytime, allowing more students to gain access, the safe running of experiments, sharing of resources among universities and technical support and are available as and when needed. Del inglés: Los sistemas de Remote Access Laboratories han tenido éxito en sus objetivos previstos de proporcionar acceso a recursos junto con servicios adicionales. Las ventajas de estos sistemas incluyen el acceso desde cualquier lugar y en cualquier momento, lo que permite que más estudiantes obtengan acceso, la ejecución segura de experimentos, el intercambio de recursos entre universidades y el soporte técnico, y están disponibles cuando y cuando sea necesario (Maiti, 2016, p. 32).

El concepto de producto-servicio aplicado a los laboratorios remotos, ampliamente descrito por varios autores (Lindahl et al., 2009, Hänsch et al., 2013, Capuz-Rizo et al., 2015), y extendido al concepto de Aprendizaje-Servicio como propuesta educativa para combinar los procesos de aprendizaje y servicio a la comunidad en un solo proyecto (Plaza, 2018), requiere de cierta precisión en el estudio que aquí se presenta, principalmente por fijar el concepto desde su perspectiva evolutiva. En primera instancia, se considera al laboratorio remoto como un desarrollo de los laboratorios virtuales y los laboratorios simulados en web.

En este sentido, "el laboratorio como servicio es un paradigma para desarrollar laboratorios remotos modulares, basados en módulos de componentes independientes, e implementarlos como un conjunto de servicios acoplados libremente para ser consu-

midos con un alto nivel de abstracción y virtualización” (traducido de Tawfik (2013), p.31). Pero, diferenciándose de los sistemas de simulación y de los laboratorios virtuales, como el sistema integrado de laboratorios online enfocados al aprendizaje como el propuesto por Ruano et al. (2020), un laboratorio remoto basa su desarrollo en equipamiento real, físicamente instalado en un lugar concreto y que se compone de la instrumentación y equipamiento adecuado para la realización de experimentos, por lo que se considera igualmente un producto.

Desde el punto de vista educativo, la interactividad y accesibilidad son dos características que ofrece un laboratorio remoto al estudiante, quien no contempla toda la infraestructura que subyace para que realice los experimentos, sino que observa directamente los instrumentos y realiza el experimento. “El estudiante se conecta a un servidor web, este le mostrará las imágenes reales de los instrumentos que va a manejar, las acciones que puede realizar y los resultados de esas acciones” (San Cristóbal, 2010, p.114). Pero dicha infraestructura es fundamental para llevar a cabo la conectividad, el acceso a las instalaciones y la realización del experimento. El esquema general de un laboratorio remoto atiende al esquema representado en la figura 5.

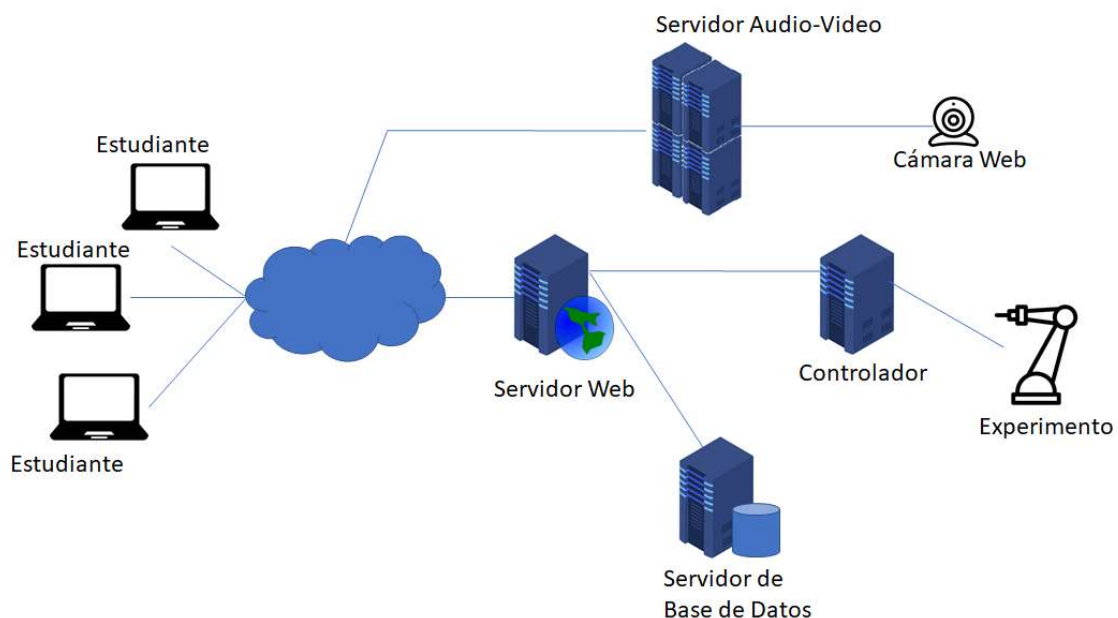


Figura 5. Esquema genérico de laboratorio remoto. Fuente: Ko (2004) citado en San Cristóbal (2010)

El estudiante se conectará mediante su ordenador a los servicios de Internet que se sirven a través de la web para acceder al experimento. El navegador, ante el acceso,

cargará la aplicación del laboratorio, normalmente utilizando Applets o ActiveX. El servidor Web se encuentra al otro lado de la conexión atendiendo y respondiendo a las peticiones del navegador del estudiante y estableciendo como middleware, el diálogo entre las acciones del estudiante y del laboratorio, dirigiendo los comandos determinados por el estudiante al controlador. Este dispositivo estará conectado directamente a los instrumentos establecidos en el laboratorio (en el ejemplo, el hardware del propio experimento como un osciloscopio, un sensor de presión o un sistema de detectores para monitorizar una multiplicidad de variables físicas) mediante bus GPIB, buses de interfaz de propósito general o cualquier otro medio existente.

Se establecen ciertos medios para acceder en tiempo real a las imágenes capturadas mediante una cámara web para visualizar el experimento (si fuera necesaria la visualización de imágenes para monitorizar el experimento), con el fin de hacer del experimento una experiencia inmersiva del estudiante. Las imágenes de la cámara pueden ser controladas por un servidor dedicado de audio y video, pero también podrían conducirse a través del servidor web. De estas posibilidades, se considera que:

La emisión en *streaming* debe tener en cuenta la seguridad como factor importante. No puede ser posible acceder a una cámara web o a una dirección IP de una cámara, si esta no lo ha autorizado previamente a través de un determinado protocolo de comunicaciones (Carro, 2014, p.59).

Por último, un servidor de base de datos se añadirá para acumular los datos de prácticas del experimento o resultados de este, y cualquier otro dato de accesibilidad de los estudiantes. “Por motivos de mantenimiento, escalabilidad y seguridad, es preferible que esté fuera de él [del servidor web]” (San Cristóbal, 2010, p. 115).

Por tanto, una vez establecida la infraestructura básica y el origen natural de un laboratorio remoto a partir de las experiencias profesionales y educativas con el empleo de laboratorios virtuales y simuladores se observa su principal propósito: mejorar la educación no presencial o a distancia. Existe una cantidad de entornos experimentales remotos que permite afirmar con rotundidad que la experimentación a través de Internet es una tecnología en expansión. De esta manera, es posible pensar en convertir

un laboratorio de experimentación, transformándolo en su versión remota con lo que desaparecen los problemas de explotación y extensión ligados a factores económicos, espaciales y temporales (Pastor, 2006).

A pesar de lo indicado, existen otros factores no relativos al proceso educativo del que se extraen ventajas, como son los factores económicos, espaciales y temporales que reducen el coste de la instalación y mantenimiento de laboratorios en las instituciones académicas. En sus orígenes y atendiendo principalmente a la necesidad de promoción, los laboratorios remotos, son un recurso originado desde la investigación en ingeniería de instituciones donantes, distribuido sin coste para las instituciones receptoras (García-Loro et al., 2018) y como consecuencia, facilitan el acceso a la infraestructura al propio estudiante (Chen et al., 2010). Otras iniciativas ofrecen servicios de laboratorios remotos de propósito múltiple a precios razonables (Orduña et al., 2016).

Independientemente del coste, el laboratorio remoto, como producto/servicio garantiza funcionalidad, diversidad de experimentación y medios técnicos de acceso, pero lo que no se garantiza al emplear un laboratorio remoto es que la realización de los experimentos de forma remota mejore el proceso de aprendizaje, de la misma forma que un experimento en un laboratorio presencial no garantiza que los estudiantes asimilen mejor y en mayor medida, los conocimientos adquiridos en la materia. Esto corresponde al diseño didáctico que el docente o el grupo de docentes determinen en cuanto el uso que se le va a dar al laboratorio remoto con su incorporación en la programación de sus asignaturas o materias.

En definitiva, el laboratorio remoto proporciona la capa técnica, pero es competencia del profesorado el diseño de la capa educativa que integre la experimentación de forma óptima en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Regarding remote laboratories, there are now many implementations scattered across the world, as well as a wealth of descriptions of the devices and of how they are used in course. However, few if any studies have evaluated the technologies' educational effectiveness. Del inglés; Con respecto a los laboratorios remotos, ahora hay muchas implementaciones esparcidas por todo el mundo, así como una gran cantidad de descripciones de los dispositivos y de cómo se utilizan en el curso. Sin embargo, pocos o nin-

gún estudio han evaluado la eficacia educativa de las tecnologías (Lustig et al. 2014, p.33).

Esta cuestión sobre la efectividad educativa de este tipo de recursos es clave en el desarrollo del presente trabajo.

2.3. Revisión de laboratorios remotos de propósito educativo

En las primeras publicaciones sobre laboratorios remotos, se aludía a su desarrollo a partir de recursos como el software de simulación y laboratorios virtuales: *“Laboratory experiments being operated remotely and shared among universities”* (Aburdene et. al. (1991) citado por Ožvoldová y Schauer, 2014), del inglés: Experimentos de laboratorio operados de forma remota y compartidos entre universidades. En dichos trabajos se revelaba la necesidad surgida por la falta de precisión en la modelización simulada, en la latencia y en el coste de computación elevado por el tiempo empleado. A pesar de todo, Patrick (1992), en sus investigaciones sobre la simulación, indicó que la simulación con alta fidelidad psicológica puede conducir a una alta transferencia de aprendizaje, a pesar de la baja fidelidad física.

Con el desarrollo técnico de las tecnologías de prototipado, se encara la solución a los problemas de acceso remoto por medio de la construcción de circuitos sobre placas de prototipado (*breadboards*), como la representada en la figura 6, en la que se incluyen dispositivos programables, habilitando una interfaz en un computador en la que todas las conexiones del circuito se asignan (Mohammad Khalid Hamza et al.,2002).

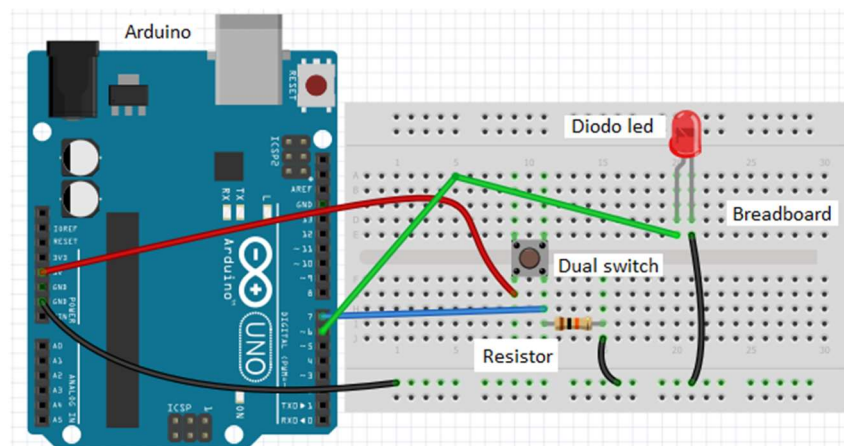


Figura 6. Representación gráfica de práctica de Arduino con una breadboard. Fuente: Elaboración propia

Kocijancic y Colm (2002), analizan los beneficios del proyecto ComLab-Sci Tech, definiendo la puesta en práctica de un “*true laboratory*”. Este tipo de laboratorio se conforma como un clásico sistema de control dotado de actuadores y sensores para practicar con experimentos de medida de parámetros físicos tales como la masa vegetal en relación con el proceso de crecimiento de las plantas. Esta experiencia se identifica como pedagógicamente eficiente, sobre todo en aspectos reflexivos, de análisis y de evaluación.

Computerized experiments tend to change the emphasis from routine, often tedious, data collection towards interpreting skills, enhanced scientific thinking, creativity and problem solving. We believe that there is considerable additional pedagogical advantage to be gained by the integration of the various ICT tools and concepts available, particularly by integrating ‘true’ and ‘virtual’ laboratory activities. In addition, ICT based teaching tools provide an opportunity for a greater level of integration of different science and technology disciplines than heretofore. In either context, however, it is important that methodologies adopted be chosen appropriately to the specific learning goals and age of the students involved. Del inglés: Los experimentos informatizados tienden a cambiar el énfasis de la recolección de datos rutinaria, a menudo tediosa, hacia las habilidades de interpretación, el pensamiento científico mejorado, la creatividad y la resolución de problemas. Creemos que se puede obtener una ventaja pedagógica adicional considerable mediante la integración de las diversas herramientas y conceptos de TIC disponibles, en particular mediante la integración de actividades de laboratorio "reales" y "virtuales". Además, las herramientas de enseñanza basadas en las TIC brindan una oportunidad para un mayor nivel de integración de diferentes disciplinas científicas y tecnológicas que hasta ahora. En cualquier contexto, sin embargo, es importante que las metodologías adoptadas se elijan apropiadamente para los objetivos de aprendizaje específicos y la edad de los estudiantes involucrados (Kocijancic and Colm, 2002).

Del análisis de esta publicación es observable que el citado “*true laboratory*” (Kocijancic y Colm, 2002) tiene las características físicas de un laboratorio remoto, proporcionando algunos resultados de los experimentos, pero no se incluyen datos que justifiquen la eficiencia didáctica del sistema. Más bien justifican el empleo de laboratorios remotos con fines educativos para la comprobación del conocimiento conceptual, el trabajo colaborativo, la interacción con el equipamiento, el aprendizaje por ensayo y error y la realización de análisis en los datos experimentales.

Apuntando al aprendizaje de electrónica, en 2003 se presenta el sistema NetLab (Nedic et al., 2003) como un medio de acceso remoto a la experimentación con circuitos eléctricos de medidas en filtros de frecuencia. En este trabajo se apunta, como necesidad principal, asegurar la conectividad en la realización remota de cualquier experimento, reconociendo las ventajas del empleo del laboratorio en la implicación de los estudiantes a la hora de preparar el experimento y, sobre todo, su replicación posterior como estudio en casa.

En este caso, los autores ofrecen datos, desde el plano cualitativo sobre la eficacia e influencia de la incorporación del laboratorio remoto como recurso en el proceso de aprendizaje de circuitos eléctricos. A pesar de esto, la percepción de los estudiantes frente al uso del recurso apunta a su preferencia por el trabajo con laboratorios presenciales, si bien destacan el recurso como un medio útil para la repetición remota de experimentos como elemento de mejora en su aprendizaje en el manejo operativo y funcional de la instrumentación.

Machotka et al. (2009) presentan una actualización del anterior laboratorio remoto, en el que se incorpora un tipo de instrumentación programable empleando el interfaz IEEE 488.2 o Bus GPIB. En dicho sistema, se muestra la manera en que se conecta la instrumentación a una matriz de conmutación que permite el cableado y configuración de diversos circuitos eléctricos sobre los que el usuario puede experimentar. El usuario accede desde su ordenador personal a la interfaz gráfica del usuario del entorno NetLab, en la que se representan de forma virtual, los instrumentos que transmiten los valores reales de medida desde el laboratorio físico. El sistema cuenta con un sistema de reserva de experimento.

De esta forma, esta experiencia didáctica pone de relieve la utilidad a la hora de combinar laboratorios presenciales y remotos, cuando exista disposición presencial, ampliando las perspectivas originales del laboratorio remoto como recurso exclusivo de la educación a distancia. Al hilo de esta experiencia, Deniz et al. (2003) plantean una clasificación de los laboratorios remotos enfocada a los diferentes escenarios posibles:

- Laboratorio remoto localizado
- Laboratorio remoto a distancia
- Laboratorio remoto inmersivo
- Laboratorio remoto de revisión técnica
- Federación de laboratorios remotos

En la actualidad, existen diversas iniciativas desde las que se han producido una ingente cantidad de laboratorios remotos al servicio de centros educativos y de formación básica y superior. Un caso particular es LabsLand (Orduña et al., 2020), cuya interfaz web se expone en la figura 7. La iniciativa, creada a partir de las investigaciones llevadas a cabo en la Universidad de Deusto, permite el acceso a cursos enfocados al aprendizaje basado en la investigación entre los que se incluyen accesos al laboratorio remoto VISIR, montaje y programación remota de sistemas basados en Arduino o dispositivos robóticos de manejo remoto, entre otros.

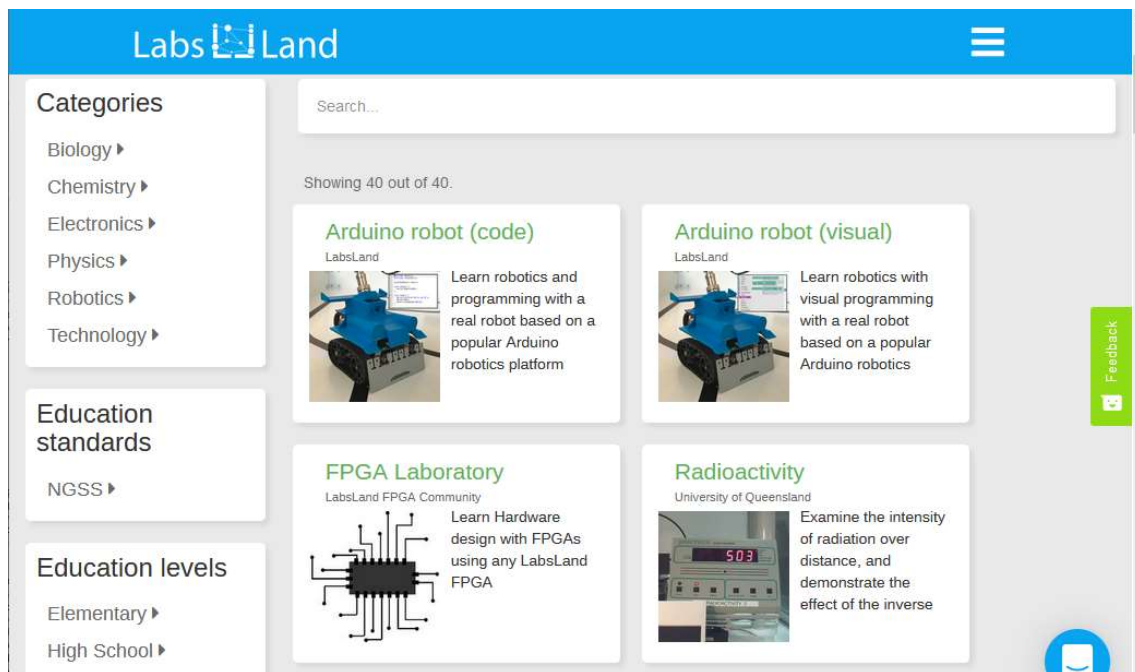


Figura 7. Aspecto del interfaz de la web de LabsLand. Fuente: <https://labsland.com/en/labs>

Dintsios et al. (2018) presentan un trabajo comparativo de aceptación de un laboratorio remoto respecto a experimentos presenciales en su trabajo. Los experimentos se dirigen hacia la comprobación de la ley de Ohm en circuitos serie y paralelo y se presentan como un complemento como tareas para hacer en casa como ampliación o re-

fuerzo de las clases presenciales. El sistema está basado en una cámara permanentemente conectada a un panel de relés electromagnéticos que configuran las conexiones de sendos circuitos. El objetivo consiste en tomar datos de la medida de corriente según el tipo de circuito para poder constatar los cálculos teóricos. Según indicaron los autores, los alumnos participantes reconocieron la utilidad del recurso para su progreso en el aprendizaje de la Electricidad y su teoría.

2.3.1. Laboratorio remoto localizado

Este tipo de laboratorios es el más extendido entre las instituciones, ya que permite autonomía en la dedicación de los medios a sus estudiantes, además de servir de recurso científico para sus investigadores.

El laboratorio remoto está alojado en las instalaciones de una institución que se encargará de proveer de acceso a sus estudiantes o a estudiantes de otras instituciones a partir de un acuerdo institucional concertado. Este modelo permite distribuir las prácticas tanto de forma remota en el propio laboratorio remoto como de forma presencial en las instalaciones de la institución.

Existen multitud de ejemplos de este tipo de laboratorios, entre los que se encuentra el sistema remoto controlador de "una planta compuesta por cuatro tanques interconectados con el objetivo de control el nivel de los tanques inferiores mediante la regulación de las tensiones enviadas a las bombas " (García et al., 2005). Este laboratorio, presentado por primera vez en el congreso CEDI de 2005 se basa en una publicación de 2000 de Johansson, en la que se describen ciertas prácticas de control multivariable en sistemas de control de procesos químicos. El estudiante accede al laboratorio a través de la interfaz web, representada en la figura 8.

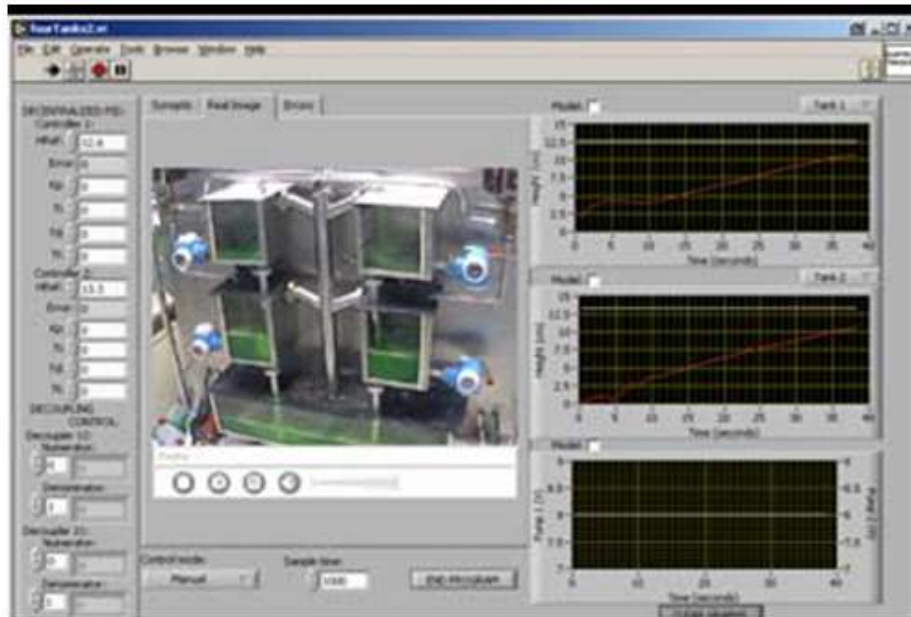


Figura 8. Interfaz del laboratorio remoto con cuatro tanques. Fuente: I Congreso Español de Informática, CEDI 2005

En dicha interfaz, el usuario tiene que manipular y regular determinadas bombas y válvulas presentadas en diversos escenarios representados mediante un sinóptico del montaje real. La interfaz se complementa con la visualización de gráficas de evolución y una vista en tiempo real del aspecto de los tanques, visualizados mediante una cámara web instalada in situ en la propia instalación con el fin de “aportar realimentación visual del proceso” (García et al., 2005). Para llevar a cabo este desarrollo, se incorpora “una herramienta SCADA para la monitorización y supervisión de la planta” (García et al., 2005) en el entorno de LabView (National Instruments, 2020).

En el ámbito de los sistemas de procesamiento de señal digital, se presenta en 2010 un laboratorio remoto y virtual que reúne lo que en un futuro será la base de la implementación de los laboratorios enfocados a la electrónica en el que cuenta con tecnologías “que cuentan con el empleo de LabVIEW, Matlab/Simulink, applet de Java, Flash, Web 2.0 y otras técnicas” (Chen et al., 2010, p. 148).

En esta línea, se presentan las ideas puestas en común en el seno de la colaboración entre el Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control de la UNED, la Universidad de Deusto y el Deusto-Tech, donde se refleja el impacto del uso de un la-

laboratorio remoto en los procesos de enseñanza-aprendizaje desde un punto de vista holístico. En este artículo, y quizá es la primera vez que se puede leer sobre la incidencia en el empleo de un laboratorio remoto sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje como un todo, se pone de manifiesto su utilidad tanto para docentes como para los propios estudiantes:

The users of a Remote Lab are the teachers and the students, and also the university. So, a Remote Lab must be focused on teachers and students. Usually, the teachers' requirements are forgotten by the researchers (because they usually will be the teachers). The teachers need a tool easy to install, to use, to manage, etc., more or less as Moodle is for them. The question is, are the Remote Labs easy to deploy? The answer is no, attending to the lack of deployed or commercialized Remote Laboratories. Imagine that a high school want to install a Remote Laboratory, is it possible? Not today. Del inglés: Los usuarios de un laboratorio remoto son los profesores y los estudiantes, y también la universidad. Por lo tanto, un laboratorio remoto debe centrarse en profesores y estudiantes. Por lo general, los investigadores olvidan los requisitos de los profesores (porque normalmente serán los profesores). Los profesores necesitan una herramienta fácil de instalar, utilizar, gestionar, etc., más o menos como Moodle es para ellos. La pregunta es, ¿son fáciles de implementar los laboratorios remotos? La respuesta es no, atendiendo a la falta de Laboratorios Remotos desplegados o comercializados. Imagina que un instituto quiere instalar un Laboratorio Remoto, ¿es posible? Hoy no (García Zubía et al., 2010, p.327).

Muy en la línea del trabajo de investigación que en esta tesis se presenta, Bragós et al. (2010) reivindican la validez del empleo de los laboratorios remotos fuera del ámbito de la educación superior, enfocando su empleo como recurso educativo para los estudios técnicos en la etapa de Educación Secundaria, si bien en muchos casos, estos recursos son principalmente demostradores y simulaciones basadas en applets de Java y animaciones Flash (Phet, 2020) y no recursos para llevar a cabo experimentos reales.

Por ello, Bragós et al.(2010) añaden:

The remote laboratory was initially designed to fulfil the needs of an advanced course in Electronics Engineering. However, it has been adapted to provide formative activities

to Secondary School students. It has been possible thanks to the collaboration between the Telecom BCN staff, which includes our faculties, granted students and the IT staff, and Francesc Garófano, a Secondary Education teacher that spent a full sabbatical year in the development of both technical and didactical aspects of the remote laboratory.

Del inglés: El laboratorio remoto se diseñó inicialmente para satisfacer las necesidades de un curso avanzado de Ingeniería Electrónica. Sin embargo, se ha adaptado para brindar actividades formativas a los estudiantes de Secundaria. Ha sido posible gracias a la colaboración entre el personal de Telecom BCN, que incluye nuestras facultades, alumnos cedidos y el personal informático, y Francesc Garófano, profesor de Educación Secundaria que pasó un año sabático completo en el desarrollo tanto técnico como didáctico. aspectos del laboratorio remoto (Bragós et al., 2010, p.346).

En este artículo, se pone de manifiesto las propiedades técnicas del laboratorio iLabRS mediante el cual se presentan diversos experimentos enfocados al aprendizaje de la electrónica básica, entre los que se desarrollan prácticas para la obtención de la curva característica de un diodo rectificador, el análisis de una fuente de alimentación lineal, y la obtención del punto de trabajo desde la recta de carga de un transistor bipolar a través de su caracterización paramétrica.

2.3.2. Laboratorio remoto a distancia

Este tipo de laboratorios es similar al localizado, pero es propio de las instituciones cuyo plan de estudios se enfoca a la educación a distancia, siendo dificultoso y caro el acceso a sesiones prácticas, como puede suceder en ejemplos como la Universidad Nacional de Educación a distancia (UNED) o la *Open University*. El empleo del laboratorio remoto es especialmente atractivo para este modelo de enseñanza y contempla un enfoque de atención a la diversidad más amplio. El siguiente apartado se centrará en el principal laboratorio remoto VISIR, un claro ejemplo de laboratorio remoto a distancia, que se emplea en el departamento de Ingeniería eléctrica, electrónica y de control de la UNED, y en el que se centran los trabajos presentados en esta tesis.

Otro ejemplo se encuentra en el proyecto presentado en 2004 por Eppes y Schuyler en el congreso *Frontiers in Education*. La publicación consiste en un trabajo, entonces, en

progreso en el que presentaba un diseño de laboratorio remoto dotado de dispositivos y equipamiento que vendría a proporcionar el estado del arte para otros desarrollos posteriores (Monroy et al., 2005).

El entorno de test de laboratorio automatizado, conocido por sus siglas ALTE, se fundamentaba en tres elementos consistentes en un sistema de aplicación y base de datos basado en la web para administrar el acceso en línea y los recursos del laboratorio, una serie de protocolos de prácticas susceptibles de ejecutarse en los ordenadores del laboratorio y un grupo hardware compuesto por la instrumentación necesaria para transmitir las señales y recoger los datos de los dispositivos objeto de prueba.

El servidor de administración y su base de datos auxiliar controlaban la autenticación del usuario, aceptando reservas para el acceso a experimentos y almacenando procedimientos experimentales. Estos redirigían a los usuarios a la estación de laboratorio apropiada, acumulando las estadísticas sobre el sistema (traducido de Eppes y Schuyler, 2004). En definitiva, el planteamiento consistía en establecer varias estaciones de laboratorio donde se ubicaban los equipos de instrumentación y los dispositivos reales objeto de medida, todo ello dirigido por un servidor de administración.

Entre el conjunto de equipos e instrumentación con los que equipar las estaciones de laboratorio se contaba con equipos de prueba de Agilent que constaba de un multímetro (DMM), un generador de funciones y un osciloscopio para señales de alterna y de la suite de instrumentación virtual de laboratorio educativo de *National Instruments* (ELVIS). En cada estación de laboratorio, cada dispositivo objeto de prueba se conectaría a un panel de instrumentos virtual de *LabView* con la finalidad de realizar el experimento real.

En la figura 9 se ha representado el aspecto del interfaz de usuario del citado laboratorio remoto, en el que se representa la medida de una señal senoidal mediante la pantalla de un osciloscopio virtual.

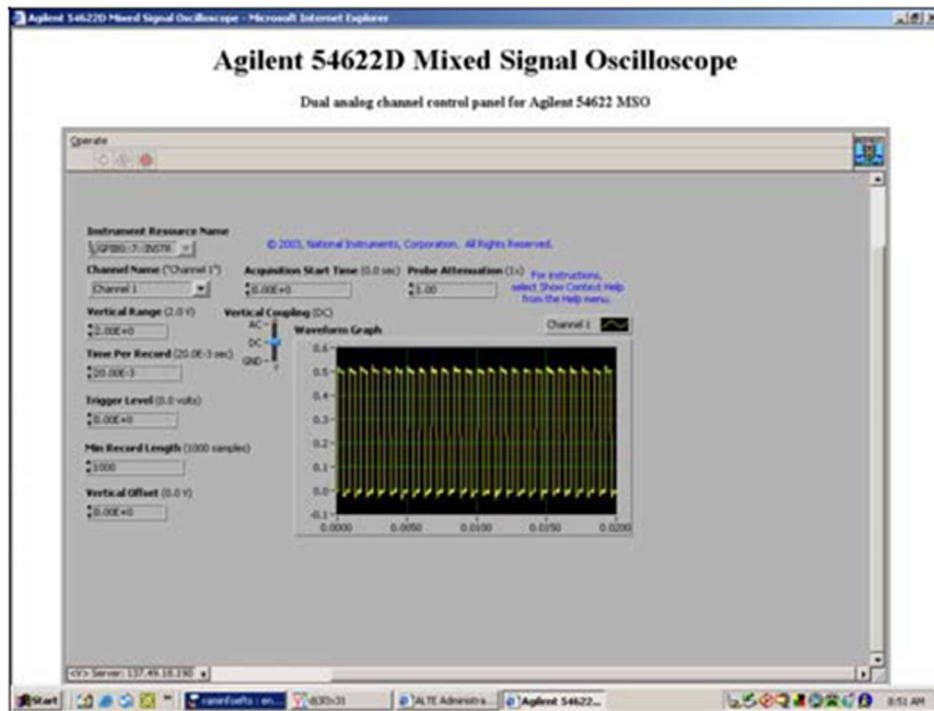


Figura 9. Interfaz de usuario del sistema remoto. Fuente: Eppes y Schuyler (2004)

2.3.3. Laboratorio remoto inmersivo

Este tipo de laboratorios utilizan los medios remotos de acceso y se combina con la creación de un mundo virtual que hará las veces de interfaz, a diferencia de otros sistemas remotos que únicamente ofrecen la interfaz virtualizada para el acceso a los elementos de instrumentación y medida, los laboratorios inmersivos ofrecen una experiencia completa y están muy relacionados con el uso de bancos de pruebas.

Un ejemplo de laboratorio remoto inmersivo es el presentado a través del proyecto de laboratorio eLab3D creado a partir del desarrollo de un mundo virtual en tres dimensiones. La implementación del entorno aporta como prestación "generar una elevada sensación de realismo para que el estudiante perciba que está llevando a cabo las actividades de forma muy similar a como las realizaría de forma presencial" (López et al., 2014).

El laboratorio eLab3D tiene por objeto "potenciar el aprendizaje activa para que las decisiones tomadas por el estudiante repercutan positivamente en su aprendizaje" (López et al., 2014, p.2), por lo que el propio estudiante se encontrará ante una inter-

faz con la que tendrá que llevar a cabo prácticas de identificación de señales procedentes de un generador de funciones, así como diferentes alimentaciones que permitirán conectar elementos de un circuito para realizar medidas con multímetro y osciloscopio, siguiendo el esquema representado en la figura 10.

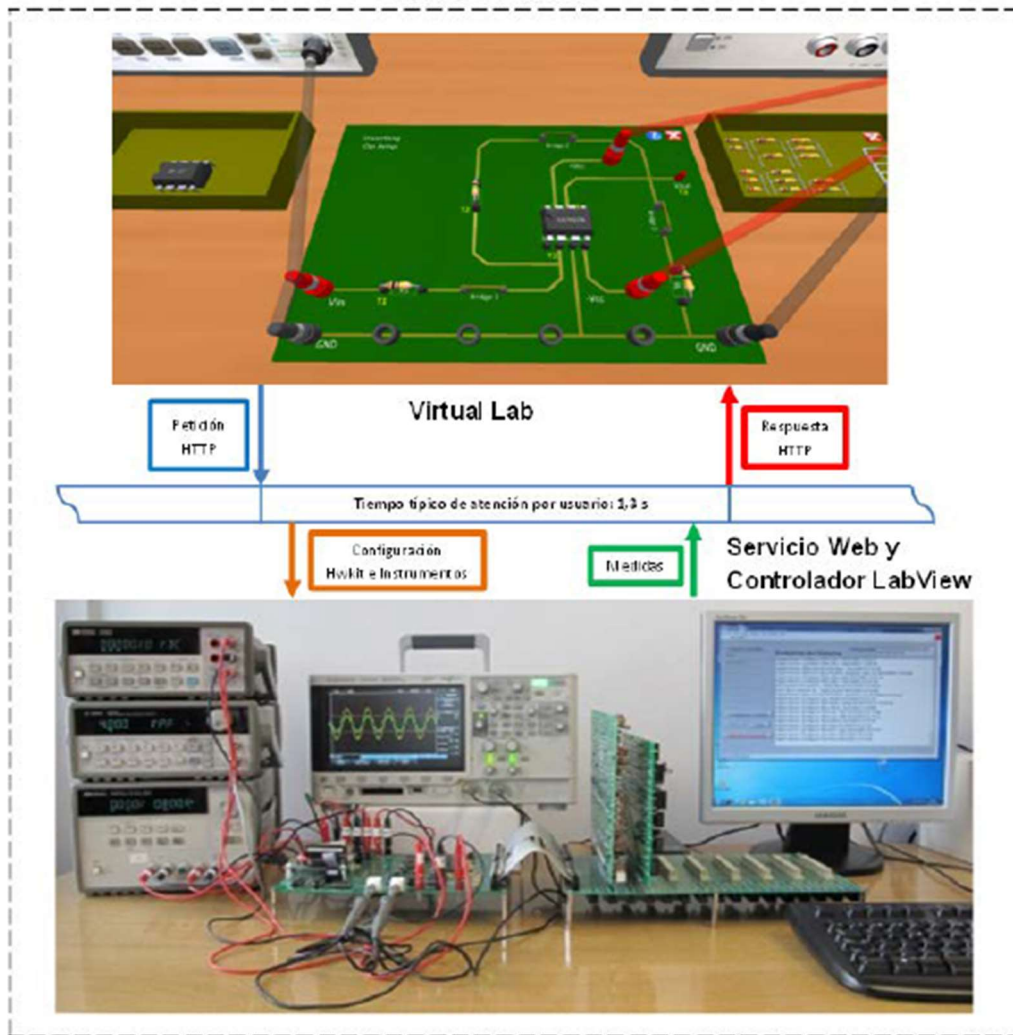


Figura 10. Composición de componentes del eLab3D y aspecto del mundo virtual del laboratorio eLab3D. Fuente: Libro de Actas TAEE 2014

La experiencia presentada en López et al. (2014) con el empleo del laboratorio eLab3D, se completó con la realización de una serie de prácticas en las que participaron dos grupos de alumnos, un grupo que realizó las medidas de forma presencial con elementos de laboratorio presencial y otro grupo que llevó a cabo las medidas empleando la plataforma propuesta por el laboratorio remoto. Ambos grupos siguieron el mismo procedimiento del protocolo de prácticas y a su finalización el número de alumnos que

superó el proceso fue muy similar en ambos casos (55.9% del grupo remoto frente a un 54,5% del grupo presencial).

Quizá la diferencia no sea significativa para identificar el laboratorio como un recurso para mejorar el aprendizaje, pero los profesores estudiaron los conocimientos previos de sus alumnos mediante una prueba inicial. En dicha prueba inicial el 89,9 % de los alumnos presenciales superaron dicha prueba inicial, cifra muy superior al 79,4% de estudiantes en remoto que superaron dicha prueba. Entre las conclusiones se observó que el factor de empleo del laboratorio remoto fue muy ventajoso para los alumnos de dicho grupo, cuestión que sí puede ser identificada como una mejora en el aprendizaje.

En otro trabajo llevado a cabo por Poliakov et al. (2016) se pone de manifiesto un sistema híbrido para la experimentación con sistemas de control para regular el funcionamiento de un ascensor y combinarlo con un sistema de luces de aviso, en el que se combinan un sistema visual, un sistema virtual, un modelo físico y un acceso remoto provisto por la infraestructura del *Grid of Online Laboratory Devices Ilmenau* (GOLDi).

Para la integración de estos sistemas se han especificado dos tipos de elementos: objetos de control y unidades de control. Las unidades de control se describen por un modelo de máquina de estados finitos y establece una unidad de control de nivel j como un objeto de control en el subsistema $j+1$, de forma que se establece una relación jerárquica entre todos los elementos a través de algoritmos.

Como objetos de control, también identifican una suerte de sensores y actuadores. En definitiva, los autores establecen en su trabajo dos objetivos, el primero de los cuales consiste en el estudio de la programación para la operativa del sistema y los métodos de formalización de los algoritmos de control. El segundo objetivo se basa en la evaluación de los algoritmos de programación que desarrollen los estudiantes.

2.3.4. Laboratorio de revisión técnica

Este tipo de laboratorios está principalmente enfocado a los profesionales de la industria con el fin de comprobar, validar y evaluar instrumentación, tanto novedosa como existente. Los laboratorios de revisión técnica suelen combinar dos tipos de laboratorios de experimentación remota: interactivos y no-interactivos.

En este caso, los LER interactivos se presentan como "laboratorios en los que un usuario interactúa de forma bidireccional, por medio de un programa cliente que se ejecuta en su ordenador cliente con un proceso real controlado por un ordenador servidor con el que se comunica" (García-Alzórriz et al. 2000, p. 22).

A juicio de los autores, se añade que estos laboratorios son los que mejores posibilidades ofrecen para llevar a cabo la experimentación directa. Un ejemplo de implementación de este tipo de laboratorio remoto permite "caracterizar las prestaciones de un convertidor analógico-digital" (Mozuelos et al. 2002, p. 217), como el representado en la figura 11.

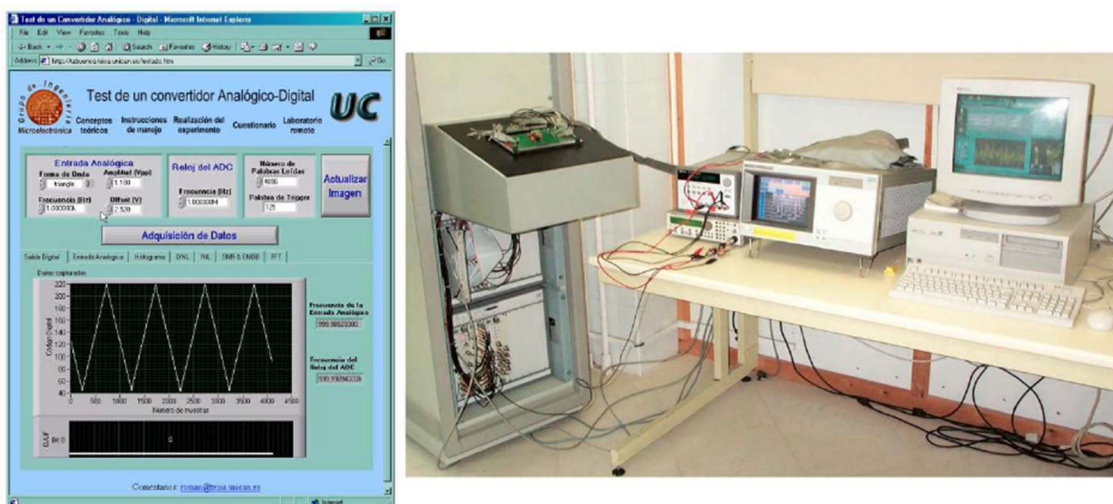


Figura 11 – Interfaz y laboratorio remoto para la caracterización paramétrica de un convertidor analógico-digital. Fuente: Libro de Actas TAEE 2002

El sistema dispone de un ordenador, actuando como servidor web en el que se instala *Internet Toolkit Package* de *LabView*. Con el fin de que el estudiante o investigador

acceda, se ha proporcionado una interfaz web con diversos paneles virtualizados de control que representan los instrumentos de medida, con el fin de "tener acceso a la configuración del sistema de prueba y a las medidas realizadas por él" (Mozuelos et al., 2002, p.218).

Por otro lado, los laboratorios de experimentación remota (LER) no interactivos enfocan su utilidad hacia la formación de profesionales, proporcionando herramientas de análisis y comprensión de procesos reales. Los LER no interactivos se configuran como "estructuras con posibilidad de adquisición de datos y visualización del estado de la experimentación [...] pero sin posibilidad de interactuar" (García-Alzórriz et al. 2000, p. 23). Por lo tanto, el usuario, podría recuperar esos datos y analizarlos mediante algún software de simulación adicional.

En otro trabajo, el incluido por Restivo y Alves (2013) como capítulo de (Dziabenko y García Zubia, eds.), se presenta un sistema remoto de uso interesante y con enfoque profesional, como es el empleo de un interferómetro de Michelson (MI) en un sistema dual remoto y de mundo virtual que recrea la habitación donde el instrumento se encuentra emplazado. Este instrumento, debido a su alto coste, es considerado como un buen candidato para ofrecerse como dispositivo objeto de experimentación como laboratorio remoto, dado que es el elemento básico para la medida de desplazamientos a nivel micrométrico en laboratorios de metrología. Dispone de una interfaz de usuario que ofrece un área de interacción para poder manejar los parámetros y salidas de forma gráfica y numérica.

En dicho interfaz, se incluye una ventana de video para realizar el seguimiento en vivo del desplazamiento a medir. Así, se establecen dos modos de actuación con el interferómetro, de forma manual y de forma automática, pudiéndose en este último modo elegir la velocidad de movimiento de los instrumentos especulares que proporcionarán la medida. Nos ha parecido muy interesante el concepto que manejan los autores cuando apelan al fomento de las destrezas experimentales de orden superior de los estudiantes: *"[...] leads to a better understanding of how the whole system works and the role of each component, contributing towards attaining higher-order experimental*

skills with online experimentation”, del inglés: [...] conduce a una mejor comprensión de cómo funciona todo el sistema y el papel de cada componente, contribuyendo a lograr habilidades experimentales de orden superior con la experimentación en línea (Restivo y Alves, 2016, p. 340).

2.3.5. Federación de laboratorios remotos

El concepto de federación ya fue planteado en el pasado a partir de tres cuestiones que se planteaban como importantes, los problemas de seguridad, la calidad del servicio y la interoperabilidad entre organizaciones (Guimarães et al., 2011, p.149). Este término se populariza ante la necesidad de integrar laboratorios remotos del mismo tipo, pero con diferentes localizaciones físicas. La posibilidad de integrar de forma federada una multiplicidad laboratorio se conecta, sino que se centra en el empleo de la propia herramienta.

Una federación (Orduña, 2013) surge a partir de una necesidad de abordar una política de equilibrio de conexiones por afluencia concreta de alumnos al laboratorio, de forma masiva, por ejemplo, en periodo de prácticas. Mediante la federación, diversas instituciones disponen de su propio equipamiento, es decir, han instalado el mismo laboratorio remoto inicialmente destinado a sus propios estudiantes, pero que comparten accesos para los estudiantes de todas las instituciones implicadas, de forma que se monitoriza un balanceo de cargas en relación con las conexiones con la finalidad de no sobrecargar en un momento dado un laboratorio concreto. En cierto modo, el despliegue técnico compartido se basará en la conmutación de accesos según necesidades particulares. Este planteamiento es el llevado a cabo por la iniciativa PILAR-VISIR (*Platform Integration of Laboratories based on the Architecture of VISIR*).

El proyecto Erasmus + PILAR (figura 12) tiene como objetivo interconectar los laboratorios remotos VISIR a partir de una red de colaboradores, creando una red de laboratorios VISIR compartidos con el fin de expandir y potenciar el depósito de circuitos de todos los participantes: cada institución puede diseñar ciertos experimentos y sus estudiantes realizan estos experimentos y otros instalados en otras instituciones, y viceversa. No obstante, el proyecto PILAR no es solo para instituciones con un laboratorio

remoto VISIR instalado, sino que también es posible que cualquier organización participe sin necesidad de tener que instalar su propio despliegue de VISIR (García-Loro et al., 2018).



Figura 12 – Aspecto de la página web de la iniciativa PILAR-VISIR. Fuente: web PILAR-VISIR

2.4. El proyecto VISIR

Este ha sido el laboratorio empleado como recurso técnico implementado a lo largo de todas las experiencias incluidas en la presente investigación, con lo que en este apartado se describirán los orígenes, actualizaciones, especificaciones y fundamentos del laboratorio remoto VISIR.

2.4.1. Principios del laboratorio remoto VISIR

En 1999, Ingvaar Gustavsson junto con Zackrisson, Håkansson, Claesson y Lagö pusieron en marcha la iniciativa VISIR en el BTH (*Blekinge Institute of Technology*) en Suecia, a partir del proyecto de creación del laboratorio remoto homónimo, con la finalidad de determinar la factibilidad en el diseño de un laboratorio de electrónica de acceso remoto (Gustavsson et al., 2007) dotado de equipamientos estándar con la finalidad de servir de complemento a los laboratorios presenciales. Con ello, los estudiantes de

cursos de análisis de circuitos y electrónica podrían acceder de forma remota para la realización de sus prácticas y experimentos.

Gustavsson (2001) caracteriza su proyecto de laboratorio de medidas eléctricas originalmente como un laboratorio virtual, aunque se describe como un sistema dotado de medios de instrumentación como un sistema PXI/PCI conectado mediante fibra óptica a un servidor mediante fibra óptica, una tarjeta multifunción utilizada como fuente de corriente continua regulada, una unidad de conexión con relés y otros dispositivos de medida como un multímetro digital, un generador de funciones y un osciloscopio. Este equipamiento responde con precisión al concepto de laboratorio presencial de electrónica, pero entre sus características se destaca el hardware como: "*computer-based instruments can often replace ordinary instruments for non-demanding applications. Computer-based instruments have only connectors on the front panel. The knobs and keys or displays are missing. A software package containing a virtual front panel is delivered with the instruments*", del inglés: Instrumentos computarizados a menudo pueden reemplazar a los instrumentos ordinarios para aplicaciones no exigentes. Los instrumentos computarizados solo disponen de conectores en el panel frontal, donde faltan los mandos y las teclas o las pantallas. Junto con los instrumentos se incluye un paquete de software que contiene un panel frontal virtual (Gustavsson, 2001). Desde el punto de vista funcional, el usuario es capaz de llevar a cabo experimentos, recibiendo del sistema datos reales procedentes de las medidas del experimento. Este desarrollo se publicó en el Congreso ICE de Oslo en 2001.

Posteriormente, con objeto de establecer los términos educativos de VISIR, se acuñó el término de "Educación Flexible" (Gustavsson et al., 2007, p.2) como el tipo de educación que contribuye a la accesibilidad extendida de recursos de aprendizaje y que ofrece un determinado grado de libertad para que los estudiantes puedan organizar sus actividades. Por tanto, el término hacía referencia tanto al empleo de recursos tecnológicos como a las condiciones mejoradas de aprendizaje. Con ello, se anima a las instituciones educativas a contar con recursos que supongan un activo en términos de recursos enfocados a la investigación.

Tras diversas investigaciones, se entendió que era un error enfocar los desarrollos de diferentes laboratorios remotos en el contexto de VISIR, partiendo del experimento a controlar, al que se iban agregando diferentes aplicaciones software con el fin de asegurar el acceso online. Así, se aplicó el enfoque del establecimiento de las tecnologías actuales como elementos nucleares de los desarrollos, apuntando a:

a) El software de control que engloba toda la lógica de control, a saber:

- el procesamiento de las peticiones remitidas desde el cliente,
- la validación de instrucciones y sus atributos,
- la remisión de las instrucciones al experimento
- la configuración de la respuesta devuelta al cliente a partir de los datos obtenidos de la instrumentación experimental.

El software de control se ejecuta en el servidor y en aquellos dispositivos en los que se dediquen otras funciones de servidor y son perfectamente válidas tecnologías como las incluidas en AgilentVEE, .NET, Matlab, LabView, Java, C/C++, etc. Bajo el juicio de algunos autores, la óptima selección de algunas herramientas se basa en el análisis de aspectos como la “capacidad de codificación de los algoritmos de control, accesibilidad de estos, facilidad de mantenimiento, velocidad de desarrollo, disposición de una red de desarrolladores y robustez como la capacidad de gestión autónoma de fallos y errores del sistema” (Hernández-Jayo, 2012, p.54).

b) Establecimiento de las rutinas de software de los instrumentos (*drivers*) que maneje:

- la operación de configuración,
- la lectura o escritura de datos y
- la toma de medidas en el instrumento

A fin de seleccionar los drivers adecuados, se estableció el empleo de drivers IVI, cuyos estándares son aceptados y compartidos por la mayoría de los fabri-

cantes de instrumentación de medida. Algunas ventajas derivadas son la facilidad en el intercambio de instrumentos por motivos de reemplazo, la estructura software común, la comprobación de estado y de valores de los dispositivos, el agrupamiento diverso según los tipos de categorías de instrumentos y la capacidad que tienen estos drivers de poder “comprobar el algoritmo de control sin necesidad de disponer de un instrumento real, ya que permiten simular el comportamiento del dispositivo” (Hernández-Jayo, 2012, p.54).

2.4.2. Estándares del laboratorio remoto VISIR

Los indicados drivers están regulados a partir de los estándares IVI (*Interchangeable Virtual Instruments Foundation*, <http://www.ivifoundation.org>). La Fundación IVI es un consorcio abierto fundado para promover especificaciones para la programación de instrumentos de prueba que simplifican la intercambiabilidad, proporcionan un mejor rendimiento y reducen el costo del desarrollo y mantenimiento del programa.

Estas especificaciones determinan la arquitectura, las clases de instrumentos y las indicaciones de protocolo para el empleo de los diversos dispositivos de instrumentación susceptibles de emplearse en la arquitectura de VISIR. En la primera versión de VISIR, IVI disponía de ocho clases de instrumentos definidas, esto es, fuente de alimentación, multímetro digital, generador de función, osciloscopio, vatímetro, generador de señal de radiofrecuencia, analizador de espectro y conmutador. Actualmente, IVI tiene definidas 14 clases que se representan en la siguiente tabla 1:

Tabla 1. Clases de instrumentación definida en IVI y revisiones. Fuente: IVI foundation

Clase	Instrumentación	Última revisión
IVI-4.1: IviScope	Osciloscopio	Rev. 4.1 - 14/10/2016
IVI-4.2: IviDmm	Multímetro	Rev.4.1 - 14/10/2016
IVI-4.3: IviFgen	Generador de frecuencias	Rev.5.2 - 14/10/2016
IVI-4.4: IviDCPwr	Fuente de alimentación de DC	Rev.3.0 - 24/9/2015
IVI-4.5: IviACPwr	Generador de potencia en AC	Rev.1.2 - 11/3/2011
IVI-4.6: IviSwTch	Módulo de conmutación	Rev.4.0 – 3/3/2017
IVI-4.7: IviPwrMeter	Medidor de potencia de RF	Rev.2.0 - 14/10/2016
IVI-4.8: IviSpecAn	Analizador de espectro	Rev. 2.0 - 3/3/2017
IVI-4.10: IviRFSigGen	Generador de señales RF	Rev. 2.0 - 14/10/2016
IVI-4.12: IviCounter	Contador / temporizador	Rev. 2.0 - 6/9/2017
IVI-4.13: IviDownconverter	Convertidores RF (down-converter)	Rev. 2.0 - 14/10/2016
IVI-4.14: IviUpconverter	Convertidores RF (down-converter)	Rev. 2.0 - 14/10/2016
IVI-4.15: IviDigitizer	Digitalizador de señal	Rev. 2.3 - 7/6/2019

Especificación IVI-4.1: *IviScope*

La clase *IviScope* está diseñada para admitir un osciloscopio típico. Se ha tenido en cuenta contar con funcionalidades comunes que puedan incluir los dispositivos más complejos. La clase *IviScope* conceptualiza un osciloscopio como un instrumento que puede detectar y representar formas de onda de voltaje variables en el tiempo.

La clase *IviScope* se divide en el grupo de capacidades básicas y capacidades extensibles. Las funciones y los atributos del grupo de capacidades básicas se utilizan para configurar un osciloscopio para la adquisición de forma de onda típica, que incluye la configuración del canal, la propia adquisición de señal y los subsistemas de activación, el inicio de la adquisición de la forma de onda y restitución de una forma de onda. El grupo de capacidades base admite solo disparo por flanco y la adquisición de una forma de onda normal.

Además de las capacidades básicas, la clase *IviScope* define capacidades extendidas para osciloscopios que pueden:

- Interpolar los puntos en el registro de forma de onda y proporcionar opciones de activación avanzadas como TV, espurios, pseudopulsos, ancho y línea de CA.
- Detectar la atenuación de la sonda y realizar una configuración automática.
- Utilizar modos de adquisición alternativos como detección del promedio, de envolvente y de pico, así como utilizar diferentes modos de muestra, como muestra en tiempo real y equivalente.
- Adquirir datos de forma continua y realizar mediciones de forma de onda como tiempo de subida, tiempo de bajada y tensión de pico a pico.

Especificación IVI-4.2: *IviDmm*

Esta especificación define la clase IVI para multímetros digitales (DMM). La clase *IviDmm* está diseñada para admitir el DMM típico, así como la funcionalidad extendida común que se encuentra en instrumentos más complejos.

La clase *IviDmm* contempla el concepto de multímetro como un instrumento que puede medir cantidades escalares de una señal de entrada y puede aplicarse a una amplia

variedad de instrumentos. Por lo general, la magnitud medida es el voltaje y la intensidad eléctrica, en corriente alterna o continua, así como la resistencia eléctrica. Sin embargo, la clase *IviDmm* también puede admitir instrumentación para medir otras magnitudes tales como temperatura y frecuencia.

Se ha dividido las capacidades en dos tipos: la básica y la extendida. El grupo de capacidades básica se emplea para configurar un DMM para una medición típica (esto incluye configurar la función de medición, el rango deseado, la resolución deseada y la fuente de activación), iniciar esa medición y devolver un valor medido.

Muchos DMM admiten tipos de medición que requieren la configuración de parámetros adicionales, como la frecuencia mínima y máxima de la señal de entrada para mediciones de CA. La clase *IviDmm* define grupos de extensión para cada tipo de medición que requiere estos parámetros adicionales. La clase *IviDmm* también define un grupo de extensión llamado *IviDmmMultiPoint*, con el que se puede configurar el multímetro para la realización de mediciones múltiples.

Especificación IVI-4.3: *IviFgen*

Esta especificación describe la clase IVI para generadores de funciones. La clase *IviFgen* determina el concepto de un generador de funciones como un instrumento capaz de generar una forma de onda de voltaje analógica y puede aplicarse a una amplia gama de instrumentos, siendo la señal de salida creada en base a funciones matemáticas como, por ejemplo, las ondas senoidales o cuadradas.

Algunos instrumentos admiten la generación de formas de onda arbitrarias a partir de datos especificados por el usuario, por lo que, en este caso, también es posible generar una señal de salida como secuencia de formas de onda arbitrarias repetidas. La clase *IviFgen* se divide en un grupo de capacidades base y múltiples grupos de capacidades de extensión.

El grupo de capacidades base configura un generador de funciones para la salida de señal básica, mientras que con la configuración extendida es posible generar un tipo

específico de forma de onda, en la que se puede determinar la impedancia de salida, el modo de operación, la fuente del reloj de referencia y la habilitación o inhibición de los canales de salida, permitiéndose que la generación de señal pueda iniciarse o abortarse.

La extensión *IviFgenStdFunc* permite producir formas de onda periódicas estándar, pudiéndose así configurar una función de forma de onda estándar y controlar los parámetros de la forma de onda, como la amplitud, el desplazamiento, la frecuencia y la fase de inicio.

La extensión *IviFgenArbWfm* le permite generar formas de onda periódicas definidas por el usuario, pudiéndose configurar una forma de onda, en la que se controlen parámetros de la forma de onda como la ganancia, el desplazamiento y la frecuencia de muestreo. Otras configuraciones extendidas permitirán acciones como:

- Establecer la frecuencia con la que generar la forma de onda completa, generar una secuencia de formas de onda arbitrarias y producir formas de onda definidas por el usuario especificadas en formato binario.
- Emplear varios disparadores diferentes con configuraciones avanzadas.
- Aplicar amplitud o modulación de frecuencia a una señal.

Especificación IVI-4.4: *IviDCPwr*

La especificación *IviDCPwr* describe la clase IVI para fuentes de alimentación de corriente continua, en la que se podrá configurar en dos modos: el básico, mediante el que se define una fuente de alimentación típica y el modo extendido con funcionalidades adicionales. Entre las funcionalidades de esta especificación se destaca los siguientes grupos:

- Grupo *IviDCPwrBase*, que proporciona la capacidad de configurar una fuente de alimentación para la salida de señal básica, que incluye la configuración del rango de salida, del nivel de voltaje de salida, del nivel de protección contra sobretensión, del límite de corriente, de la capacidad de habilitación o desinhibición de la protección contra sobretensión, de la configuración del comporta-

miento del límite de corriente y de la de habilitación o desinhibición de las salidas.

- Grupo *IviDCPwrTrigger* que proporciona la capacidad de realizar cambios en la señal de salida en función de un evento de activación. El controlador puede configurar la fuente de activación, el nivel de voltaje activado y el límite de corriente activada.
- Grupo *IviDCPwrSoftwareTrigger*, igual que el anterior grupo, pero con sobre un evento de activación de software. El envío de un disparador de software al instrumento hace que cambie la señal de salida.
- Grupo *IviDCPwrMeasurement*, que brinda la posibilidad de tomar medidas en la señal de salida, habilitando al controlador para tomar las medidas instantáneas de valores como el voltaje o la corriente.

Especificación IVI-4.5: *IviACPwr*

Esta especificación determina el concepto de generador de corriente alterna. Las capacidades de base proporcionan la configuración de la fuente de alterna que incluye el establecimiento del límite de corriente, del nivel de voltaje, de la frecuencia y de la habilitación de la señal de salida. De forma adicional, se establecen un grupo de capacidades extensibles como son:

- Grupo *IviACPwrMeasurement*, que brinda la capacidad de medir las señales de salida de la fuente de alimentación de CA, como el voltaje y la corriente.
- Grupo *IviACPwrPhase*, que proporciona la capacidad de establecer las relaciones de fase de salida de una fuente de energía multifásica.
- Grupo *IviACPwrExternalSync*, que dota al sistema de la capacidad de sincronizar la frecuencia de salida de la fuente de alimentación con una señal externa y su estado de sincronización.
- Grupo *IviACPwrCurrentProtection*, el cual suministra protección de corriente programable para detectar una condición de sobrecorriente y deshabilitar automáticamente la salida, así como su estado de protección actual.
- Grupo *IviACPwrVoltageProtection*, que proporciona, de forma programable, la protección para detectar una condición de bajo voltaje o de sobrevoltaje, que

deshabilita automáticamente la salida. También permite consultar el estado de protección de voltaje de la fuente de energía.

- Grupo *IviACPwrArbWaveform*, que dota al sistema de la capacidad de crear formas de onda arbitrarias definidas por el usuario, incluyendo funciones para escribir y borrar formas de onda arbitrarias y consultar catálogos de formas de onda arbitrarias.
- Grupo *IviACPwrImpedance*, que ofrece la capacidad de configurar y consultar la impedancia de salida de la fuente de alimentación, de forma que, con esta extensión, el controlador puede configurar la resistencia de salida de la fuente de energía y la inductancia.
- Grupo *IviACPwrDCGeneration*, que establece la capacidad de configurar la salida de la fuente de alimentación de CA con una única salida de alterna, una única salida de continua o una señal de alterna con compensación de continua.
- Grupo *IviACPwrVoltageRamp*, que proporciona la capacidad de configurar una rampa de voltaje lineal a partir de un voltaje inicial y estableciendo un voltaje final en voltios eficaces, así como la duración de la rampa en segundos.
- Grupo *IviACPwrCurrentRamp*, que proporciona la configuración de una rampa de corriente lineal con corrientes de inicio y finalización en amperios, determinando igualmente la duración de la rampa en segundos.
- Grupo *IviACPwrFrequencyRamp*, que dota al sistema de la capacidad de configurar una rampa de frecuencia lineal con frecuencias de inicio y finalización en hercios, estableciendo la duración de la rampa en segundos.

Especificación IVI-4.6: *IviSwtch*

Esta especificación describe la clase IVI para conmutadores. La clase *IviSwtch* está diseñada para admitir los conmutadores típicos en su configuración básica, así como la funcionalidad extendida que se encuentra en los módulos de conmutadores especializados. Un *IviSwtch* es un módulo de conmutación definido por un determinado proveedor con una serie de canales con capacidad de entrada y salida. Estos canales se pueden conectar, como en el ejemplo de la figura 13, a través de los componentes internos del módulo de conmutación, donde no todas las conexiones son necesariamente válidas. De esta forma, la clase *IviSwtch* conceptualiza el conmutador como un

instrumento que puede establecer conexiones o rutas entre sus canales de entrada y salida.

La clase *IviSwitc* se divide en un grupo de capacidad base y grupos de extensión. El grupo de capacidades base se usa para crear y eliminar rutas en un módulo de conmutación típico y se emplea para determinar si la creación de una ruta es posible entre dos canales de entrada y salida del módulo de conmutación.

Las capacidades extendidas para los conmutadores se agrupan en el conjunto de propiedades *IviSwitcScanner*, que monitorizan el disparo de establecimiento o de eliminación de rutas en el módulo de conmutación (esquematisado en la figura 13) de forma que se fuerce un disparo al completar una operación.

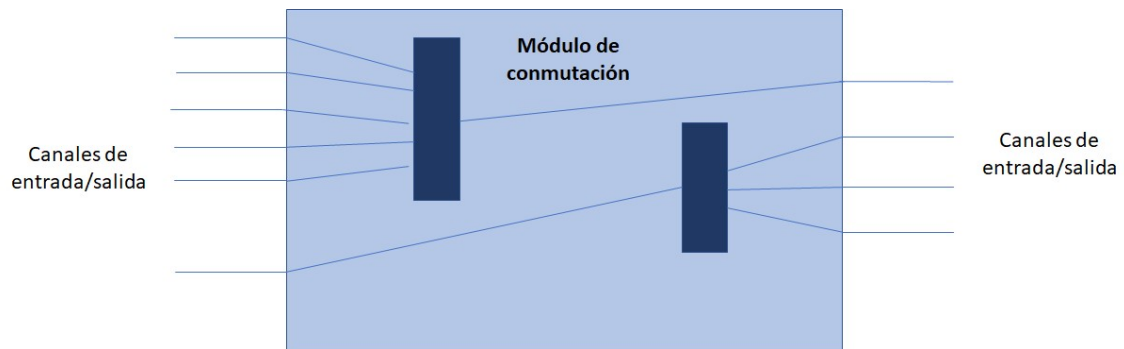


Figura 13. Módulo de conmutación. Fuente: elaboración propia

Especificación IVI-4.7: *IviPwrMeter*

Esta especificación define la clase IVI para medidores de potencia de radiofrecuencia (RF). La clase *IviPwrMeter* está diseñada para configurar el instrumento típico de medida de potencia, disponiendo de funcionalidades extendidas para instrumentación más compleja. La configuración básica permite establecer la medida de potencia media de radiofrecuencia en una señal de entrada, incluyendo la configuración de las unidades, el modo de rango automático, el modo de promedio automático y la frecuencia de corrección, así como la iniciación de una medida y la entrega de un valor medido, tanto en mediciones de canal único como en medidas de doble canal. La clase *IviPwrMeter* también contiene grupos de extensiones que determinan las configuraciones avanzadas de disparo, de rango manual, de recuento promedio y de oscilador de referencia

del medidor de potencia. La clase también contiene grupos de extensión que realizan corrección y calibración cero.

Especificación IVI-4.8: *IviSpecAn*

Esta especificación define la clase IVI para analizadores de espectro y configura un analizador de barrido como un instrumento que puede medir la amplitud a frecuencias discretas mientras barre un receptor a través de un rango de frecuencias. Típicamente, la cantidad medida es un voltaje o nivel de potencia. Existe un segundo tipo de analizador que a menudo se denomina analizador de señal dinámica, analizador de audio o analizador FFT. En la configuración básica, el analizador inicia el barrido y devuelve una matriz de valores medidos. Se considera que un barrido de frecuencia ajusta la frecuencia de un sintonizador desde la frecuencia de inicio a la frecuencia de parada en un período de tiempo definido. Mientras se ajusta el sintonizador, se miden los niveles de potencia o niveles de voltaje para las frecuencias determinadas. El resultado es una matriz de datos de amplitud-frecuencia. Además de configurar la frecuencia de inicio y parada, un usuario también puede establecer un desplazamiento de frecuencia. Esto afecta la configuración de las frecuencias absolutas del analizador de espectro, como inicio, parada, centro y marcador. No afecta los valores diferencia de frecuencias, como el intervalo y el marcador delta.

El grupo de capacidades *IviSpecAnBase* establece la configuración de los analizadores de espectro que conforman y realizan un barrido de frecuencia, incluyendo funciones para configurar el analizador, así como para iniciar y recuperar mediciones. Esto incluye la configuración del barrido, del rango y de la resolución. Un analizador de espectro típico no dispone de varios canales de entrada, pero sí de varias señales de traza, que son configurables mediante la especificación extendida *IviSpecAnMultitrace*. Las funciones de activación están cubiertas en los grupos de extensiones de disparo, disparo externo y disparo de video. Además, la mayoría de los analizadores de espectro tienen un modo de función acoplado, que vincula el ancho de banda de resolución (RBW), el ancho de banda de video (VBW) y el tiempo de barrido. En las funcionalidades extendidas para el analizador de espectro también se incluyen las capacidades de:

- Operaciones matemáticas simples en trazas múltiples.

- Funcionalidad de marcador y marcador delta.
- Fuentes de disparo externas y de video.
- Función de visualización básica de unidades específicas por división.
- Capacidad de mezclador externo para ampliar el rango de frecuencia.
- Pico preselector para reducir el ruido y aumentar el rango dinámico.

Otras especificaciones IVI

El conjunto de especificaciones IVI se completan con otras destinadas a la configuración y disposición de la siguiente instrumentación:

- Generador de señales de radio frecuencia: Especificación IVI-4.10 – *IviRFSigGen*.
- Contadores y temporizadores: Especificación IVI-4.12 – *IviCounter*.
- Convertidores de Radiofrecuencia.
 - *Downconverter*: Especificación IVI-4.13 – *IviDownconverter*.
 - *Upconverter*: Especificación IVI-4.14 – *IviUpconverter*.
- Digitalizador: Especificación IVI-4.15 – *IviDigitizer*.

Como consecuencia, estas clases combinadas pueden dar lugar a una cantidad enorme de posibilidades de conexión para la experimentación con circuitos eléctricos y electrónicos.

2.4.3. Las infraestructuras y hardware de VISIR

El sistema VISIR utilizado para la implementación de las experiencias que aborda este trabajo de investigación, está situado en las instalaciones de los laboratorios del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control (DIEECTQI) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial en Madrid (España). Originalmente, el sistema constaba de una plataforma de instrumentación desarrollada a partir del empleo de una plataforma PXI de *National Instruments*, constando de "módulos de instrumentación, una tarjeta controladora y un chasis en el que se conectan las diversas tarjetas" (Tawfik et al., 2013, p.62).

VISIR may be considered as a remote workbench, equipped with the same instruments that exist in a hands-on laboratory for conducting experiments with electric and electronic circuits; these workbenches are similar to each other, every place in the world: usually in each, there is a breadboard and components, provided by the instructor, and

the student uses them to mount the circuits and to connect the test probes, as determined in the lab instruction procedure. Using VISIR, an identical simulation of the real equipment and instruments appears (a virtual breadboard and photographs of the components) on the student PC screen. Del inglés: VISIR puede considerarse como un banco de trabajo remoto, equipado con los mismos instrumentos que existen en un laboratorio práctico para realizar experimentos con circuitos eléctricos y electrónicos; Estos bancos de trabajo son similares entre sí en todos los lugares del mundo: generalmente en cada uno, hay una placa de pruebas y componentes, proporcionados por el instructor, y el estudiante los usa para montar los circuitos y conectar las sondas de prueba, según lo determinado en el procedimiento de instrucción de laboratorio. Con VISIR, aparece una simulación idéntica del equipo y los instrumentos reales (una placa de pruebas virtual y fotografías de los componentes) en la pantalla de la PC del estudiante (Lima et al., 2016, p3).

Desde el punto de vista del ciclo de funcionamiento, el usuario dispone de una doble función: el acceso al control presencial mediante un servidor web y la interactividad en el uso del sistema VISIR, una vez conseguido el acceso a la instrumentación, interacción esta que se realiza por medio del interfaz del usuario. Este planteamiento se define en la figura 14, en la que se observan los diferentes componentes de los que en este apartado se dará cuenta. La arquitectura actual de VISIR se establece dentro de un sistema mayor de unificación de laboratorios conectados al sistema de WebLab Deusto. Se ha de observar que este esquema sigue una disposición similar al propuesto en la figura 5, donde se presenta el esquema genérico de laboratorio remoto según Ko (2004), al que posteriormente, San Cristóbal (2010) y Tawfik (2013) incluyeron elementos de control de usuarios y medidas. El esquema propuesto en esta figura 14 es, por tanto, la versión actual evolucionada.

Siguiendo el modelo propuesto con anterioridad (San Cristóbal (2010); Tawfik (2013)), y actualmente establecido por la arquitectura de conexión de datos y usuarios de WebLab Deusto, en la figura 14 se observa un esquema general de la disposición de equipamiento de sistema VISIR. En dicho esquema, VISIR es un laboratorio remoto más en el ecosistema de los servidores de WebLab Deusto.

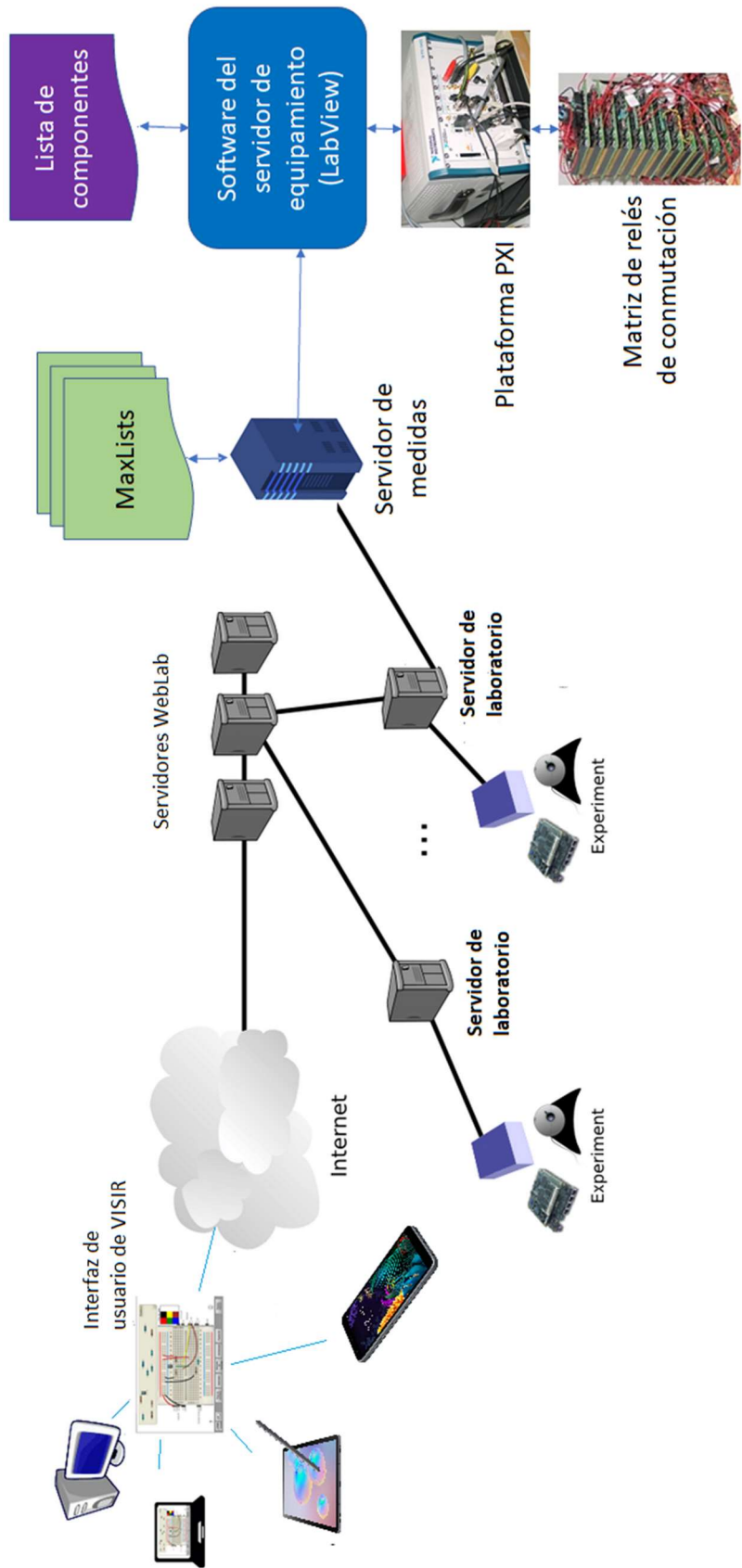


Figura 14. Diagrama de los componentes de VISIR integrado en WebLab Deusto

Un usuario podrá acceder mediante cualquier dispositivo (ordenador de sobremesa, ordenador portátil, tableta, iPad o teléfono móvil) independientemente de su sistema operativo, dado que el acceso es a través de los servicios de la Web (Sevillano-García, 2016).

El usuario, tras un proceso de conexión establecido en su curso, observará la interfaz del laboratorio remoto VISIR, donde dispondrá de la placa de prototipado, los componentes electrónicos y los instrumentos de medida establecidos con los que realizar los experimentos, todos ellos controlados desde el servidor de laboratorio. El dialogo conectivo entre el laboratorio VISIR y el usuario se realizará bajo el control del servidor de WebLab.

A partir de este punto, el servidor mantendrá conexión con el servidor de laboratorio conectado con el servidor de medidas, del cual dependerá el despliegue de equipos específicos para generar el experimento, equipamiento físico del laboratorio, indicado a la derecha de la figura 14 de forma detallada. Los medios de que consta el sistema dependiente del servidor de laboratorio se encuentran federados, es decir, existirá una multiplicidad de laboratorios dependientes del control del WebLab. En concreto, para la realización de esta investigación se ha empleado, en mayor medida, el equipamiento disponible en los laboratorios del DIEECTQAI de la UNED en Madrid.

El servidor de medidas, desarrollado en Visual C++ , recibe la disposición de los circuitos a medir mediante las denominadas MaxLists. Una MaxList contiene el conjunto de instrucciones necesarias para reconocer un determinado circuito sobre el que se quiere experimentar. En cierto modo, son los límites de experimentación a los que se atenderá el usuario cuando configure un circuito mediante el interfaz de usuario de VISIR o, en otras palabras, un usuario recibirá un mensaje de error si trata de montar un circuito que no haya sido previamente definido con anterioridad en el bloque de MaxLists.

El servidor de medidas se conecta con el conjunto de elementos dispuestos verticalmente en la figura 14 que conforma el conjunto de medida. Por un lado, se dispone de la lista de componentes disponibles para los experimentos, fuente de datos para el

software que comanda el experimento desarrollado en LabView y del que las MaxList son subconjuntos, a fin de escribir las conexiones físicas permitidas y/o admitidas en la matriz de relés de conmutación. El software tendrá como elementos base los equipamientos físicos de laboratorio que se constituyen por la plataforma PXI y por la matriz de relés de conmutación. Es precisamente, en la matriz de relés de conmutación donde se encuentran físicamente conectados los componentes y sobre los cuales se realizarán físicamente los montajes correspondientes al diseño propuesto por el usuario en el interfaz de VISIR. Para finalizar con éxito las medidas del experimento, el servidor de medidas compara el circuito del usuario con las MaxLists y con la lista de componentes para componer el circuito y los puntos en los que se medirán las magnitudes. Este proceso se detalla a continuación con la descripción del citado equipamiento.

La plataforma PXI

PXI se basa en el sistema *CompactPCI* de bus, cuya principal utilidad se enfoca en el desarrollo integrado de plataformas basadas en computadora. Entre algunas de las ventajas de PXI en las arquitecturas PCI, el fabricante alude a un alto nivel de rendimiento, una amplia aceptación de la industria, así como una buena disponibilidad de unidades estándar. El sistema PXI, tiene un diseño mecánico robusto y cumple con estándares industriales de forma que existe un alto nivel de interconectividad entre artículos de diferentes fabricantes. De forma específica, el Sistema VISIR utiliza una plataforma PXI.

El chasis PXI proporciona los medios por los cuales se mantiene conectado todo el sistema de prueba PXI, es decir, las tarjetas individuales, la fuente de alimentación y el sistema de refrigeración, formando un bloque. Proporciona los servicios que requieren las tarjetas individuales para la operación. El chasis está estandarizado para que las tarjetas e instrumentos PXI no solo puedan ajustarse mecánicamente, sino que operen eléctricamente a su potencial dentro del chasis, eliminando cableado aéreo, habitual por otro lado, en los típicos *racks* de bancos de pruebas.

Dependiendo del tipo, cada chasis PXI tiene entre ocho y dieciocho ranuras (*slots*), disponiéndose de un tipo reservado de tarjetas como la ranura 1. Esta ranura está reser-

vada para ubicar el controlador. De hecho, es la única posición en la que el controlador puede funcionar, ya que emplea 4 ubicaciones, aunque algunos modelos son más estrechos y habrán de cubrirse algunas ubicaciones con paneles ciegos. Las tarjetas de instrumentación ocupan una sola ubicación. El fabricante ha establecido dos tipos de equipamiento físico controlador: el integrado (*Embedded PXI controller*) y el portátil (*Laptop controller*). El controlador integrado permite evitar el uso de un ordenador externo. Este tipo de controlador dispone de CPU principal, la RAM, la unidad de disco duro y todos los periféricos relevantes.

El software se ejecuta bajo Windows y dispone de todos los drivers instalados. Resulta una solución buena cuando se trata de un laboratorio transportable ya que se encuentra integrado en la caja. El controlador de ordenador portátil no dispone de elementos propios de un computador y se tiene que conectar un computador externo, siendo un requisito la conexión mediante interfaz PCMCIA. Ofrece más flexibilidad en la operación, pero tiene el inconveniente de tener que depender de una computadora externa.

Por último, el hardware se configura con las tarjetas de instrumentos o módulos de instrumentación, expuestos en la figura 15. Los módulos y tarjetas PXI proporcionan las funciones individuales para permitir que el chasis se llene con los instrumentos y otros elementos necesarios para que el sistema PXI en general pueda cumplir con sus requisitos.



Figura 15. Tarjetas PXI de National Instruments: FlexDMM y medidor LCR de multímetro DMM (izquierda) y osciloscopio/digitalizador de 8 bits, 250 MS/s (derecha). Fuente: García-Loro et al. 2019

Se disponen de dos tipos de tarjetas: las tarjetas 3U y las tarjetas 6U. Las primeras son las habituales para controlar un instrumento, pero en algunas ocasiones, dada la sofisticación de algunos es necesario utilizar las tarjetas 6U. Ambas disponen de, al menos dos conectores (J1 y J2) siendo el conector J1 obligatorio, con características PCI de 32 bits y el J2 opcional, ya que dispone de las características PCI y PXI de 64 bits., que pueden no ser necesarias en función del sistema operativo disponible. En las tarjetas 6U se dispone además de un tercer conector (J3) generalmente empleado para interconexiones propietarias.

En la parte que concierne al software, se ha de indicar que los sistemas operativos PXI son fundamentalmente software de Windows, aunque algunos sistemas incluyen compatibilidad para Linux, Unix o MacOS, en función del tipo de drivers que se disponga. La especificación de software PXI recomienda, pero no exige el soporte para varios entornos de desarrollo de software comúnmente utilizados, como pueden ser ATEasy de Geotest-Marvin Test Systems, LabVIEW de National Instruments, LabWindows y CVI de *National Instruments*, además de *Visual Basic* y *Visual C / C ++* de Microsoft.

Hay dos tipos principales de controladores software (drivers) que pueden usarse: los *drivers VISA (Virtual Instrument Software Architecture)* originalmente diseñado para sistemas VXI y *drivers IVI (Interchangeable Virtual Instruments)*. En el caso del laboratorio remoto VISIR, se ha decantado por el empleo de drivers IVI, de cuyas especificaciones se ha dado cuenta con anterioridad en este documento.

En definitiva, con este equipamiento, se ha configurado la máquina controladora empleada en el laboratorio remoto VISIR. En la figura 16, se puede observar un aspecto del conjunto PXI, con las tarjetas incorporadas y las conexiones a los diferentes instrumentos utilizado en la máquina disponible en el laboratorio del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de control de la UNED.

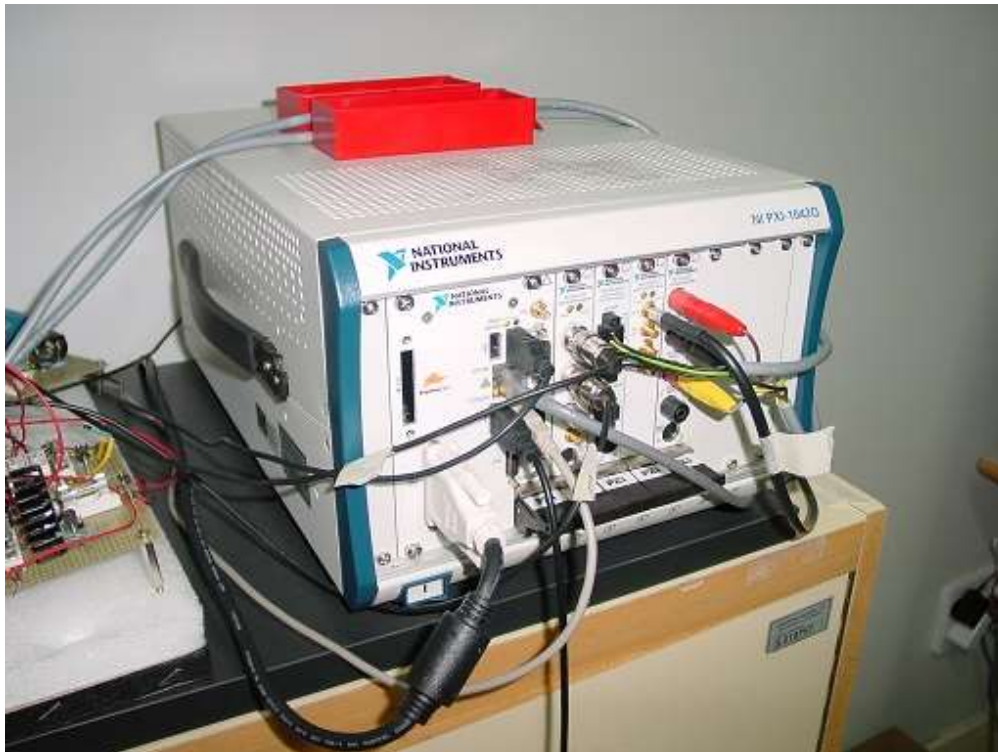


Figura 16. Sistema PXI instalado en los laboratorios de la UNED. Cortesía de DIEECTQAI

La matriz de relés de conmutación

La matriz de relés de conmutación consiste en una serie de tarjetas apiladas en la que se montan los diferentes componentes reales objeto de las prácticas de medidas propuestas. Los relés están dispuestos en un patrón de matriz junto con conectores de instrumentos y terminales de componentes situados en las tarjetas de circuitos impresos apilados, bajo el estándar PC/104, estándar para sistemas embebidos destinado a aplicaciones específicas como sistemas de control (PC/104, 2020).

Los interruptores de relé están integrados con el fin de limitar el empleo de cables, favoreciendo el ancho de banda y evitando la aparición de interferencias en las medidas. (Gustavsson, 2017, p. 3). La configuración mínima se puede observar en la figura 17, siendo 15 el valor máximo de tarjetas que puedan conformar la matriz de relés de conmutación.

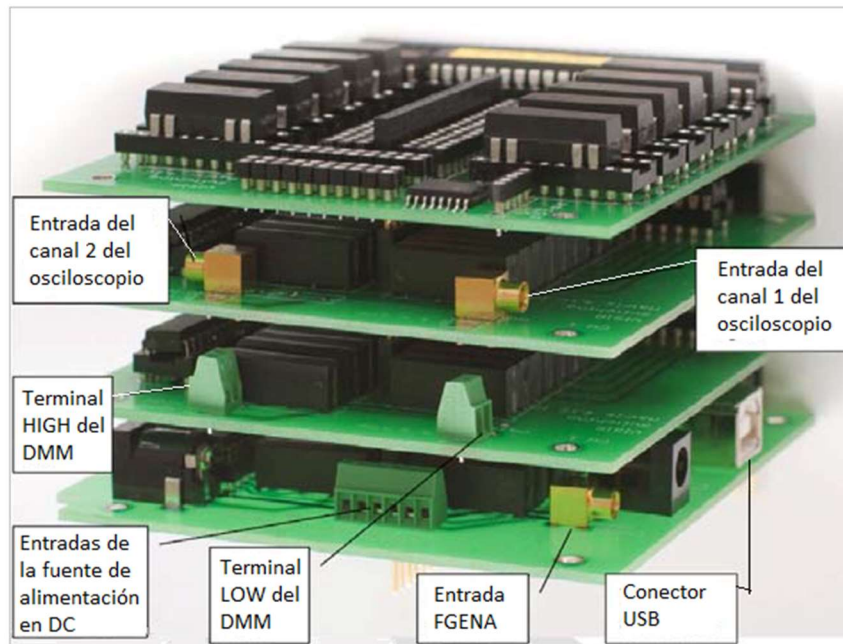


Figura 17. Configuración mínima de la matriz de conmutación. Cortesía de DIEECTQAI

En la figura 18 se puede observar la instalación en el laboratorio del DIEECTQI de la matriz de conmutación, en la que se han cableado diversos experimentos.

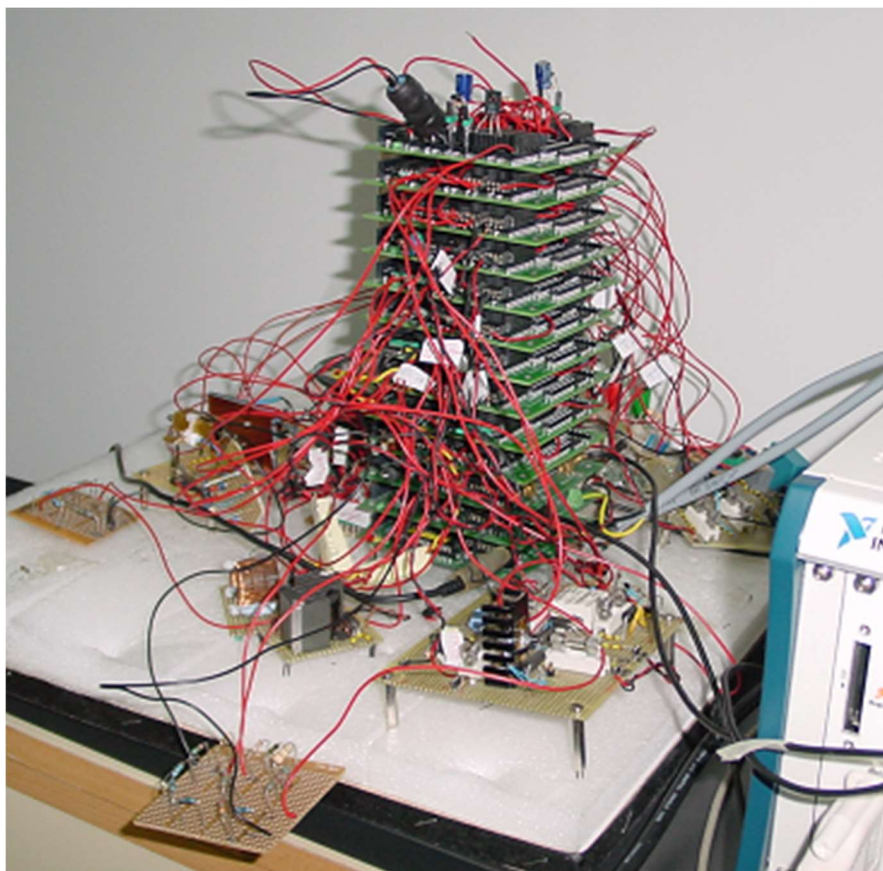


Figura 18. Matriz de relés de conmutación en su instalación en el DIEECTQI. Cortesía del DIEECTQI.

Las tarjetas que forman el conjunto de la matriz pueden ser de dos tipos: las destinadas a la conexión entre la instrumentación y los equipos y las destinadas para la conexión de los componentes que forman los circuitos. La tarjeta que se emplea para servir de fuentes de alimentación dispone también de dispositivo que controla a las demás tarjetas, un microprocesador PIC18F4550. Este microprocesador se conecta vía USB al sistema PXI del chasis. Cada tarjeta que compone el apilado dispone de un controlador PIC16F767, estableciéndose el sistema de comunicación entre estas y el microprocesador de la tarjeta de fuentes mediante bus I2C, de forma que el control de los relés de cada tarjeta se efectúa empleando un array de 4 bytes. Cada byte respectivamente indica la dirección I2C de la tarjeta, los segundo y tercer bytes indican el relé que se quiere activar y el cuarto byte, se reserva para el potenciómetro. Para la coordinación de la información, es el microprocesador el que se encarga de distribuirla a cada microcontrolador de cada tarjeta de componentes.

Como se ha indicado con anterioridad, ha de disponerse de un fichero que contendrá la lista de componentes (*Component List*) en el que se registran todos los componentes conectados en las tarjetas, estableciéndose su ubicación y aquellos datos de denominación que permitan su reconocimiento en el circuito que se quiera montar. Como complemento a esta información se dispone de las listas de circuitos o *MaxLists*. Una *MaxList* contiene todas las conexiones que permitirán que el usuario pueda montar el circuito que desee probar, independientemente del lugar físico donde se ubiquen los componentes en la *breadboard* que dispone el usuario para tal efecto.

Para conseguir esta independencia, se establece un sistema de diseño en base a nudos de conexión. A modo de ejemplo, se sugiere el conjunto de representaciones en las figuras 19 a 22. En la figura 19 se establece el circuito objeto de montaje, que se compone de un circuito serie compuesto por una fuente de alimentación y dos asociaciones de resistores. La primera asociación se trata del paralelo entre tres resistores de 1 k Ω , 470 Ω y 22 k Ω , siendo la segunda asociación un paralelo de dos resistores de 2,2 k Ω y 82 k Ω .

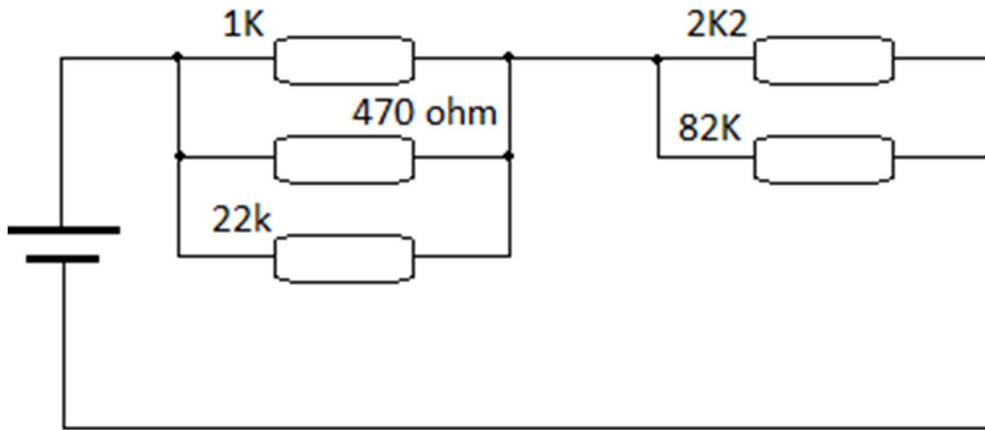


Figura 19. Ejemplo de esquema eléctrico para configurar en VISIR. Fuente: elaboración propia

En la figura 20, se muestra una representación nodal sobre una plantilla que representa la matriz de relés, en la que se establecen una serie de nodos entre los que se ubicarán los diferentes componentes y las conexiones entre ellos que permitan configurar el circuito del esquema eléctrico de la figura 19.

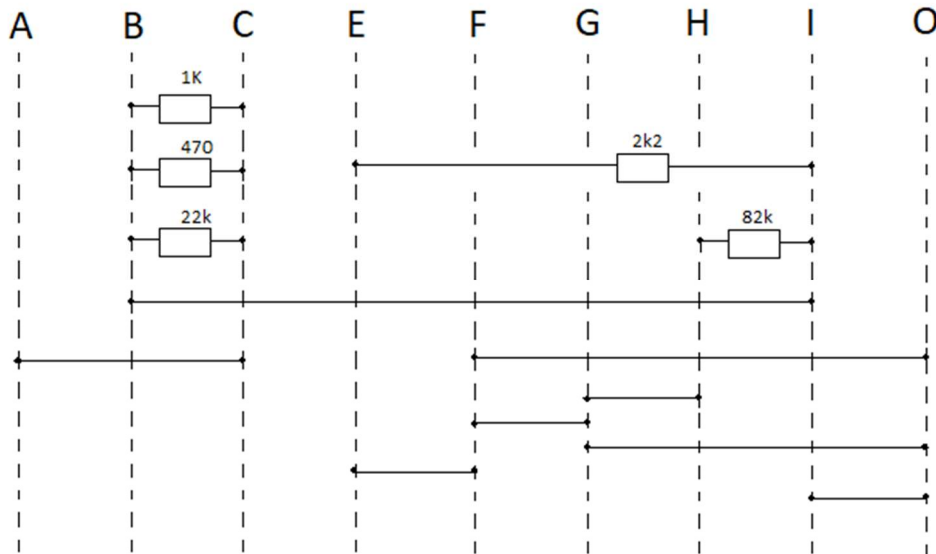
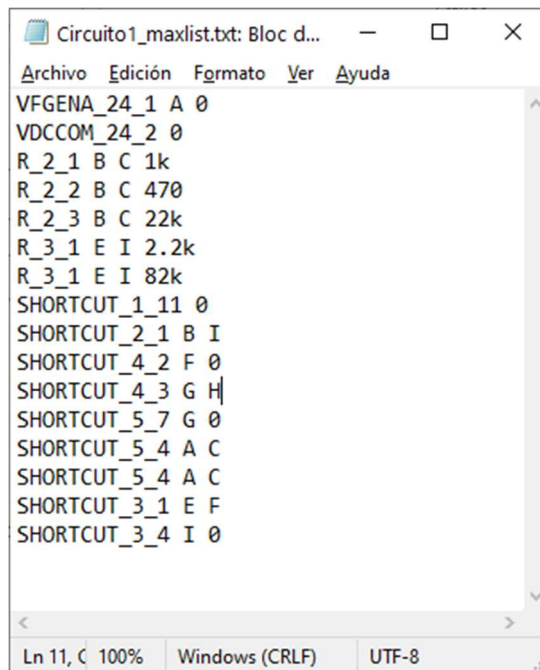


Figura 20. Representación nodal de situación de componentes y conexiones. Fuente: elaboración propia

En base a este diseño, se elabora el archivo textual que se ubicará como *MaxList*, y que se ha incluido en la figura 21.



```
Circuito1_maxlist.txt: Bloc d...
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
VFGENA_24_1 A 0
VDCCOM_24_2 0
R_2_1 B C 1k
R_2_2 B C 470
R_2_3 B C 22k
R_3_1 E I 2.2k
R_3_1 E I 82k
SHORTCUT_1_11 0
SHORTCUT_2_1 B I
SHORTCUT_4_2 F 0
SHORTCUT_4_3 G H
SHORTCUT_5_7 G 0
SHORTCUT_5_4 A C
SHORTCUT_5_4 A C
SHORTCUT_3_1 E F
SHORTCUT_3_4 I 0
Ln 11, C 100% Windows (CRLF) UTF-8
```

Figura 21. Texto de MaxList correspondiente con el ejemplo de la figura 19. Fuente: elaboración propia

Se puede observar en el texto de la figura 21 que el subconjunto de elementos toma componentes de diferentes tarjetas de componentes: R_2_1 de la tarjeta 2, igual que R2_2 y R_2_3, mientras que los resistores R_3_1 y R_3_2, son tomados desde la tarjeta 3. Así ocurre también con las conexiones como SHORTCUT_2_1 que la toma de la tarjeta 2 ó SHORTCUT_5_5 que la toma de la tarjeta 5.

Por tanto, el servidor de equipos accederá al listado de componentes y verificará en el arranque que todos los *MaxLists* son subconjuntos del superconjunto del listado de componentes. Estos componentes de distintas placas se conectan entre sí mediante los conectores de propagación de cada placa. De esta forma el *MaxList*, “subconjunto de elementos de la lista de componentes y, por tanto, de la matriz de conmutación, contiene posibles conexiones admisibles por el servidor de medida” (García-Loro et al., 2019, p.31).

De todas las posibles conexiones permitidas por el *MaxList* asociado al circuito del ejemplo, será posible establecer el circuito en el interfaz de usuario y sobre dicho circuito se podrán llevar a cabo determinadas medidas, como la derivada de la que se lleve a cabo con el montaje del circuito de la figura 22. En dicho circuito, se ha conec-

tado el multímetro (DMM) en configuración de voltímetro para medir la caída de tensión que se produce en el conjunto de resistores que conforman el primer bloque en paralelo.

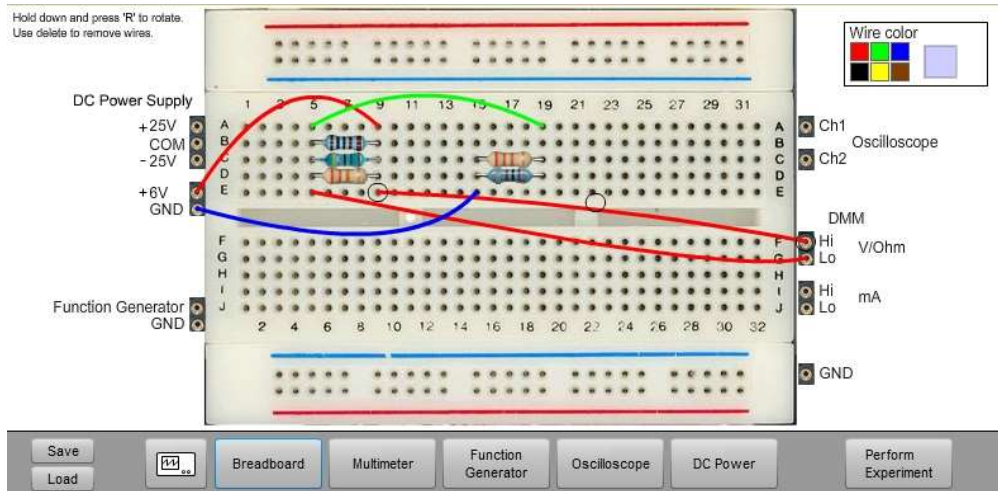


Figura 22. Interfaz de usuario de VISIR para la conexión del ejemplo de la figura 19 con conexión a voltímetro. Fuente: elaboración propia

En la tesis de García-Loro (2018, p.207) se puede encontrar un desarrollo exhaustivo de todas las soluciones posibles que se pueden aportar para las combinaciones de una *MaxList* aplicada a un determinado circuito que sirva de experimento.

Para finalizar este capítulo se ha de indicar que, desde el punto de vista del usuario situado en un ordenador cliente, el interfaz que manipula está virtualizado, pudiendo conectar diferentes dispositivos eléctricos en una placa de prototipado (*breadboard*) para formar un determinado circuito. Tal y como se intuye en la figura 22, esto se realizará mediante acciones de pinchar-arrastrar el componente que se sitúa inicialmente en la bandeja de componentes en la parte superior.

De forma similar, al seleccionar un cable, éste se dibujará y posicionará entre cualesquiera dos puntos de conexión de la *breadboard*, atendiendo al esquema eléctrico en que se base el circuito que se desee testar. Como consecuencia, estas acciones son enviadas al servidor del laboratorio. De puertas adentro del servidor en el laboratorio local, el sistema comprobará las conexiones y la matriz de conmutación comparará lo

reproducido, ofreciendo un mensaje de error cuando no esté contemplado el circuito propuesto en las *MaxLists*.

En cualquier caso, el usuario no necesita reconocer el sistema, solo para poder saber cómo se puede hacer un circuito en la interfaz. Esto es perfecto para los estudiantes de cursos de secundaria e ingeniería, ya que accederán a un entorno virtualizado, fácil de usar, pero en el que se están empleando componentes reales, por lo que podrá reconocer la constitución de un circuito, la forma de conectar los componentes y el lugar en el que se debe conectar un dispositivo de medición.

En el diseño de recursos didácticos, uno de los conceptos que los estudiantes consolidarán será el relacionado con la naturaleza de los errores en las medidas. Este es un punto que no se puede lograr mediante el uso de laboratorios virtuales ni sistemas de simulación, pero que se puede considerar cuando se utiliza un laboratorio remoto con las características de VISIR.

A lo largo de este capítulo se ha revisado la evolución que ha tenido los laboratorios remotos, uno de cuyos sistemas es el laboratorio remoto VISIR, el cual actualmente se encuentra instalado en diversas instituciones. Todos ellos se encuentran en proceso de expansión en diversos países (Suecia, España, Alemania, Austria, Costa Rica, etc.), constituyendo su integración por federación.

También se han revisado las especificaciones y normativa para la integración de elementos de instrumentación y se han descrito con detalle los componentes de hardware y software integrantes en el laboratorio remoto VISIR.

Nada más difícil de realizar, ni más dudoso de éxito, ni más peligroso de manejar, que iniciar un nuevo orden de cosas.

De Principatibus (Nicolás Maquiavelo, 1532)

3. Diseño de la investigación y metodología

Si bien la Enseñanza y el Aprendizaje son dos procesos etimológicamente diferentes, no se conciben por separado en el ámbito de la Educación. En sí, son procesos complementarios e inseparables. No pueden ser vistos como un proceso unidireccional en el que el aprendiente es activado a partir del conocimiento generado por el docente, como quien entrega un paquete.

Luego que de él me separe, razonaba conmigo mismo y me decía – Yo soy más sabio que este hombre. Puede muy bien suceder, que ni el ni yo sepamos nada de los que es bello y de que es bueno, pero hay esta diferencia, que él cree saberlo aunque no sepa nada, y yo, no sabiendo nada, creo no saber. Me parece pues que en esto yo, aunque poco mas, era más sabio porque no creia saber lo que no sabia (Platón, siglo IV a.C, p.8).

La enseñanza es sólo una parte del proceso educativo, quizá la de menor impacto, ya que ha de existir un proceso de realimentación mediante el cual el docente sea capaz de percibir en qué medida se ha producido el aprendizaje, en qué grado el aprendiente ha asimilado aquello para lo que se le instruye. Esto resulta, hoy en día, esencial: “La enseñanza no puede entenderse más que en relación con el aprendizaje; y esta realidad relaciona no sólo a los procesos vinculados a enseñar, sino también a aquellos vinculados a aprender” (Meneses, 2007, p.32).

A diferencia de otros campos, muchos docentes en áreas técnicas como la Ingeniería, la Informática, o en general la Tecnología, asume como activo de su formación profesional y académica, un alto nivel de conocimiento y destreza en la práctica de sistemas técnicos y, por consiguiente, la mayoría han desarrollado suficientes habilidades para el manejo de recursos de Tecnología Educativa o suficiente destreza para poderlos llevar a la práctica docente tras un breve periodo formativo. Así se puede afirmar que “el docente asume un rol técnico que aprende conocimientos y desarrolla competencias y actitudes adecuadas a su intervención práctica, apoyándose en el conocimiento que elaboran los expertos” (Sánchez y Jara, 2018, p.258).

Por tanto, el enfoque necesario a la hora de diseñar actividades formativas en el campo de la Ingeniería debe tener en cuenta el desarrollo de habilidades manipulativas y procedimentales, en igual grado e intensidad que la asimilación de conceptos teóricos. A partir de esta premisa, se establecerá la definición de cada ámbito, el conceptual y el manipulativo o motor y su relación mutua.

3.1. Antecedentes del modelo cognitivo motor

Tal y como se ha definido a lo largo de esta tesis, el trabajo de investigación se ha basado en la realización de cuatro experiencias llevadas a cabo en diferentes cursos y con distintos grupos de alumnos de Educación Secundaria. La primera de las experiencias o experiencia piloto se enfocó al empleo del laboratorio remoto VISIR, para lo cual se realizó un diseño didáctico empleando la taxonomía de Bloom (Bloom, 1956; Anderson, 2001) como medio de ordenamiento de las actividades y tareas. Una vez que se comprobó la validez y adecuación del laboratorio remoto como recurso técnico en el ámbito de la Educación Secundaria Obligatoria, se observó que la taxonomía de Bloom se circunscribía al desarrollo de destrezas cognitivas:

The cognitive taxonomy is predicated on the idea that cognitive operations can be ordered into six increasingly complex levels. What is taxonomic about the taxonomy is that each subsequent level depends upon the student's ability to perform at the level or levels that precede it. Del inglés: La taxonomía cognitiva se basa en la idea de que las operaciones cognitivas pueden clasificarse en seis niveles de complejidad creciente. Lo

que tiene de taxonómico la taxonomía es que cada nivel depende de la capacidad del alumno para desempeñarse en el nivel o los niveles precedentes (Eisner, 2000, pag.426).

De la observación de las experiencias, se constató que el alumnado desarrollaba mayores habilidades de uso del laboratorio, de los aparatos de medida y de la disposición de los componentes a partir de esquemas eléctricos cuanto mayor era su empleo. Esto nos hizo pensar en que los alumnos estaban desarrollando una serie de habilidades constatables, independientes de la curva de aprendizaje de la herramienta VISIR, que no podían ser medidas ni cuantificadas mediante la taxonomía de Bloom, ya que esta no contempla las habilidades motoras.

A partir de esta observación, se inició la segunda fase del proyecto enfocada al estudio de taxonomías e investigaciones que pudieran establecer una relación entre las destrezas cognitivas y las habilidades motoras de forma conjunta. Fruto de la investigación documental, observamos un gran número de publicaciones en el ámbito médico-sanitario que ofrecían estudios relacionales entre las destrezas cognitivas y motoras de individuos con problemas derivados de accidentes enfocados a la recuperación de pacientes, así como individuos con un bajo desempeño o con determinadas disfunciones (Liu et al., 2017; Schmidt et al., 2017; Abdelkarim et al., 2017; Kim et al., 2018). Observamos, pues, que no existía literatura, o al menos no la encontramos, mediante la que se pudiera establecer una relación de causalidad o precedencia entre ambos tipos de destrezas.

Y, sin embargo, estábamos detectando un mayor desempeño tanto cognitivo, en relación con la adquisición de conocimientos, como motor, determinante en el empleo y manejo de dispositivos, en aquellos alumnos que utilizaban en laboratorio con mayor asiduidad o que permanecían mayor tiempo empleándolo. De esta forma, establecimos que tendríamos que diseñar una taxonomía a partir de nuestras observaciones y de estudios previos, y se aplicó a las identificadas como segunda, tercera y cuarta experiencia.

3.2. Taxonomía del modelo cognitivo-motor

El modelo taxonómico que presentamos tiene en cuenta estas premisas y condicionantes, asumiendo el diverso nivel de complejidad de cada aprendizaje, pero entendiendo que el eje de procesamiento cognitivo ha de complementarse con nuestras capacidades motoras propias del eje de la percepción del entorno.

Por lo tanto, las destrezas o habilidades observadas y analizadas en este trabajo de investigación se han clasificado en dos niveles de complejidad y se han organizado funcionalmente de acuerdo con un ciclo en el que se relacionan ambos dominios, cognitivo y motor.

En el diagrama de la figura 23, se representa un esquema de los componentes del modelo, que será comentado en adelante. En este gráfico, no solo se presentan el orden natural de las tareas ejecutivas relacionadas con cada destreza, sino que también, e incluso más importante, se establece una relación de precedencia en el ciclo, organizándose en grupos según el tipo de destreza y dominio al que corresponde.

A partir del esquema presentado en la figura 23, se puede constatar que la taxonomía propuesta se presenta en forma de ciclo de aprendizaje, al que se le puede adivinar dos características: se trata de un ciclo realimentado y corresponde con un ciclo continuo.

- Realimentado, porque necesitamos en muchas ocasiones de revisiones personales para establecer que el conocimiento nuevo se convierta en conocimiento previo. De hecho, la asimilación se da una vez que se ha incorporado una nueva experiencia al esquema de los conocimientos previos y “permite reconocer o identificar los objetos o sucesos nuevos aplicándoles los esquemas preexistentes” (Luque y Palacios, 1992, p.71-72).
- Continuo, ya que su finalidad es el perfeccionamiento, al que se llega mediante una experimentación de una mejora gradual del desempeño en las actividades que los alumnos realizan (Marina y Pellicer, 2015).

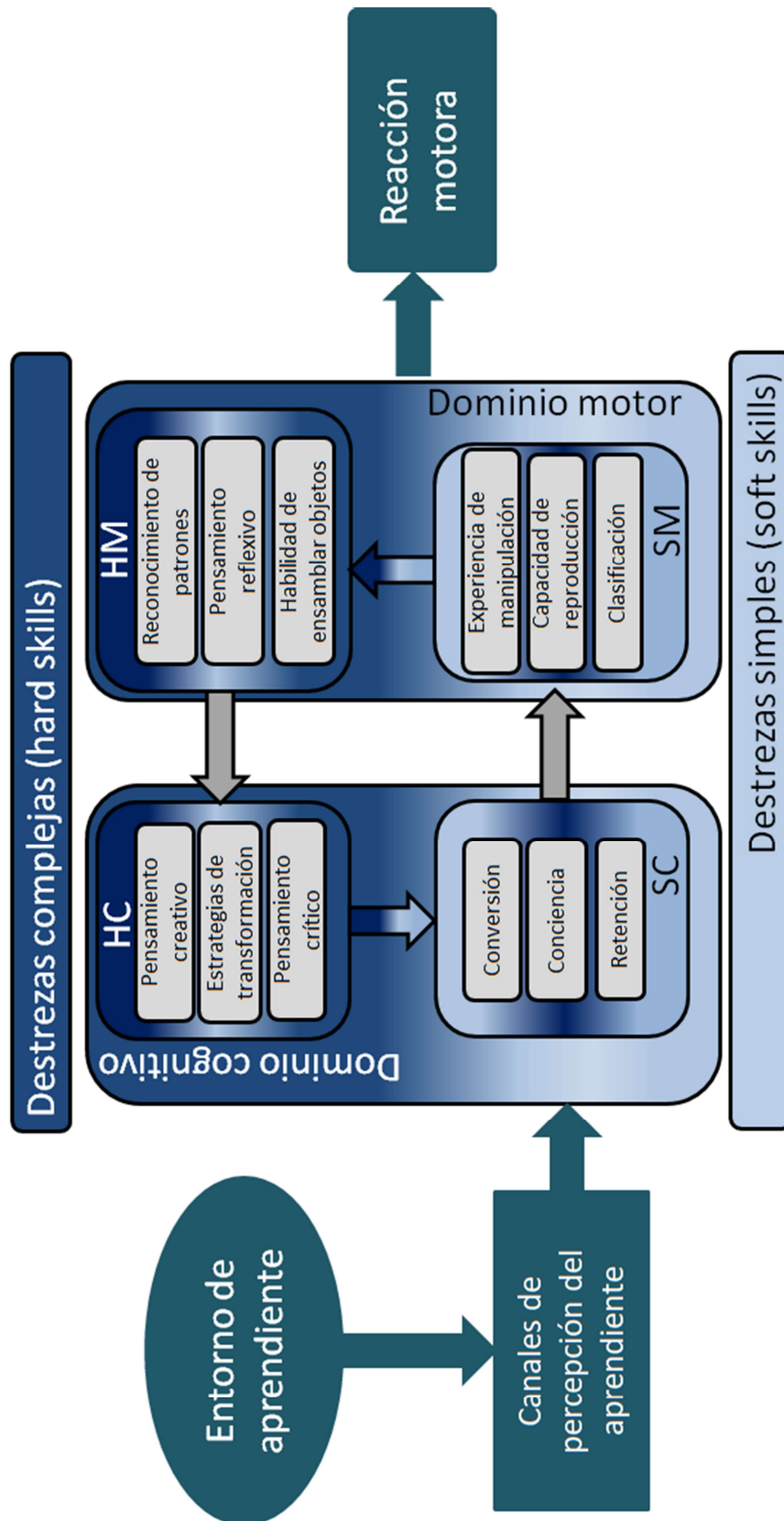


Figura 23. Esquema general del modelo cognitivo-motor (CMM).

En cualquiera de los casos, siempre existe un nuevo conocimiento, ese que nos impacta cuando aprendemos algo que no se encuentra en nuestra experiencia vital.

En cierto modo, Dewey (1910) ya definía el aprendizaje como una situación subjetiva basada en la experiencia, que involucraba la observación de las condiciones circundantes del aprendiente y que se incorpora en nuestro ser a partir de situaciones similares del pasado (Dewey, citado por Kolb, 1984). “Nuestro proceso intelectual consiste en un continuo de entendimiento directo que se denomina técnicamente *aprensión* a través de un entendimiento indirecto mediado técnicamente denominado *comprensión*” (Dewey, 1910). Nuestra acumulación de experiencias y su identificación por diferenciación es lo que permite distinguir el conocimiento nuevo del conocimiento adquirido.

Aunque se presenta el ciclo de aprendizaje como un sistema realimentado y continuo, se establece que la adquisición del conocimiento, en especial, el nuevo conocimiento, se lleva a cabo desde los canales de percepción del aprendiente: sus sentidos. Estos son procesados a través del dominio cognitivo, pero con la finalidad de que el aprendiente sea consciente de que dicho nuevo conocimiento tiene una utilidad posterior: “El nuevo concepto debe tener el potencial de ser extendido a otras áreas, de abrir nuevas posibilidades” (Moreira y Greca, 2003, p. 304).

Esto no implica necesariamente que el aprendiente asimile la información. De hecho, la asimilación ocurre en diferentes campos y etapas del proceso de aprendizaje, no siendo un hecho puntual sino progresivo: “una de las principales metas de la educación es proporcionar una formación integral, que abarque aspectos tanto humanísticos como científicos y tecnológicos, que han de ser introducidos, de un modo racional y progresivo” (Villalobos et al., 2016, p.558).

En consecuencia, siguiendo las pautas de Bruner (1960), el modelo propuesto y lo que a través de él se enseña se trata de “un proceso más que de un producto” (p.72).

En el campo intelectual, los estudiantes son capaces de memorizar un concepto aun sin comprenderlo, lo que ocurre en muchas ocasiones con la fórmula matemática que

se asimila a una determinada ley física: “no todo conocimiento o hecho comprendido es asimilado o guardado en el individuo, sino que son solo algunos los que se conservan en su interior” (Yáñez, 2016, p.77).

Incluso, muchos aprendientes son incluso capaces de aplicarla a un problema, introduciendo los datos del problema y obteniendo un resultado correcto, pero, aun así, pueden no haber comprendido el sentido de lo que están haciendo. Esto no es asimilación, sino aprendizaje por rutinas, las cuales se definen como aquellas “estructuras simples que sirven para promover y ampliar el pensamiento de los estudiantes y que deben llevarse a cabo junto con la dinámica habitual del aula” (Parada y Ruiz de Galarreta, 2013, p.241), pero no significa que no se hayan activado funcionales cerebrales que les permitan desarrollar determinadas habilidades.

En cierto modo, el aprendizaje por rutinas tiene una alta carga de aprendizaje mediante la experiencia, un tipo de aprendizaje muy propio de los seres humanos a lo largo de los tiempos, en el que los padres y maestros enseñaban a sus hijos y aprendices aquellas técnicas manuales relacionadas a su profesión. Lo primero era seguir el método y la técnica y después, entenderla y si fuera posible, mejorarla.

Así lo propone Ausubel (1976) en su teoría de la Asimilación, en la que presenta el concepto de aprendizaje significativo. A partir de la percepción se evoluciona a la formación conceptual a través del aprendizaje por descubrimiento que se aplica, entre otras cosas, a los procesos de solución de problemas con la activación de herramientas metacognitivas.

Por consiguiente, respecto al aprendizaje significativo, podría esperarse que “el aprendiente tomara el material de aprendizaje en su forma final y lo enlazara con su conocimiento previo existente en su estructura cognitiva” (Tamimi, 2017, p.284).

Así, volviendo a lo que consideramos origen del aprendizaje o impacto de un nuevo conocimiento entendido como nueva experiencia, se inicia desde los canales de percepción del aprendiente, los sentidos, que introducen dicho conocimiento al dominio

cognitivo. En el modelo cognitivo motor, se establece esta situación como las condiciones de contorno o condiciones origen, tal y como se indica en el esquema de la figura 24, como aprendizaje consciente y voluntario. No obstante, hemos de resaltar que independientemente del ciclo, existirán ciertas respuestas directamente influyentes en el dominio motor debido a los actos reflejos, que resultan involuntarios y que se originan a partir de una situación de alerta, de peligro, etc.

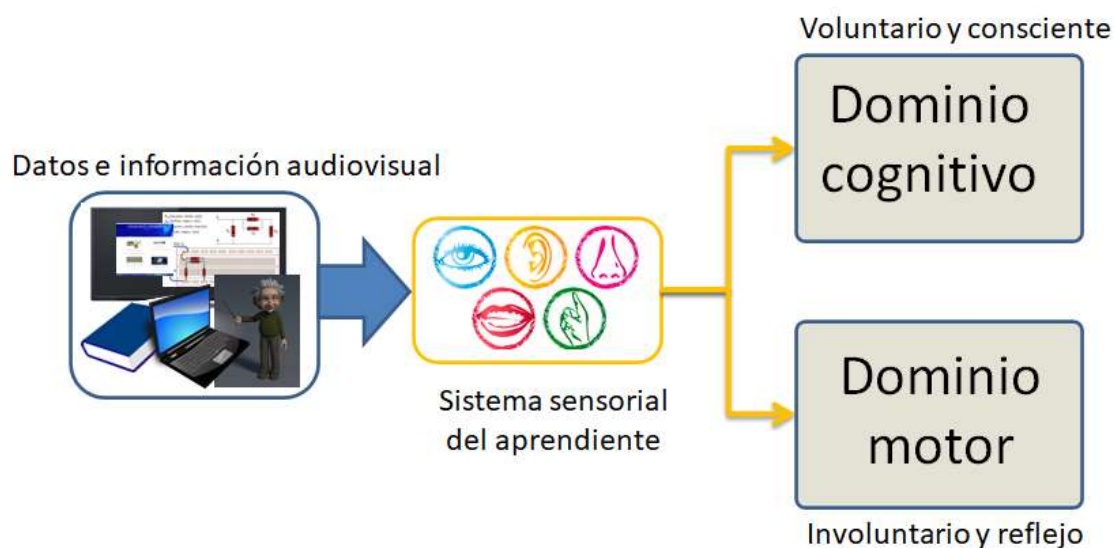


Figura 24. Detalle del bloque de adquisición de la información

No obstante, el esquema de aprendizaje a partir de la información sensorial no se produce en un solo sentido. Se conoce que para que un aprendiz asimile ciertos patrones de movimiento, los movimientos autoiniciados (Buffone y Parentti, 2015), estos han de surgir como respuesta de la información sensorial, denominada *feedback*. Son los que incluimos como registrados en el dominio cognitivo como parte de las experiencias y que más adelante se podrán llevar a cabo a partir de movimientos y posturas acondicionadas a la actividad. Este conjunto de respuestas posturales y movimientos se definen como *feedforward* (Montgomery y Connolly, 1993, p.34).

Así, a base de aprendizajes y respuesta de movimientos, se proporciona un conjunto de movimientos preestablecidos y aprendidos, que aseguran el empleo de un equipamiento. Esta es “la base de la curva de aprendizaje de cualquier actividad” (Plaza et al., 2009, p.2), y en particular, en el caso de esta investigación, conforman las reglas de aprendizaje del uso de la instrumentación del laboratorio de medidas presencial o de

las diferentes acciones necesarias para la construcción de un circuito y medida de sus magnitudes en el laboratorio remoto VISIR.

De acuerdo con esto, intuimos que es obvio localizar las destrezas cognitivas como las primeras y las últimas en el proceso presentado en el ciclo de aprendizaje propuesto y en base a esta propuesta se aplicará el CMM para el diseño y evaluación de actividades.

La información y los datos fluyen hacia el aprendiente y son capturados por éste a través de los sentidos, también denominados sistema primario de recepción de la información o “registro sensorial con capacidades de admisión de inputs o entrada de información” (Atkinson y Shiffri, 1968) en el que se encuentran las capacidades de retención, conciencia y conversión.

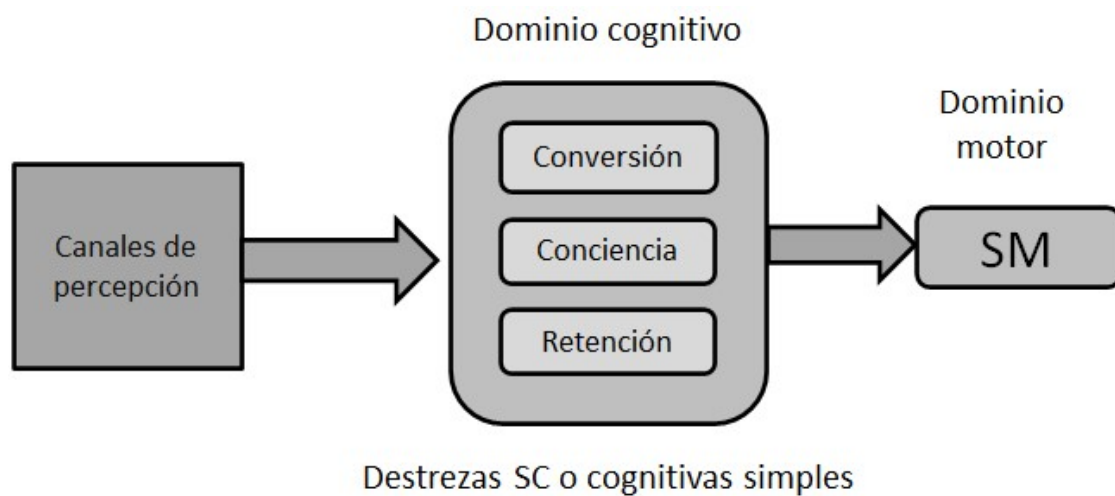


Figura 25. Detalle del bloque de conjunto de destrezas cognitivas simples (SC).

Estas tres habilidades componen, por tanto, el conjunto de destrezas simples (soft cognitive skills) o sistema SC. De alguna forma, estas destrezas se circunscriben en las comúnmente denominadas capacidades metacognitivas: “.. el conocimiento metacognitivo incluye la cognición en general así como la conciencia de la propia cognición” (Chevron, 2014, p.48).

El tipo de actividades y tareas recomendadas en esta primera fase SC, se enfocan a la lectura, repetición y reconocimiento de definiciones, textos y fórmulas. La aplicación en nuestra investigación se basa en el reconocimiento de la ley de Ohm o en la memorización de la secuencia de colores para la determinación del valor óhmico de un resistor eléctrico. La creación del esquema de un circuito eléctrico resulta una consecuencia del ámbito de la conversión desde un plano puramente teórico (conciencia) hacia una definición práctica motivada por el entendimiento del concepto de magnitudes eléctricas y de su relación.

En el plano general, actividades como la búsqueda de información mediante un buscador en Internet o el marcado de los elementos claves de un texto son ejemplos de actividades en el plano SC. La implementación de códigos a partir de unas determinadas reglas, por ejemplo, en la traducción literal de textos o en la interpretación de un código binario también forman parte del tipo de tareas involucradas en esta fase.

A partir de este primer sistema de retención, conciencia y conversión, los aprendientes son capaces de hacer que el sistema locomotor intervenga, enviando aquellas ordenes que les permitan traducir el aprendizaje desde el ámbito cognitivo al ámbito manipulativo.

Mediante el sentido del tacto, el niño ira ensayando diversas acciones que contribuirá a mejorar habilidades motrices y destrezas, favoreciendo al mismo tiempo las habilidades cognitivas, que son el resultado de las informaciones que el niño adquiere sobre las características de los objetos (Moreno, 2015, p.773).

En este sistema, se pueden encontrar aptitudes tales como la capacidad de clasificar objetos, la habilidad de reproducir a partir de un modelo o de un patrón y la posibilidad de conformarlos, darles forma, etc., lo que supone una experiencia de manipulación. Llamaremos a este tipo de habilidades las habilidades motóricas simples (*Simple Motor skills* o SM).

Es conocido que “el aprendizaje motórico invoca una serie de mecanismos que producen diversos cambios estructurales y funcionales en el cerebro” (Heuer y Lüttgen, 2015, p.224) y de esta manera, se establece la relación entre lo cognitivo y lo motórico. El desarrollo motor no solo tiene soporte en el sistema cognitivo en sus niveles simple y complejo (respectivamente, SC y HC) sino que también requiere de experiencia manipulativa desde diferentes niveles.

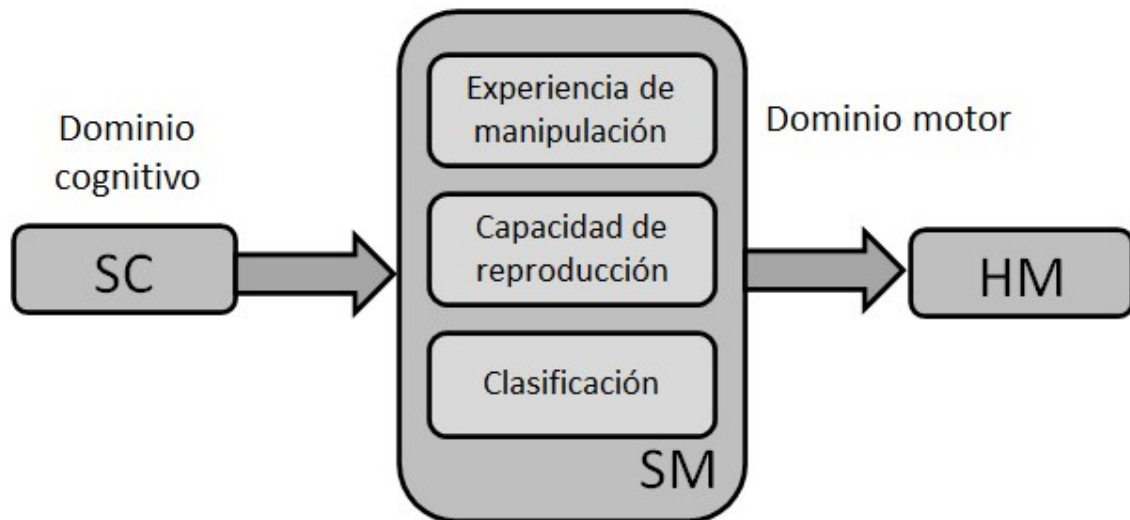


Figura 26. Detalle del bloque de conjunto de destrezas motoras simples (SM).

En cierto modo, se observa el desarrollo de esta habilidad a partir del empleo de videojuegos, ya que “activa destrezas que van más allá de ganar, perder o continuar jugando, toda vez que las habilidades que se originan por el estímulo visual, favorecen el control psicomotriz, la coordinación ojo-mano (visomotora) y el desarrollo de una espacialidad controlada” (Martínez, 2019, p.5).

Algunas de las actividades o tareas recomendadas en esta fase consisten en la implementación de circuitos eléctricos en una placa de prototipos a partir de un esquema eléctrico. En otras disciplinas, la selección de la herramienta óptima para llevar a cabo un trabajo, por ejemplo, el tipo de destornillador adecuado para roscar un tornillo, el tipo de sierra para realizar un corte de madera o la técnica de soldadura blanda con estaño para soldar un componente a una placa de circuito impreso son tareas cuyo aprendizaje se lleva a cabo en esta fase SM. De nuevo, en esta fase, la

curva de aprendizaje determina el tiempo de aprendizaje y el número de repeticiones de la experiencia para consolidar la destreza manipulativa son factores que influyen en el desarrollo de habilidades motoras. En el caso del empleo de la instrumentación de VISIR, esta fase se restringe a la habilidad en la selección y posicionamiento de los componentes de un circuito y la situación de los conductores que conforman el circuito, así como la manipulación de los mandos básicos de los elementos de instrumentación y de la fuente de alimentación.

La combinación de ambas habilidades, SC y SM, da lugar a nuevas capacidades que aparecen en un nivel superior, en cierto modo, un entorno coordinado de habilidades motoras y cognitivas, en las cuales se encuentran la habilidad para ensamblar objetos a partir del reconocimiento de patrones fruto del pensamiento reflexivo.

Este conjunto conforma la habilidad motora compleja (hard motor o destrezas HM) en la que se emplea el sistema locomotriz a partir de un plan previo debido a la reflexión y no una reacción refleja o automática debida a la memorización de movimientos. Se puede asegurar que una vez que se ha asimilado una tarea motora compleja, esta puede pasar perfecta a formar parte del ámbito simple. Es decir, una acción HM una vez aprendida pasará a ser una acción SM.

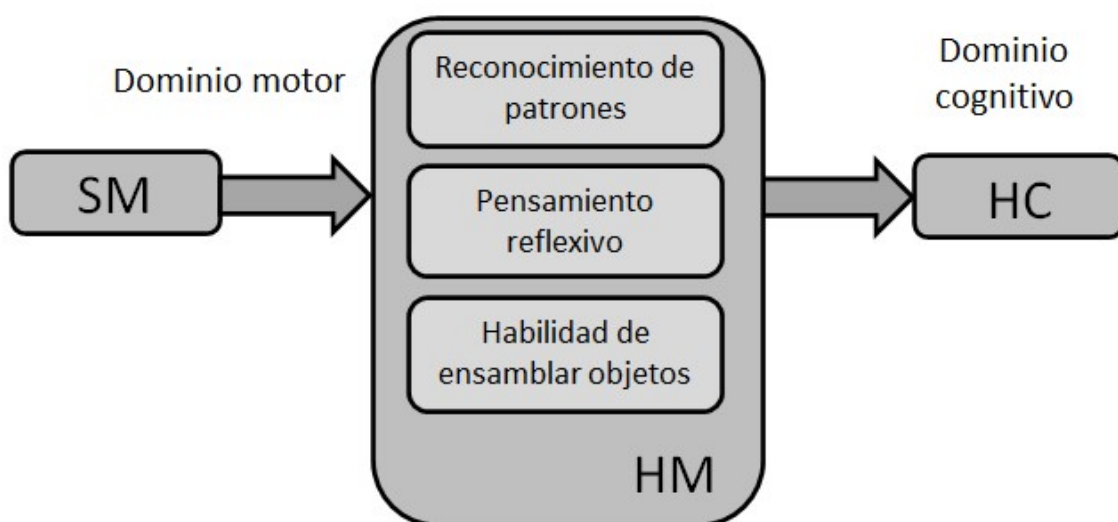


Figura 27. Detalle del bloque de conjunto de destrezas motoras complejas (HM).

A modo de ejemplo, cuando un individuo se enfrenta al aprendizaje de la escritura, bien manual cuando somos niños o bien posteriormente, cuando aprendemos a utilizar un teclado, se pasa de una reflexión aplicada a cada movimiento de la mano y de los dedos a una situación en la que los movimientos se han automatizado. No se presta especial atención a cómo se escribe sino a lo que se escribe.

En otro orden de aprendizaje, se encuentran ejemplos del ejercicio de estas habilidades HM en el diseño del componente de un sistema mecánico, en la elaboración de mapas o dibujos empleando escalas o en la coordinación que se necesita para elaborar un mapa mental que relacione partes de una lección entre sí. Un caso de remarcada relación son las habilidades y capacidades que se ponen en práctica para resolver un puzle. Para ello, se activa la representación mental que permite imaginar espacios bidimensionales e incluso tridimensionales por la asimilación y entendimiento de las configuraciones de un espacio limitado. No solo consiste en ensamblar piezas sino en analizar un problema, considerar variaciones y permutaciones y realizar manipulaciones de las piezas de forma lógica, empleando códigos propios de clasificación de piezas.

En el caso particular de esta investigación, se ha prestado especial atención a la inclusión de tareas relacionadas con la propuesta de cambios en un circuito. Así, se recomiendan la propuesta de tareas de montaje en el laboratorio remoto VISIR consistentes en que, partiendo de un esquema eléctrico ensamblado en una placa de prototipado, se modifique el circuito para incorporar un voltímetro o un amperímetro para la medida de magnitudes respectivas de voltaje o corriente eléctrica en alguno de sus componentes. Otro tipo de tareas relacionada con esta fase consiste en la manipulación de los controles de un osciloscopio para la medida de amplitud y periodo manipulando las escalas del instrumento.

Al final del ciclo, y alimentado por el resto de sistemas encontramos las destrezas cognitivas de orden superior o HR, aquellas que habilitan al aprendiente a experimentar el aprendizaje significativo y relevante, aquellas que generan el entendimiento y con las cuales es posible disentir o estar en desacuerdo gracias al

pensamiento crítico: “Las destrezas de pensamiento crítico tiene una correlación positiva con el concepto de entendimiento” (Hadi et al., 2018).

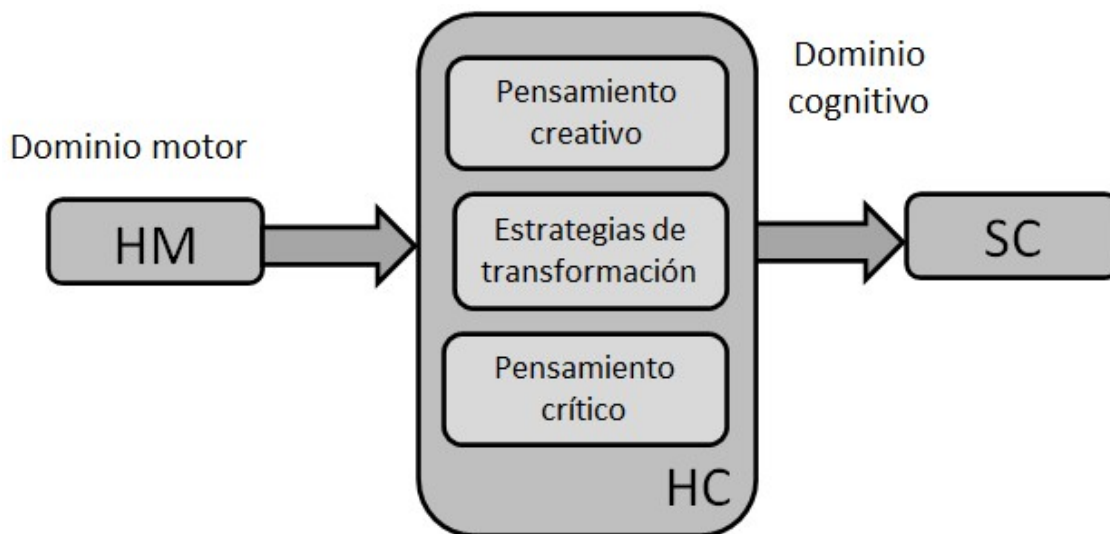


Figura 28. Detalle del bloque de conjunto de destrezas cognitivas complejas (HC).

Como consecuencia, el aprendiente puede influir en su entorno, mejorar el diseño de objetos y optimizar el funcionamiento de sistemas por medio de la aplicación de transformaciones que, en ocasiones, apuntan a la innovación por medio de la desarrollo de aptitudes creativas y divergentes de las ideas establecidas (Adeyemi, 2012, p. 156).

Para complementar el grafico de la figura 23 y los detalles expuestos en las figuras 24 a 27, se han incluido en la tabla 2 las definiciones completas consideradas en la constitución del modelo CMM, sus componentes y subsistemas.

En el caso particular de esta investigación, para la aplicación de esta fase se han diseñado actividades y tareas de ampliación, enfocadas a la resolución de problemas, cambios de escenario y propuestas de mejora. Una forma recomendada para articular este tipo de actividades es la propuesta de modificación de un circuito para la obtención de determinados valores en las magnitudes, lo que supone un esfuerzo de integración de las experiencias y conocimientos adquiridos.

A partir de cada uno de ellos, se pueden diseñar tareas y actividades que den lugar a determinadas acciones por parte del aprendiente con el fin de conseguir y desarrollar cada una de estas destrezas de forma coordinada. Cada uno de los cursos propuestos en esta investigación contienen una estructura basada en el CMM y cuenta de ello se da con la exposición de tablas de planificación donde se han clasificado e integrado cada una de las actividades ([figura 35](#) y [figura 36](#)).

En la tabla 2 se ha procedido a incorporar aquellas acciones o destrezas que forman el conjunto propuesto por el modelo cognitivo motor y que se integran de forma resumida, como:

- **Destreza SC:** Retención + Conciencia + Conversión
- **Destreza SM:** Clasificación + Capacidad de reproducción + Experiencia de manipulación
- **Destreza HM:** Habilidad de ensamblar objetos + Pensamiento reflexivo + Reconocimiento de patrones
- **Destreza HC :** Pensamiento crítico + Estrategias de transformación + Pensamiento creativo

Con mayor detalle, la tabla 2 expone este modelo y determina los términos de cada capacidad dentro de la clasificación determinada en el modelo CMM. Además, en el siguiente apartado se aporta mayor descripción para los enfoques que se pueden aplicar a cada una de las propuestas, así como un análisis de las interacciones que se pueden dar entre ellas.

Tabla 2. Esquema de los componentes del modelo cognitivo-motor

Destreza	Denominación	Descripción
SC	Destrezas cognitivas simples: destrezas simples relacionadas con el sistema cognitivo	
	Retención	Memorización permanente de toda o parte de la información recibida.
	Conciencia	Comprensión de la información leída o escuchada de forma que los datos adquiridos se conviertan en aprendizaje significativo.
	Conversión	Capacidad de distinguir los datos en partes separadas que puedan ser convertidas en información.
SM	Destrezas motoras simples: destrezas simples relacionadas con el sistema motor	
	Clasificación	Conocimiento de donde localizar datos e información de acuerdo con unos criterios dados.
	Reproducción	Aplicación lo que se ha leído o escuchado por medio del reconocimiento del formato de expresiones o fórmulas.
	Manipulación	Aprendizaje del empleo de herramientas o útiles, reconocer partes de ellas y entender su función para ejecutar una determinada tarea.
HM	Destrezas motoras complejas: destrezas complejas relacionadas con el sistema motor	
	Habilidad para ensamblar objetos	Uso de la capacidad de análisis para juntar e integrar ideas y de forma inversa, reconocer partes que conforman un todo.
	Pensamiento reflexivo	Capacidad de diferenciación entre escenarios teóricos y el mundo real mediante el análisis de situaciones que den lugar a juicios de valor.
	Reconocimiento de patrones	Capacidad para descifrar modelos y situaciones repetitivas para que sean reproducidas de la misma o similar forma por medio del pensamiento inductivo.
HC	Destrezas cognitivas complejas: destrezas complejas relacionadas con el sistema cognitivo	
	Pensamiento crítico	Descubrimiento de errores a partir de las diferencias de evidencias de ciertos hechos tras tomar una posición escéptica y sacar partido de dichas diferencias.
	Transformación	Capacidad para cambiar unidades de los datos numéricos, elegir sinónimos y parafrasear para expresar ideas de forma distinta, manteniendo el sentido y significado
	Creatividad	Habilidad para la ampliación de límites, la innovación, el empleo del conocimiento para hacer algo nuevo y diferente, la inquietud por encontrar nuevas formas de hacer las cosas o darles nuevos usos a cosas ya existentes, a herramientas u otro tipo de objetos. En esta habilidad, también se incluye la capacidad de planificación mediante la generación de algoritmos que mejoren los procesos.

3.3. La cuantificación del modelo: los coeficientes cognitivo y motor

Tal y como se ha definido en anteriores apartados, existe una gran interdependencia entre el conjunto de destrezas que permiten al ser humano interaccionar con su entorno. Ninguna capacidad puede desarrollarse sin que afecte a otra destreza y así se ha tenido en cuenta a la hora de diseñar el modelo cognitivo-motor. La cuestión de cómo puede medirse el aprendizaje no puede ser exclusivamente circunscrita a la observación de hasta que grado una destreza de orden inferior es capaz de influir en el desarrollo de una destreza de orden superior.

De hecho, los modelos de cuantificación, se basan esencialmente en taxonomías de elementos de aprendizaje como la propuesta a partir de la taxonomía de Bloom-Anderson (citado por Adams, 2015) o en la taxonomía de Marzano (2007) por seguir esta línea. No hay duda de la gran utilidad que estas taxonomías han supuesto para múltiples disciplinas, no solamente educativas, pero a través del modelo cognitivo-motor se ha tratado de expandir el mapa de relaciones entre las distintas destrezas desde una propuesta lineal a una concepción multidimensional.

En este estudio de investigación, cada conjunto de destrezas se miden por separado, pero también, se tiene en cuenta la correlación e influencia de unas sobre las otras. De esta forma, los principales objetivos del proceso de cuantificación han de apuntar a:

- La medida de la evolución de los estudiantes a través de los diferentes niveles propuestos por el Modelo Cognitivo-Motor.
- La comparación de los resultados de aprendizaje de acuerdo con el límite de cada destreza y con la articulación de los criterios de evaluación diseñados.
- La realización de un estudio de correlación entre cada conjunto de destrezas.

La evaluación de los alumnos y alumnas se realizarán en base a unos criterios específicos asociados a las actividades propias del diseño de la experiencia. En el caso de esta investigación, estos criterios responden a las capacidades de los estudiantes en la asimilación de contenidos teóricos y a la destreza en el uso del laboratorio remoto VISIR. Cada criterio se evaluará siguiendo las pautas indicadas mas adelante y se

calificará en una escala de 100 puntos por cada actividad. Aquellas actividades que pertenecen al mismo grupo de destrezas (SC, SM, HC o HM) se cuantificarán con la finalidad de obtener el valor medio de cada destreza. Con esto, se obtiene un grupo de cuatro parámetros, uno por destreza y estudiante que constituirán el mapa de calificaciones de los participantes. Los criterios que se evaluarán para cada actividad serán de aplicación según la destreza para la que haya sido diseñada. De esta forma, atendiendo a cada una de las destrezas serán de aplicación particularizada para evaluar cada una de las actividades diseñadas en los diferentes cursos, las siguientes destrezas:

a) Destrezas cognitivas simples o SC (*soft cognitive skills*)

- Noción del concepto de magnitud eléctrica.
- Competencia para distinguir los datos proporcionados y determinar las magnitudes conocidas y desconocidas para usar en una fórmula o proceso de resolución de problemas.
- Comprensión de la información proporcionada.
- Habilidad para convertir unidades del sistema internacional en múltiplos y submúltiplos
- Reconocimiento del concepto de orden de magnitud en las observaciones.
- Análisis de datos obtenidos de una medida para determinar si está incluida en el rango de valores aceptados.

b) Destrezas cognitivas complejas o HC (*hard cognitive skills*)

- Capacidad para calcular la solución teórica asociada a una medida.
- Conocimiento del concepto de error como valor diferencial entre observaciones.
- Grado de interpretación de la información obtenida mediante las medidas, dando su propia opinión de los hechos.
- Conciencia para reconocer y distinguir un circuito serie y un circuito paralelo de resistores o un circuito sencillo dotado de diodos semiconductores.
- Competencia para aplicar la fórmula adecuada según el tipo de circuito.

- Habilidad para relacionar, clasificar información para obtener resultados que se convertirán en conclusiones.
- Habilidad para retener y replicar los pasos de un proceso abstracto de resolución de problemas.
- Capacidad para ordenar datos de acuerdo con criterios definidos
- Aplicación del pensamiento crítico para replicar patrones y modelos estudiados.
- Grado de creatividad para elaborar un esquema abstracto de medición.
- Grado de creatividad para resolver problemas a través de un proceso inverso.

c) Destrezas motoras simples o SM (*soft motor skills*)

- Capacidad para manipular dispositivos y ensamblarlos como parte de un circuito eléctrico, particularmente, de los aparatos de medida, a partir de un esquema eléctrico.
- Habilidad para interpretar un circuito formado por resistencias o por resistores y diodos semiconductores, distinguiendo esas conexiones en serie de aquellas conexiones en paralelo.
- Capacidad para distinguir la conexión de un voltímetro y un amperímetro entre dos puntos de un circuito, para medir el voltaje y la intensidad, respectivamente.
- Grado de reconocimiento de la correcta conexión de un diodo semiconductor según el tipo de polarización de un circuito eléctrico.

d) Destrezas motoras complejas o HM (*hard motor skills*)

- Comprensión del diseño de una placa de pruebas o placa de prototipado, que se utilizará como elemento conectivo de un circuito
- Capacidad para reconocer diferentes formas de conectar el mismo circuito mediante el uso de una placa de prototipado mediante el pensamiento inductivo.
- Capacidad para aplicar el pensamiento inductivo al calcular un circuito o partes repetitivas del mismo que puedan reproducirse de forma similar.

- Capacidad de manejo de las escalas en los aparatos de medida para optimizar el valor de una medida.
- Habilidad en el manejo de un osciloscopio para medir señales alternas.

3.4. Interacción entre destrezas: parámetros de correlación

Para determinar la correlación de cada destreza con el resto, será muy útil el reconocimiento del grado de influencia, por lo que se han establecido los denominados parámetros de correlación, que se han definido en el diagrama de la figura 29:

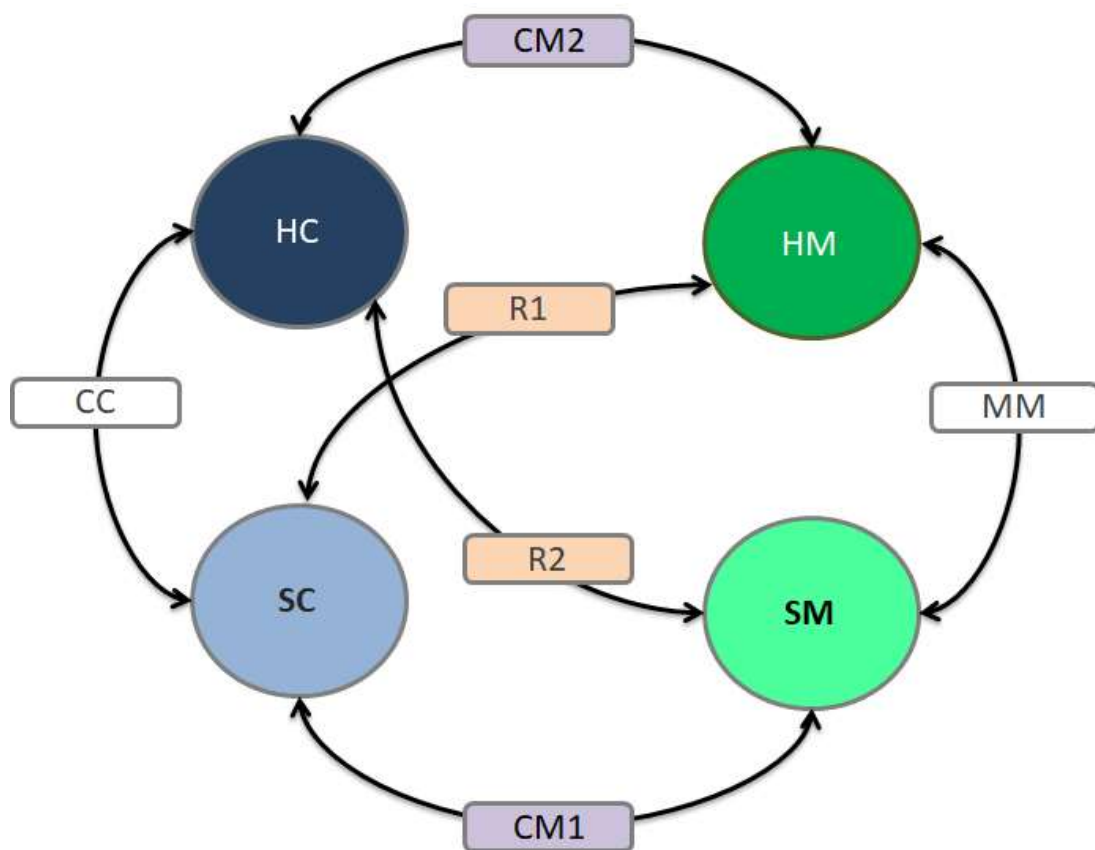


Figura 29. Mapa de correlaciones entre los parámetros del modelo cognitivo-motor

Estas relaciones entre destrezas darán lugar a un estudio de correlaciones múltiples, de forma que se evaluarán sus influencia emparejando dos destrezas mediante el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson. En la tabla 3, se ha representado la denominación de cada uno de los parámetros de correlación entre destrezas en función de las destrezas que relaciona de acuerdo con las denominaciones empleadas en la [figura 23](#).

Tabla 3. Nombre de los parámetros correlacionados entre destrezas

Nombres asignados a los coeficientes de correlación entre destrezas				
	SC	SM	HM	HC
SC	-	CM1	R1	CC
SM	-	-	MM	R2
HM	-	-	-	CM2

Del resultado de la aplicación del estudio de correlación entre parámetros y como consecuencia, del valor obtenido en dicho cálculo, se han expuesto las interpretaciones de dicho valor en función del rango numérico. De esta forma, se puede dar lugar a sendas relaciones positiva o negativa. Aplicando el valor absoluto al parámetro en cuestión, que de forma genérica denominaremos r , se han establecido los siguientes rangos, que serán utilizados en todas las experiencias didácticas de este estudio de investigación, con el fin de ecualizar la interpretación de los resultados. Así, basandonos en las recomendaciones proporcionadas por Cohen (1988):

- Para un valor $0.0 = < |r| < 0.3$, la correlación paramétrica resulta débil o sin influencia significativa.
- Para un valor $0.3 = < |r| < 0.5$, la correlación paramétrica es moderada o con influencia algo significativa.
- Para un valor $0.5 = < |r| < 0.9$, la correlación paramétrica es fuerte y, por tanto, de influencia significativa.
- Para un valor $0.9 < |r| < 1$, la correlación paramétrica resulta muy fuerte y de influencia totalmente significativa.
- Para el caso poco probable que el valor de $|r|$ fuera la unidad, la correlación paramétrica resulta perfecta y, por tanto, se establece una dependencia absoluta entre ambos parámetros relacionados.

En los primeros estadios de cada experiencia didáctica es importante poder observar en qué medida los conocimientos básicos propios del desarrollo de la habilidad SC se aplican para el desarrollo de la habilidad SM. De existir correlación fuerte entre ambos, se puede concluir que gran parte de los conocimientos han servido para ejecutar apropiadamente tareas manipulativas de bajo desempeño. Para ilustrar esta

correlación con un ejemplo, si un alumno es capaz de elaborar el esquema simbólico de circuito eléctrico sencillo sobre el papel, se podrá observar la aportación en el desarrollo de esta destreza en el montaje del circuito.

Por otro lado, si un alumno, una vez realizado el montaje del circuito, es conminado a realizar una medición del voltaje o de la intensidad, esta acción requerirá la puesta en práctica de nuevas habilidades motoras de desmontaje parcial y montaje de la instrumentación, por lo que a partir de esta acción se podrá observar la aportación de la destreza motora simple (SM) en el desarrollo de la destreza motora compleja (HM). Esta correlación también se puede observar cuando el alumno ha de modificar las escalas de medida de una señal senoidal en un osciloscopio para aportar mayor precisión a la medida.

El cambio de escenario a partir de uno dado, que se puede dar en el caso de una ampliación de un circuito, la aportación de una nueva funcionalidad al mismo, etc., se entiende como un cambio de dominio, del motor al cognitivo, al requerir cierta dosis de creatividad. Este tipo de acciones permiten la medida de la correlación entre el dominio motor complejo (HM) y el dominio cognitivo complejo (HC).

Por último, tal y como se ha definido anteriormente, el modelo cognitivo-motor se configura como un ciclo. La finalidad de cada ciclo es la asimilación de cierto conocimiento o desarrollo de cierta destreza. Una vez asimilado, dicho conocimiento pasa a formar parte del conocimiento previo en el esquema mental del estudiante. Esta reconfiguración de los conocimientos puede medirse mediante la correlación entre las destrezas HC y SC.

Aparte de las correlaciones entre las destrezas incorporadas en el ciclo, existirían otros dos emparejamientos de cierto interés y que hemos definido como correlaciones residuales R1 y R2, que pretenden sacar a la luz la relación mutua entre parámetros que de forma natural, no aparentan poseer relación.

En el caso de la primera correlación residual, R1, se quiere medir que influencia existe entre el desarrollo de la destrezas cognitiva simple (SC) y motora compleja (HM). La segunda de estas correlaciones residuales, R2, miden la influencia mutua entre las habilidades motoras simples (SM) y la destreza cognitiva compleja (HC). Entendemos que este tipo de correlaciones, en caso de ser fuertes o moderadas suponen un tipo de atajo en la estrategia de aprendizaje.

Como consecuencia, y basándonos en el esquema de la [figura 29](#), se pueden crear mapeados del tipo de estrategia de aprendizaje que lleva a cabo un grupo de estudiantes de características homogéneas.

Es de especial interés observar y comparar los grupo de alumnos de alto desempeño para observar que diferencias existen en la estrategia que siguen respecto a los alumnos con menor desempeño o la comparativa entre estrategias llevadas a cabo a la hora de afrontar las experiencias didacticas entre grupos de estudiantes de diferente género.

3.5. Sobre el diseño de las experiencias

La presente sección presenta las diferentes actividades de enseñanza y aprendizaje que se han llevado a cabo a lo largo del periodo que ha supuesto la presente investigación.

Las actividades se han acotado en los niveles de 1º, 2º y 3º de ESO, durante los cuatro cursos académicos consecutivos entre el curso 2016-2017 y 2019-2020 y se han establecido, de forma secuencial, a lo largo del periodo cuatro experiencias didácticas que han servido para adecuar niveles de contenidos, adaptar las prácticas con el empleo del laboratorio VISIR y crear una colección de cursos específicos para cada curso de primer ciclo de Educación Secundaria Obligatoria.

Si bien en este capítulo se van a tratar con profundidad las acciones llevadas a cabo en las cuatro experiencias didácticas, a modo de resumen y con el fin de mostrar el plan

de acciones llevadas a cabo, se van a mostrar un esquema de estas en el contexto del trabajo de investigación. De esta forma, esta información previa se expone en la siguiente tabla 4:

Tabla 4. Distribución de alumnos participantes en la investigación.

Experiencia	Nivel de ESO			Observaciones de la experiencia
	1º	2º	3º	
Primera	111	31	-	Taxonomía de Bloom- Anderson aplicada. Necesario rediseño taxonómico. Adecuado nivel de contenidos para 2º de ESO, pero necesario rediseño para 1º de ESO. Solo resultados de habilidades cognitivas
Segunda	85	30	-	Taxonomía CMM aplicada. Ajuste correcto de diseño metodológico. Puesta en servicio del curso para 2º de ESO
Tercera	-	-	103	Taxonomía CMM aplicada. Adecuación correcta de contenidos. Puesta en servicio del curso para 3º de ESO.
Cuarta	89	-	-	Taxonomía CMM aplicada. Adecuación correcta de contenidos. Puesta en servicio del curso para 1º de ESO.

La sucesión de experiencias didácticas tiene como elemento común el uso del laboratorio remoto VISIR y tal y como se puede observar en siguientes apartados, no se trata de la misma experiencia, sino que es el fruto de la evolución en las metodologías educativas aplicadas al mismo propósito: la mejora en las habilidades cognitivas y destrezas motoras de los alumnos de primer ciclo de Educación Secundaria Obligatoria (cursos 1º, 2º y 3º) relacionadas con los contenidos curriculares de Electricidad y Electrónica.

Además del diseño de cada experiencia desde el punto de vista didáctico, los contenidos se han limitado a los descritos en el Currículo Educativo, en primera instancia definido por el Ministerio de Educación del Gobierno de España y de forma desarrollada, a los contenidos curriculares, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje desarrollados por la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid. Para completar el diseño curricular se han tenido en cuenta el tratamiento de las competencias básicas aplicables desde el Marco de Referencia Común de aplicación de desarrollo de competencias.

3.6. El tratamiento de las competencias básicas

El marco legislativo aplicable al diseño de actividades y programas educativos cuenta con el reconocimiento de la educación en competencias. Las competencias clave, indicadas en anteriores capítulos, son la base del diseño de las actuaciones educativas que se presentan en esta investigación y de forma específica, el desarrollo de la competencia matemática y de la competencia en Ciencias y Tecnología. (Cañas, 2007)

La importancia de las matemáticas, las ciencias y la tecnología es definitiva en una sociedad que pretende aspirar al pleno desarrollo, al bienestar social y la sostenibilidad. Esto no es posible sin la imposición personal de los miembros de la Sociedad de un alto grado de capacidad crítica. Trabajar para el desarrollo de la competencia matemática de nuestros estudiantes implica “la capacidad de aplicar el razonamiento matemático y sus herramientas para describir, interpretar y predecir distintos fenómenos en su contexto” (MEFP, 2020).

El respeto a la veracidad de los datos y el rigor con el que se deben de tratar estos, son actitudes que han de transmitirse a los estudiantes en el desarrollo de su formación. Además de forma complementaria al mundo abstracto de las matemáticas, son de enorme importancia la adquisición de competencia en ciencias y Tecnología, ya que estas proveen una cercanía al mundo físico y a la interacción responsable con el mismo, bien por el reconocimiento del patrimonio natural o su conservación, bien porque de su conocimiento se derivan actitudes de “racionalidad científica, de contrastación de ideas y de aplicación de los descubrimientos al bienestar social” (MEFP, 2020).

Para afianzar estos valores, se han establecido por parte de los gobiernos de la Unión Europea, a través del marco común de aplicación de desarrollo de competencias, la definición de sus dimensiones e indicadores para su aplicación en todo tipo de propuestas didácticas. Con el fin de determinar las actividades y tareas que se han incluido en la presente investigación se han seleccionado los siguientes elementos competenciales extraídos del marco legislativo (MEFP, 2020):

Dimensión: Comprensión del conocimiento científico

1. Relacionar los conceptos básicos de las ciencias con los sistemas y procesos del mundo natural, articulándolos en leyes, modelos y teorías donde toman su sentido.

Indicadores:

- a) Relaciona conceptos científicos con los comportamientos y propiedades de los sistemas materiales.
- b) Apoya con ejemplos específicos el conocimiento de conceptos generales.
- c) Identifica y describe similitudes y diferencias entre conceptos.
- d) Utiliza diagramas, esquemas, modelos, adecuados a cada situación.
- e) Identifica información relevante basada en conceptos o principios de la ciencia.
- f) Clasifica y ordena la diversidad de la materia y sus cambios a partir de sus características y propiedades.

2. Reconocer y describir los datos, hechos, herramientas procedimientos relevantes de las ciencias aplicándolos en las explicaciones científicas y en la resolución de problemas.

Indicadores:

- a) Identifica hechos, datos y procedimientos científicos.
- b) Recuerda y describe los datos y hechos más significativos.
- c) Reconoce y utiliza términos científicos, símbolos, unidades de magnitudes, escalas.
- d) Describe procedimientos relevantes en ciencias.

3. Diferenciar el conocimiento científico de otras formas de pensamiento humano, reconociendo como característica del mismo el hacer predicciones que han de poder ser sometidas a verificación empírica.

Indicadores:

- a) Distingue lo que es una mera opinión de la evidencia basada en pruebas concretas.
- b) Reconoce las limitaciones de la ciencia a la hora de dar solución a todos los problemas humanos.

Dimensión: Explicación de la realidad natural

4. Explicar los fenómenos naturales referidos a las propiedades de la materia y sus cambios, utilizando adecuadamente los conceptos científicos.

Indicadores:

- a) Explica procesos, identificando en ellos las relaciones de causa-efecto.
- b) Predice el comportamiento de un sistema a partir de un modelo de este.
- c) Obtiene conclusiones de forma razonada a partir de un modelo o teoría.

5. Interpretar textos orales y escritos donde haya gráficas, tablas, diagramas y otros símbolos de notación identificando las relaciones que muestren.

Indicadores:

- a) Lee tablas, diagramas y gráficos y relaciona su contenido en la resolución de un problema.
- b) Extrapola datos de gráficos, tablas y otra información dada.
- c) Encuentra y describe lugares en mapas o planos.
- d) Interpreta mapas, planos o croquis a escala.



Figura 30. Cartel de competencia MCT. Fuente: Ministerio de Educación del gobierno de España (2020)

6. Elaborar mensajes y textos informativos, explicativos y argumentativos describiendo objetos y fenómenos observados, aplicando los conocimientos científicos a la interpretación de hechos o justificando una determinada hipótesis, modelo o teoría.

Indicadores:

- a) Describe objetos y fenómenos observados a partir de las características o variables más significativas que forman parte del modelo teórico utilizado.

- b) Utiliza adecuadamente los conceptos básicos de las ciencias en sus mensajes, identificando los atributos y características esenciales que los determinan.
- c) Justifica fenómenos y acontecimientos, vinculándolos con la teoría de la manera más clara y convincente posible.
- d) Argumenta ante una situación o problema apoyando sus opiniones y juicios en explicaciones razonadas.
- e) Utiliza y/o elabora tablas, cartas, gráficas o esquemas para presentar los datos o características.
- f) Anota instrucciones claras y detalladas para llevar a cabo experiencias, hacer funcionar algo o seguir un procedimiento.

7. Localizar y seleccionar información relevante sobre temas de interés social relacionados con la ciencia, la tecnología o la salud en diferentes fuentes, valorándola críticamente.

Indicadores:

- a) Encuentra información relevante usando diversas fuentes tanto impresas como en Internet y otros soportes digitales.
- b) Muestra precisión y exactitud en la recogida de información, evitando sesgos en la misma.
- c) Identifica sus fuentes de información.
- d) Combina y compara información de diversas fuentes, contrastándolas para llegar a conclusiones.
- e) Cuestiona las informaciones basadas en pocos datos o las argumentaciones carentes de pruebas.
- f) Tiene en cuenta que puede haber más de una manera racional de interpretar un problema de base científica o tecnológica.
- g) Diferencia la información objetiva y los datos empíricos de las opiniones y descubre las conclusiones que no son consecuencia lógica de la evidencia presentada.

Dimensión: Reconocimiento de los rasgos claves de la investigación científica

8. Conocer, valorar y mostrar conductas relacionadas con la actividad científica que orientan el trabajo de la comunidad científica.

Indicadores:

- a) Tiene una actitud reflexiva ante los fenómenos científicos y los productos tecnológicos.
- b) Actúa con orden, rigor y cuidado en su trabajo.
- c) Coopera en las actividades científicas que desarrolla con las demás compañeras y compañeros.

9. Resolver problemas tanto cualitativos como cuantitativos, utilizando las habilidades propias del razonamiento científico.

Indicadores:

- a) Entiende el enunciado del problema, determinando las relaciones y conceptos relevantes incluidos en el mismo.
- b) Identifica las variables del problema y sus interrelaciones.
- c) Emite hipótesis adecuadas a la solución del problema.
- d) Diseña y realiza de modo autónomo una estrategia de resolución del problema.
- e) Estima la validez de la solución encontrada.
- f) Aplica las soluciones encontradas a nuevos problemas.

10. Realizar pequeñas investigaciones de documentación y experimentales, utilizando tanto las habilidades cognitivas superiores como las manuales y respetando las normas de seguridad adecuadas a cada situación.

Indicadores:

- a) Identifica y formula las preguntas adecuadas al tema de investigación.
- b) Busca, recopila y selecciona información precisa obtenida de la observación y/o del análisis de la información científica.
- c) Identifica las hipótesis que impulsan una investigación.
- d) Utiliza técnicas básicas de laboratorio o de campo.
- e) Respeto las normas de seguridad en el laboratorio.
- f) Saca conclusiones apropiadas dirigidas a las hipótesis emitidas.

Dimensión: Utilización de los conocimientos científicos en la toma de decisiones

11. Analizar los desarrollos y aplicaciones tecnológicas más relevantes de nuestra sociedad, valorando críticamente las aportaciones de la ciencia y la tecnología al desarrollo humano y al desarrollo sostenible.

Indicadores:

- a) Describe el funcionamiento y la utilidad de algunas aplicaciones tecnológicas.
- b) Analiza aplicaciones relevantes de la ciencia, relacionándolas con los conocimientos científicos que las hacen posibles.
- c) Distingue lo que son ventajas de las aplicaciones científicas para el bienestar humano de sus inconvenientes para la salud o el medio.
- d) Reconoce la evolución de la maquinaria y valora la mejora que ha supuesto en las condiciones de trabajo.

3.7. Marco legislativo de aplicación en la investigación

En el diseño de las experiencias didácticas que componen este estudio de investigación se han tenido en cuenta una distinción entre aquellas actividades propuestas enfocadas hacia el desarrollo de destrezas cognitivas, de corte más teórico basadas en el proceso de resolución de problemas y aquellas de corte práctico enfocadas al montaje de circuitos y medida de magnitudes eléctricas.

No obstante, los estudiantes no han sido conscientes de la taxonomía aplicada mediante el modelo cognitivo-motor, participando en el estudio de forma natural siguiendo las programaciones de la asignatura Tecnología, Programación y Robótica, según el plan de estudios oficial descrito en el Decreto 48/2015, de 14 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria, articulado a partir del Real Decreto

1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

Esto indica que los alumnos y alumnas participantes en esta investigación han seguido con normalidad sus clases durante periodos lectivos y han utilizado los recursos docentes, materiales y técnicos de igual forma, asumiendo las tareas que se les han encomendado como una sucesión de actividades propuestas como un proceso continuo.

Para establecer el marco legal en el que se han establecido los límites de la experiencia, se ha utilizado como referencia los elementos curriculares establecidos en el citado Decreto 48/2015. De forma específica, los contenidos curriculares han sido establecidos a partir de lo indicado para los bloques de contenidos siguientes:

- Bloque de “Proceso de resolución de problemas tecnológicos” en el que se enfoca hacia la adquisición y desarrollo de habilidades y métodos con la finalidad de afrontar un problema técnico, desde su identificación hasta su solución constructiva.
- Bloque de “Expresión y comunicación técnica”, mediante el cual el alumnado aprende y desarrolla técnicas básicas de dibujo, interpretación de simbología, reconocimiento de normas y estándares y manejo de programas de diseño gráfico con la finalidad de ser capaces de producir documentos técnicos e interpretar la información que en dichos documentos se incluye.
- Bloques de “Materiales de uso técnico”, mediante el cual el alumnado adquirirá el conocimiento necesario para reconocer los diferentes materiales a partir de sus características morfológicas, técnicas y funcionales, de sus propiedades físicas y de las aplicaciones más habituales. Este bloque también favorecerá el aprendizaje en la manipulación de las herramientas y máquinas necesarias para el trabajo con los diferentes materiales, prestando especial atención a las cuestiones relacionadas con la seguridad e higiene en el trabajo.
- Bloque de “Tecnologías de la información y la comunicación”, mediante el cual el alumnado conocerá los equipos que manejan datos e información, el medio de comunicación que supone y el desarrollo del pensamiento computacional a la hora de desarrollar algoritmos que resuelvan problemas técnicos.
- Bloque de “Estructuras y mecanismos: Máquinas y sistemas”, mediante el cual, el alumnado se formará en el conocimiento de las fuerzas y solicitaciones que soporta una estructura, el funcionamiento básico de los operadores mecánicos basados en la transmisión y transformación de movimiento, al que se le suma, como conocimiento esencial para el funcionamiento de las máquinas, el fenómeno eléctrico y sus magnitudes y como aplicación directa el concepto de circuito eléctrico. (CPCAM - Decreto 48/2015, p. 530)

Se puede observar como en la sucesión de bloques, los contenidos curriculares van añadiendo nuevos conocimientos a los estudiantes, de forma que se puede considerar

que, tal y como se han listado, los fenómenos eléctricos se pueden considerar como la consecuencia natural de la relación y acumulación del resto de saberes adquiridos en la etapa. Estos bloques de contenidos se tratarán de forma secuencial y creciente a lo largo de todos los cursos de la etapa, por lo que la investigación que se ha llevado a cabo ha contado con experiencias didácticas en todos los cursos.

3.8. Descripción de las experiencias

Tal y como se ha definido en los anteriores apartados 3.1 y 3.5, se presentan cuatro experiencias didácticas descritas a continuación. Todas estas experiencias han tenido como base para el acceso a los diferentes cursos presentados en la plataforma PILAR <https://pilar.ieec.uned.es/moodle/>

3.8.1. Experiencia Primera: la experiencia piloto

La primera experiencia didáctica, llevada a cabo en el curso 2016-2017, se basó en la puesta en práctica de un curso para el aprendizaje de la Electricidad, dirigido a alumnos de los primeros cursos de Educación Secundaria Obligatoria. Para esta experiencia, que puede considerarse piloto, se establecieron dos objetivos:

1. Analizar la viabilidad de aplicación de un laboratorio remoto como VISIR y estudiar los resultados de aprendizaje de forma comparativa con el empleo de medios propios de un laboratorio presencial.
2. Estudiar el grado de asimilación en los estudiantes, de los contenidos teóricos en el ámbito de la Electricidad, las magnitudes y los circuitos eléctricos y su impacto en su desarrollo cognitivo.
3. Estudio de una comparativa entre los resultados de aprendizaje entre los estudiantes que utilizaron un laboratorio presencial y aquellos que emplearon el laboratorio remoto VISIR.

En esta experiencia piloto, solo se estudiaron las destrezas cognitivas y dio pie para la creación posterior del modelo cognitivo-motor de aplicación en el resto de las experiencias de esta investigación, dado que se observó la necesidad de incorporar

elementos mediante los que se pudieran medir los avances en el desarrollo motor de los estudiantes.

La experiencia de aprendizaje se ha diseñado siguiendo tres etapas: i) el reconocimiento de las necesidades de los alumnos desde su perspectiva personal mediante un cuestionario inicial (pretest) mediante el que se les preguntó sobre sus conocimientos en electricidad y sus expectativas sobre el laboratorio que usarían, ii) la ejecución de las actividades propias del curso diseñado con el empleo de los laboratorios presencial y remoto VISIR y iii) la realización de un cuestionario final para conocer la percepción subjetiva de la experiencia (postest).

Después de evaluar las respuestas del cuestionario inicial, los alumnos mostraron unos conocimientos muy limitados de electricidad, con algún conocimiento de aparatos electrodomésticos y cierta capacidad de interpretación de circuitos eléctricos sencillos. Sin embargo, en su mayoría eran incapaces de reconocer las magnitudes eléctricas, confundiendo en muchas ocasiones los términos de voltaje, corriente y potencia eléctrica, y las unidades que se emplean en estas magnitudes.

De la comparativa entre los resultados de ambos, pretest y postest, se observaron resultados muy interesantes relativos a la evolución positiva en la percepción subjetiva de los alumnos y alumnas sobre su propio aprendizaje. Incluso, dicha percepción fue ligeramente diferente de los resultados objetivos. No obstante, en líneas generales, ambos cuestionarios han resultado una herramienta muy útil para observar el avance en su conocimiento de las magnitudes eléctricas y la forma en que éstas se pueden medir. En el siguiente capítulo se analizan estos resultados con mayor profundidad. Una de las cuestiones que han motivado la realización de estas experiencias es comprobar la eficacia comparable entre el empleo de un laboratorio remoto y los medios propios de un laboratorio presencial, no por establecer una competencia, sino como medios complementarios para añadir elementos de calidad educativa:

A remote laboratory can be defined as an educational resource, in which the user and the experimental apparatus are physically apart. For the experiment execution there is

a need of a communication mean (e.g., Internet) between user and remote equipment and usually also requires a particular user interface - the user has the possibility to configure, control and/or monitor the physical parameters of a real experiment. Most of its advantages have already been enumerated but it's worthwhile to remember it also enables education and research collaboration between individuals and institutions all around the world. Del inglés: Un laboratorio remoto puede definirse como un recurso educativo, en el que el usuario y el aparato experimental están físicamente separados. Para la ejecución del experimento existe la necesidad de un medio de comunicación (por ejemplo, Internet) entre el usuario y el equipo remoto y generalmente también requiere una interfaz de usuario particular: el usuario tiene la posibilidad de configurar, controlar y / o monitorear los parámetros físicos de un equipo real. experimentar. La mayoría de sus ventajas ya se han enumerado, pero vale la pena recordar que también permite la colaboración en la educación y la investigación entre personas e instituciones de todo el mundo. (Lima, Viegas, Alves y García-Peñalvo, 2016, p2).

En la fase de realización del curso, se establecieron dos grupos de alumnos, aquellos que utilizaron materiales y recursos propios de un laboratorio presencial y que se identificó como grupo de control, y un segundo grupo de alumnos que utilizó el laboratorio remoto VISIR, que se identificó como grupo experimental. Todos utilizaron los mismos materiales didácticos y tuvieron el mismo grado de atención por parte del profesorado, de forma que se pudieran medir de forma comparativa las diferencias en sus resultados de aprendizaje.

Respecto a los contenidos del propio curso, los materiales didácticos empleados en la experiencia se alojaron en un curso abierto masivo online (MOOC). Este curso, se realizó siguiendo un diseño metodológico basado en la taxonomía de Bloom-Anderson y en posteriores experiencias fue modificado para que incluyera elementos didácticos con los que se pudieran medir no solamente las habilidades cognitivas sino también las destrezas motoras. Así, este primer curso se constituyó con unos videos explicativos y tres documentos que los alumnos tuvieron que rellenar y que se conformaron según los siguientes tres niveles:

- Nivel 1: Fundamentos de la electricidad, las magnitudes eléctricas y la medida de resistencia eléctrica. En este nivel, los alumnos y alumnas han recibido un

cuaderno de trabajo en el que los primeros apartados trabajan los fundamentos de la electricidad, su naturaleza y las magnitudes eléctricas, siguiendo un patrón en el que tratan de memorizar, y posteriormente entender, los conceptos básicos de las magnitudes de carga eléctrica, intensidad, voltaje y resistencia eléctrica.

Posteriormente, realizan las primeras medidas en el laboratorio remoto VISIR para familiarizarse con el concepto de resistencia eléctrica, reconocer un resistor, identificar su valor óhmico y realizar una medida utilizando el óhmetro de VISIR.

Las actividades incluidas en esta primera parte del nivel 1 tratan de desarrollar las habilidades cognitivas de orden inferior. Para trabajar las habilidades cognitivas de orden superior, se pretende que los alumnos analicen los valores obtenidos en una medida con el fin de validarla. Para ello, se introduce el concepto de error en la medida, lo cual implica que entiendan la diferencia entre el concepto de error absoluto y error relativo.

- Nivel 2: La ley de Ohm, la asociación de resistores en serie y paralelo y el concepto de resistencia equivalente derivada de un montaje de estos tipos. El alumnado es instruido en el uso de la relación entre las magnitudes de intensidad eléctrica, voltaje y resistencia eléctrica y se le presentan las asociaciones serie y paralelo, utilizando un esquema conceptual como el propuesto en la figura 31.

En primera instancia, observan un ejemplo de resolución con el fin de obtener todos los parámetros eléctricos de un circuito de cada asociación. En este caso, también se introduce el concepto de resistencia equivalente de un circuito.

Con el fin de trabajar las habilidades cognitivas de orden superior, el alumnado se enfrenta a la resolución de un circuito de cada tipo y la posterior medida de cada parámetro eléctrico mediante el montaje y medida con el laboratorio

remoto VISIR. Finalmente, analizan la validez de las medidas eléctricas del voltaje e intensidad en cada resistor mediante el cálculo del error en la medida.

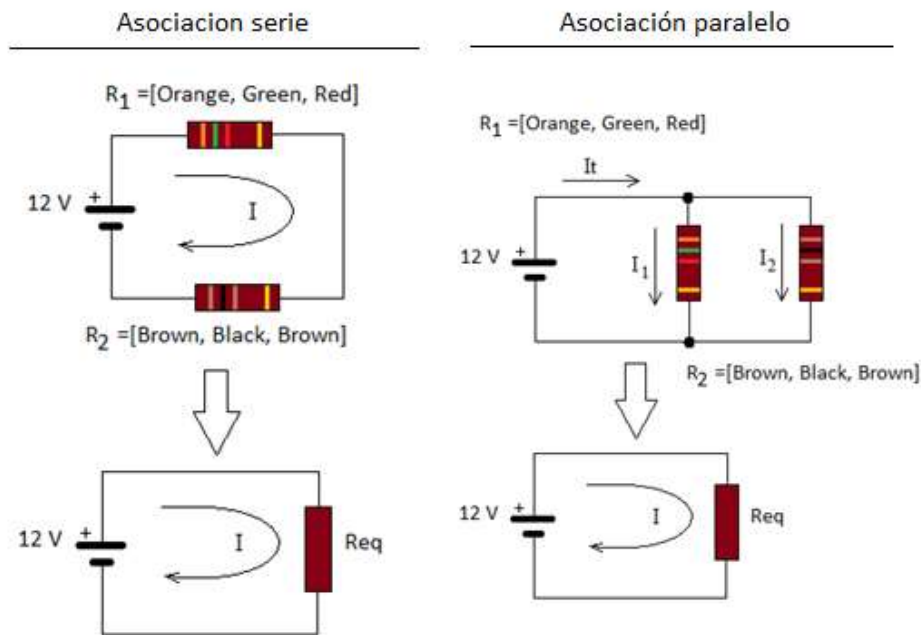


Figura 31. Circuitos serie y paralelo para cálculo y montaje en la experiencia primera (nivel 2)

- **Nivel 3:** Los circuitos mixtos y la medida de voltaje y corriente en un circuito eléctrico. Siguiendo el mismo proceso que en el nivel 2, en este caso, y dada la diversidad de circuitos posibles, se expone y resuelve un ejemplo de circuito mixto. Se presenta una estrategia de resolución consistente en la sucesiva simplificación del circuito propuesto hasta llegar al modelo más simple de fuente de alimentación y resistencia equivalente, para luego, descubrir los parámetros eléctricos en los diferentes resistores componentes del circuito mixto.

Se propone una tabla en la que se muestran todos los elementos del circuito en filas y los parámetros eléctricos en columnas, que los alumnos y alumnas tendrán que completar, aplicando de forma sucesiva la ley de ohm y las características de asociación de cada tipo de circuito, serie y paralelo, en los circuitos equivalentes que vayan sucediendo.

Posteriormente, los alumnos montan el circuito propuesto en el laboratorio remoto VISIR y realizan las diferentes medidas de resistencia equivalente,

intensidad y voltaje en cada elemento del circuito. Finalmente, realizan una comparación entre los valores calculados y los valores medidos para determinar la validez de las medidas.

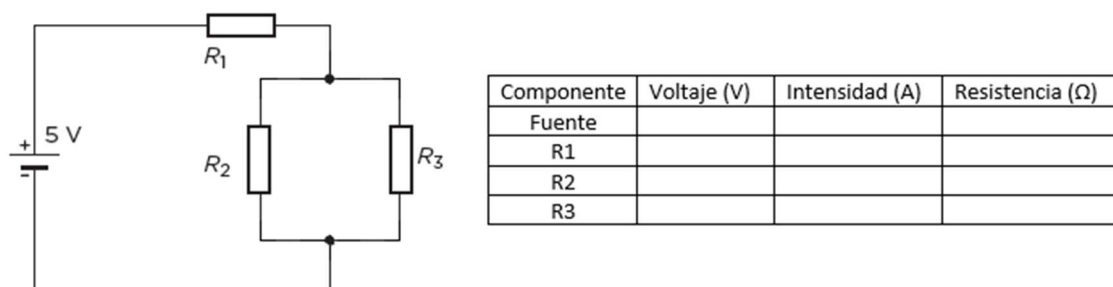


Figura 32. Circuito mixto propuesto para el cálculo y montaje del nivel 3 en la experiencia primera.

Para el diseño de las actividades del curso, se ha representado el plan de actividades en la siguiente tabla 5, en el que se describen el nivel de prácticas, el apartado correspondiente en el cuaderno del alumno, la descripción de la tarea y si esta es de carácter teórico o práctico y finalmente, a qué tipo de destreza cognitiva corresponde cada actividad: LOTS (destreza de orden inferior) o HOTS (destreza de orden superior) siguiendo el patrón de destrezas marcado en el taxonomía de Bloom-Anderson.

Tabla 5. Listado de actividades y su clasificación en el contexto del curso

Nivel de prácticas	Apartado del cuestionario	Descripción de la tarea a evaluar	¿Tarea práctica?	¿Tarea teórica?	Tipo de destreza de pensamiento evaluada
LEVEL 1	1-1	Ejercicios de calentamiento de la página 3		X	LOTS
	1-2	Tablas de recogida de datos página 7 (Practice 1)	X		LOTS
	1-3	Resolución del ejercicio página 8 - ANALYZE		X	HOTS
	1-4	Tablas de recogida de datos página 9 (Practice 2)	X		HOTS
	1-5	Respuesta apartado EVALUATE		X	HOTS
	1-6	Respuesta apartado CREATE		X	HOTS
LEVEL 2	2-1	Recogida de datos página 5 (Practice 3 & Practice 4)	X		LOTS
	2-2	Cálculo de circuito serie (pág. 6)		X	HOTS
	2-3	Cálculo de circuito paralelo (pág. 6)		X	HOTS
	2-4	Cálculo de errores (pág. 6) - EVALUATE		X	HOTS
	2-5	Respuesta apartado CREATE		X	HOTS
LEVEL 3	3-1	Cálculo del circuito mixto guiado		X	LOTS
	3-2	Recogida de datos página 6 (Practice 5 & Practice 6)	X		LOTS
	3-3	Cálculo de circuito mixto (pág. 7)		X	HOTS
	3-4	Cálculo de errores (pág. 6) - EVALUATE		X	HOTS
	3-5	Respuesta apartado CREATE		X	HOTS

Con el fin de facilitar la comprensión de la documentación, el acceso al laboratorio y el empleo de la instrumentación, se incluyeron ocho videos grabados al efecto que se adjuntaron en el curso. La integración de los videos explicativos en el curso sirvió para ayudar a los alumnos y alumnas en el entendimiento de la dinámica de la experiencia.

Dado que la experiencia se ha llevado a cabo con alumnos y alumnas con actividad presencial en clase, se emplearon los primeros 4 videos para que pudieran visualizarlos en casa antes de empezar las actividades propias de la experiencia del nivel 1, utilizando para ello la metodología de la clase revertida (*flipped classroom*). Un fotograma del aspecto del curso se ha proporcionado en la figura 33.

Una de las ventajas de utilizar un MOOC y un laboratorio remoto ha sido precisamente la extensión del tiempo efectivo de práctica, pudiendo visualizar los videos, estudiar los documentos y acceder al laboratorio VISIR fuera de clase.

Dado que la experiencia ha sido aplicada a alumnos y alumnas de primer y segundo curso de Educación Secundaria Obligatoria, se ha observado una mayor dificultad en la adquisición y desarrollo de destrezas en los alumnos y alumnas de menor edad.

A la vista de estas premisas, los cursos que se diseñen tendrán en cuentas estas dos características:

1. Es necesaria la adecuación de la metodología a una que permita el desarrollo de ambos dominios cognitivo y motor en la adquisición de destrezas y habilidades y,
2. Se utilizará el laboratorio remoto VISIR, dado que hemos comprobado su eficacia como herramienta didáctica aplicable a las condiciones del alumnado de Secundaria.

Esto ha supuesto el rediseño del curso de esta primera experiencia para alumnos de 2º de ESO mediante la taxonomía CMM (Modelo cognitivo-motor) que ha sido motivo de evaluación y validación en la segunda experiencia y la creación de un curso específico en el que se emplea la taxonomía CMM y se adaptan niveles de contenidos para 1º de ESO que será objeto de evaluación y validación en la experiencia cuarta. En ambos cursos, diseñados específica y respectivamente para 1º de ESO (experiencia cuarta) y para 2º de ESO (experiencia segunda) se ha incorporado definitivamente el laboratorio remoto VISIR como único recurso para la realización de las prácticas de medidas y montaje de circuitos eléctricos.

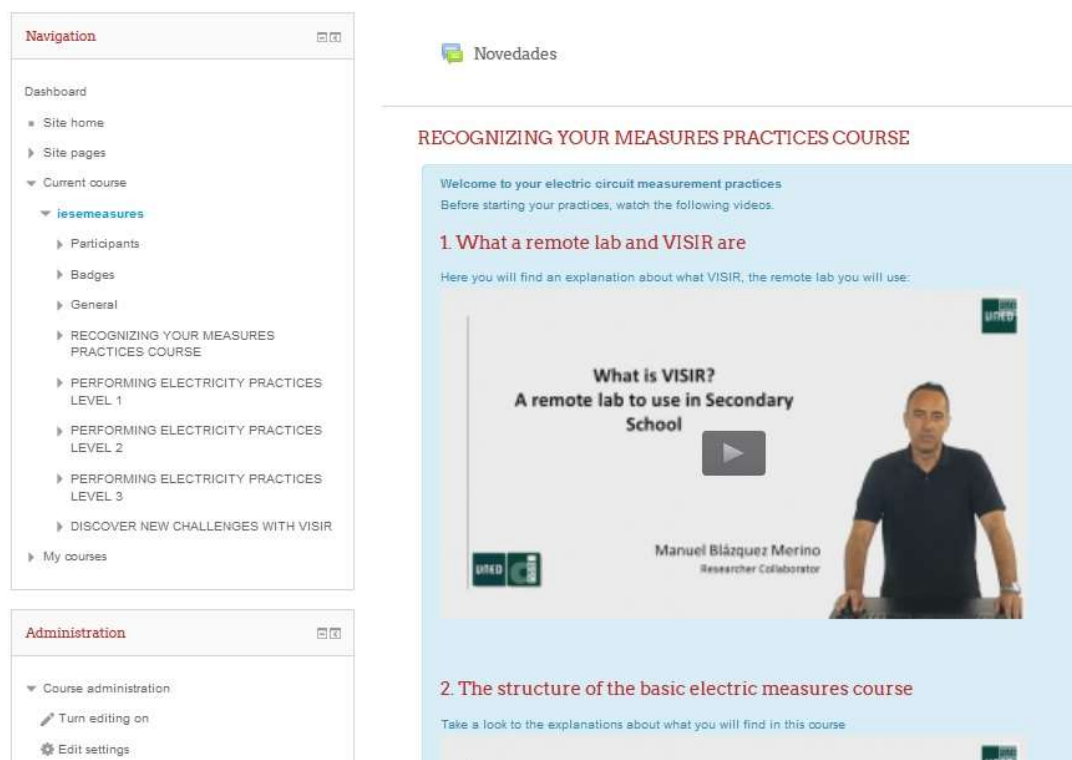


Figura 33. Fotograma de uno de los videos incluidos en el curso.

3.8.2. Segunda experiencia adaptada: rediseño según la taxonomía CMM

A la vista de los resultados positivos de la primera experiencia para los alumnos de 2º ESO se observaron los beneficios del empleo del laboratorio remoto VISIR como herramienta didáctica para el aprendizaje de electricidad. Entre ellos, se observó que los contenidos se adaptaban al nivel de los alumnos y alumnas y se siguió la estructura de trabajos prácticos adaptados al laboratorio remoto VISIR definidos en otros trabajos (Claesson y Håkansson, 2012; Dziabenko y Garcia-Zubia, 2013; Arias-Navarro y Arguedas-Matarrita, 2018). Se observó que los estudiantes podían utilizar el tiempo de clase de forma más efectiva ya que, entre otras características, se pudo emplear el tiempo de clase para recibir instrucciones concretas del profesor, para ser corregidos en sus errores y para consolidar sus destrezas en el uso del laboratorio remoto.

También la primera experiencia ha servido para reconocer los beneficios y ventajas de incluir el laboratorio remoto VISIR como instrumento didáctico en el propio departamento y en el profesorado. La más directa se ha relacionado con el ahorro de materiales y recursos. El profesorado encargado de monitorizar y evaluar la

experiencia no tiene que encargarse del mantenimiento de equipos ni instrumentación alguna ni dedicar recursos a su mantenimiento. Como punto negativo, existe una total dependencia de acceso a Internet y de que la institución donde el laboratorio se encuentre alojado, mantenga la conectividad del sistema. Es decir, el profesorado no tiene control sobre si el laboratorio está accesible o no.

Es también controvertido para la educación presencial el hecho de que los alumnos no puedan ver y manipular los instrumentos y materiales que emplean en el laboratorio más que de forma virtualizada, pero se complementa con una sesión de muestra de dispositivos en la que los estudiantes pueden observar dispositivos reales tales como resistencias eléctricas y todo tipo de dispositivos eléctricos, multímetros, etc.

No obstante, a pesar de los resultados positivos con el empleo del laboratorio remoto VISIR en la primera experiencia, se constató de que el modelo metodológico empleado, la taxonomía de Bloom-Anderson, no permitía detectar ni medir el progreso en la actividad motora de los alumnos, lo cual dio pie para rediseñar el curso con el objeto de incluir aspectos que contemplaran no solamente el progreso cognitivo en relación a la adquisición de conocimientos sino también aquellos que permitieran medir las mejoras en las destrezas motoras de carácter manipulativo propias de los trabajos de laboratorio. De esta forma, se diseñó el modelo cognitivo-motor (CMM) y se aplicó en el diseño del nuevo MOOC, “Electricidad Básica”, que actualmente está disponible, en ambos idiomas castellano e inglés (*Basic Electricity*), al igual que el resto de cursos desarrollados en todas las experiencias, en la plataforma de cursos del consorcio de PILAR (Platform Integration of Laboratories with the Architecture of VISIR) de la UNED.

En posteriores apartados se da cuenta de los resultados de aprendizaje obtenidos siguiendo el modelo CMM cuya interpretación resulta interesante de observar, ya que se ha podido realizar un mapeado de las estrategias de aprendizaje que utiliza el alumnado. Este mapeado permite observar su forma de pensar y como consecuencia, su forma de aprender. Es realmente interesante los resultados comparativos por género, ya que se ha constatado una diferencia significativa en las estrategias de

aprendizaje llevadas a cabo entre chicos y chicas. En cualquier caso, mediante el mapeado de actividades se ha podido determinar y, por tanto, discriminar el tipo de habilidades que el alumnado desarrolla, pudiendo, por consiguiente, medir su grado de adquisición en función del grado de desarrollo y finalización de la actividad.

Así, se ha estructurado el curso en tres niveles de complejidad creciente y se ha organizado para que el alumnado realice tres tipos de actividades que se enumeran a continuación en la siguiente clasificación:

- i. Actividades de lectura, mediante las que se instruye con textos, ejemplos y gráficas toda la información que los alumnos y alumnas han de recordar
- ii. Actividades de revisión de contenidos, mediante los cuales el alumnado responderá a preguntas relacionadas con la información que han aprendido y,
- iii. Actividades que requieren acciones directamente relacionadas con el empleo del laboratorio remoto VISIR, tales como el montaje de circuitos, la manipulación de dispositivos e instrumentación y la medida de magnitudes, de los cuales se muestra un ejemplo de práctica de medida de voltaje en un circuito mixto en la figura 34.

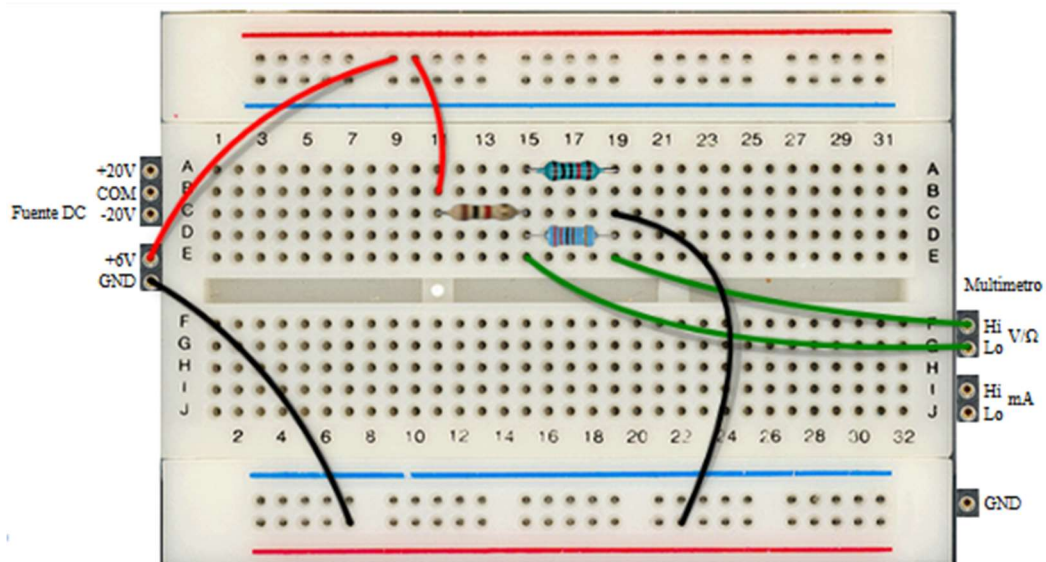


Figura 34. Captura de VISIR de la práctica de medida de voltaje en resistor de un circuito mixto.

Para poder evaluar cada una de las acciones, se han identificado la tipología de éstas según la taxonomía CMM. La estructura del curso se ha mantenido respecto a la experiencia piloto y se han realizado las adaptaciones necesarias un tratamiento según la taxonomía indicada.

En el siguiente capítulo de interpretación de los resultados de aprendizaje, se puede observar los resultados obtenidos con la adaptación indicada de las prácticas y estudio teórico de los contenidos de electricidad según la taxonomía desarrollada.

Con el fin de observar el curso en un solo vistazo, se ha representado en la figura 35, el plan completo de actividades incluidas en la experiencia en función de su tipología CMM, es decir, en función del tipo y complejidad de habilidad cognitiva o motora.

Se puede observar que se ha seguido una organización tal que el alumnado pueda adquirir de forma natural, en el primer nivel, los conocimientos básicos sobre los dispositivos eléctricos más sencillos y la instrumentación que permita realizar las medidas de las tres magnitudes eléctricas básicas, esto es, resistencia eléctrica, intensidad y voltaje.

Así, en el nivel 2 se abordarán los contenidos relacionados con la ley de Ohm y las asociaciones serie y paralelo de resistores, introduciendo posteriormente el concepto de circuito mixto en el nivel 3.

NIVEL 1		NIVEL 2		NIVEL 3	
Tipología CMM	Actividades	Tipología CMM	Actividades	Tipología CMM	Actividades
Etapa 1 - SC	1. Magnitudes eléctricas 2. Compruebo lo aprendido	Etapa 1 - SC	1. La ley de Ohm 2. Resistores en asociación serie 3. Resistores en asociación paralelo	Etapa 1 - SC	1. Revisión de circuitos serie y paralelo 2. Concepto de circuito mixto
Etapa 2 - SC	3. Revisión de las magnitudes eléctricas	Etapa 2 - SC	4. Ejemplos de resolución 5. Resistores en serie 6. Resistores en paralelo	Etapa 2 - SC	3. Revisión de ejemplo resultado de cálculo de parámetros eléctricos en circuito mixto 4. Cálculo guiado de ejemplo de circuito mixto
Etapa 3 - SC	4. Reconocimiento del multímetro	Etapa 3 - SM	7. Práctica 3. Medida de resistencia en asociación serie 8. Práctica 4. Medida de resistencia en asociación paralelo	Etapa 3 - HM	5. Práctica 5. Medida de voltaje eléctrico
Etapa 3 - SM	5. Práctica 1. Medida de resistencia eléctrica.				6. Práctica 6. Medida de intensidad eléctrica
Etapa 4 - HC	6. Cálculo de errores absoluto y relativo	Etapa 4 - SC	9. Cálculo de resistencia equivalente serie 10. Cálculo de resistencia equivalente paralelo	Etapa 4 - HC	7. Cálculo de valores eléctricos teóricos del circuito de práctica.
Etapa 4 - HM	7. Práctica 2. Medida múltiple de resistencia eléctrica				
Etapa 5 - HC	8. Evaluación cualitativa de los errores en las prácticas	Etapa 5 - HC	11. Comparativa y análisis de errores entre valores calculados y medidos	Etapa 5 - HC	8. Comparativa de valores medidos y calculados y análisis de errores
Etapa 6 - HC	9. Trabajo de investigación sobre el error en las medidas	Etapa 6 - HM	12. Conexión de circuitos serie y paralelo	Etapa 6 - HC	9. Diseño de conexiones de un circuito a partir de un esquema eléctrico.
		Etapa 6 - HC	13. Cálculo de problema inverso		

Leyenda

En verde, actividades de lectura y recepción de información que reciben los alumnos
En rosa, actividades que requieren respuestas teóricas de los alumnos
En azul, actividades que requieren acciones de montaje, manipulación y medida de los alumnos

Tipología de la taxonomía CMM

- SC - Destrezas cognitivas simples (Soft Cognitive Skills)
- Retención
 - Conclicencia
 - Conversion
- SM - Destrezas motoras simples (Soft Motor Skills)
- Clasificación
 - Reproducción
 - Manipulación
- HM - Destrezas motoras simples (Hard Motor Skills)
- Ensamble
 - Pensamiento reflexivo
 - Patrones
- HC - Destrezas cognitivas complejas (Hard Cognitive Skills)
- Pensamiento crítico
 - Transformación
 - Pensamiento creativo

Figura 35. Plan de actividades de la segunda experiencia.

3.8.3. Tercera experiencia: el laboratorio de electrónica

Esta experiencia puede considerarse de consolidación del modelo CMM y de ampliación de contenidos, ya que se creó un curso específico para la adquisición de habilidades cognitivas y destrezas motoras en el ámbito de la electrónica, los circuitos con diodos y las señales de corriente alterna para alumnos de 3º de ESO. Se ha partido del nivel curricular exigido, de las características del alumnado de esta edad y se ha aprovechado la historia experimentada en las anteriores dos experiencias didácticas. De esta forma, se han diseñado los cursos, “*Microelectronics: Diodes and signals*” y “Microelectrónica: diodos y señales”, con formato de MOOC, en ambos idiomas inglés e castellano, respectivamente, en la plataforma de cursos del consorcio de PILAR de la UNED.

En la figura 36 se ha representado el plan de actividades según la taxonomía CMM, en el cual se proponen tres niveles con dificultad creciente. Los principales objetivos de este curso se identifican en la siguiente lista:

Taxonomía del modelo de habilidades cognitivo-motoras	SC - Destrezas cognitivas simples (Soft Cognitive Skills)				SM - Destrezas motoras simples (Soft Motor Skills)				HM - Destrezas motoras simples (Hard Motor Skills)				HC - Destrezas cognitivas complejas (Hard Cognitive Skills)		
	Retención	Conciencia	Conversión		Clasificación	Reproducción	Manipulación	Ensamble	Pensamiento reflexivo	Patrones	Pensamiento crítico	Transformación	Pensamiento creativo		
	Sección 1 - Introducción al diodo rectificador														
1.1. Aproximación cualitativa a los diodos rectificadores	Actividad 1.1														
1.2. La física de los diodos rectificadores	Texto 1.1 + Texto 1.2														
1.3. Las magnitudes eléctricas en los diodos rectificadores	Act. 1.2.														
LEVEL 1															
Sección 2 - Prácticas con diodos															
2.1. Práctica 1. Medida del comportamiento del diodo	Actividades 2.1 y 2.2		Actividad 2.4			Práctica 1									
2.2. Práctica 2. El punto de trabajo del diodo									Práctica 2				Actividad 2.3		
Sección 3 - Creación de la curva característica de un diodo															
3.1. Cálculo de un circuito con resistores y un diodo rectificador															
3.2. Práctica 3 - Medida de corriente eléctrica y voltaje para establecer la característica del diodo															
3.3. Práctica 4 - Comparación de los valores teóricos y medidos															
4.1. La naturaleza de las ondas	Texto 4.1														
4.2. Cómo crear ondas y medidas con el osciloscopio en VISIR	Actividad 4.1 y 4.2														
4.3. Práctica 5 - Generando y midiendo una onda senoidal															
LEVEL 2															
Sección 4 - Las señales alternas															
LEVEL 3															
Sección 5 - El diodo trabajando en un entorno dinámico															
5.1. Comportamiento de los diodos rectificadores con ondas eléctricas; el rectificador de media onda	Texto 5.1		Ejemplos 1 y 2												
5.2. Práctica 6 - Medidas en un rectificador de media onda						Práctica 6									Actividad 5.1
5.3. Comportamiento de los diodos rectificadores con ondas eléctricas; el rectificador de onda completa	Texto 5.3														Actividad 5.2
5.4. Práctica 7 - Medidas en un rectificador de onda completa															
5.5. El puente rectificador integrado	Texto 5.5														
5.6. Práctica 8 - El puente rectificador integrado															
Sección 6 - Mejora del efecto rectificador de las señales alternas mediante condensadores															
6.1. El efecto de los condensadores en los voltajes	Texto 6.1		Texto 6.2												
6.2. Práctica 9. Medidas en un puente rectificador con un condensador no polarizado															
6.3. El condensador electrolítico															Actividad 6.1
6.4. Práctica 10. Evolución del efecto de alisado de los condensadores en puentes rectificadores															Actividad 6.2

Figura 36. Plan de actividades de la tercera experiencia. Fuente: Elaboración propia (2020)

- i) Para el nivel 1, los alumnos y alumnas han de reconocer la utilidad de un diodo semiconductor conectado en un circuito de continua y saber identificar en qué

estado está trabajando, así como calcular los parámetros eléctricos de su punto de trabajo. Para ello, este nivel presenta el diodo rectificador mediante unas actividades sencilla con las que se descubre su naturaleza, composición y funcionamiento y finalmente, su comportamiento frente a señales de corriente continua. En este nivel, los alumnos tendrán que calcular y medir las magnitudes eléctricas que determinan el punto de trabajo del diodo a partir de la formulación de la recta de carga, la cual tendrán que saber identificar de forma gráfica a partir de la característica de funcionamiento de un diodo. Se describen los conceptos de recta de carga y punto de trabajo, junto con el reconocimiento de la característica de funcionamiento del diodo.

Las prácticas diseñadas están enfocadas al montaje de circuitos dotados de una fuente de alimentación, un diodo rectificador y diversos resistores, formando circuitos variados. El elemento de instrumentación de VISIR utilizado será el multímetro para la medida de señales de voltaje y de corriente eléctrica, y así, con la combinación de ambos podrán obtener la curva característica de un diodo rectificador. Para el montaje en VISIR se emplearán los circuitos representados en la figura 37, en los cuales se realizarán las sucesivas medidas de voltaje y corriente en diodo rectificador según se varía el valor de voltaje de alimentación de la fuente.

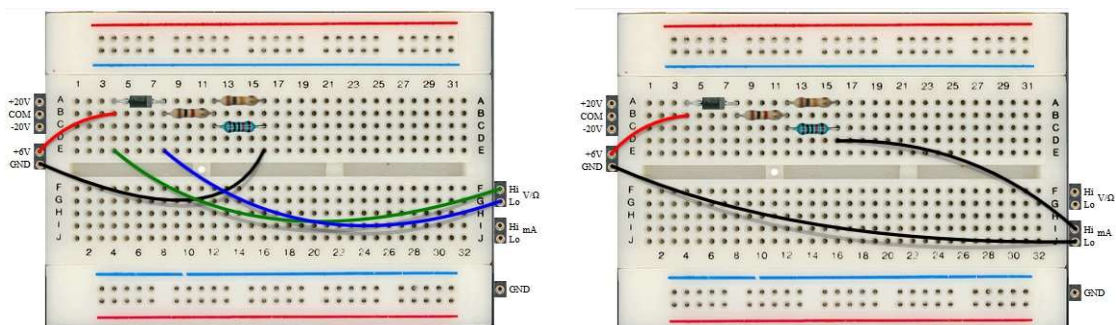


Figura 37. Montajes propuestos para la medida sucesiva de puntos de trabajo: de voltaje (izquierda) y de corriente eléctrica (derecha).

- ii) Para el nivel 2, se ha incluido un complemento para aprender la naturaleza y forma de las señales alternas, con lo que los objetivos se fijan en que los alumnos y alumnas sean capaces de identificar los parámetros de amplitud, frecuencia y periodo, y que desarrollen las destrezas suficientes para utilizar un osciloscopio

para la medida de estos. Será la primera vez que manipulan un osciloscopio con lo que se han incluido actividades dirigidas con el fin de que aprendan a realizar acciones como el desplazamiento horizontal y vertical de la onda medida en el osciloscopio y los cambios de escala de señal de voltaje y de base de tiempos. En la figura 38 se representa el circuito propuesto al lado de la rejilla donde los alumnos y alumnas tendrán que dibujar la señal de alterna representada en la pantalla del osciloscopio.

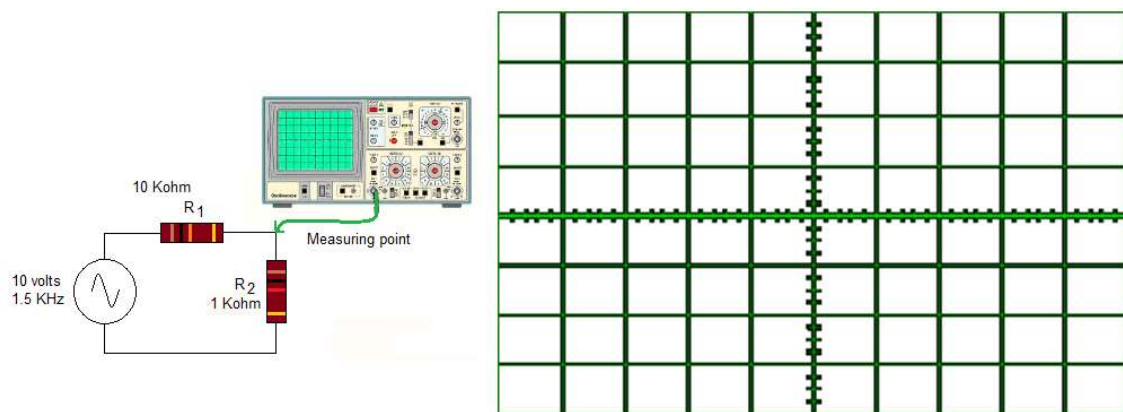


Figura 38. Montaje propuesto para la medida de una señal de alterna y rejilla de representación gráfica de la onda obtenida.

iii) En el nivel 3, conocido el funcionamiento de un diodo rectificador y la naturaleza de las señales alternas, se espera que los alumnos y alumnas sean capaces de identificar los dispositivos básicos que se utilizan en una fuente de alimentación por medio del montaje de una fuente que se constituye de un puente de diodos y de un filtro capacitivo y puedan medir las señales alternas con las que se alimenta la fuente y la señal de corriente continua que se obtiene en el montaje.

Se ha creado una serie de apartados en el curso en el que se combinan ejercicios de cálculo teórico con prácticas de medidas con osciloscopio y multímetro mediante los cuales los alumnos y alumnas podrán entender y aprender el funcionamiento del rectificador de media onda y del rectificador de onda completa a partir de un puente de diodos, representado en la figura 39.

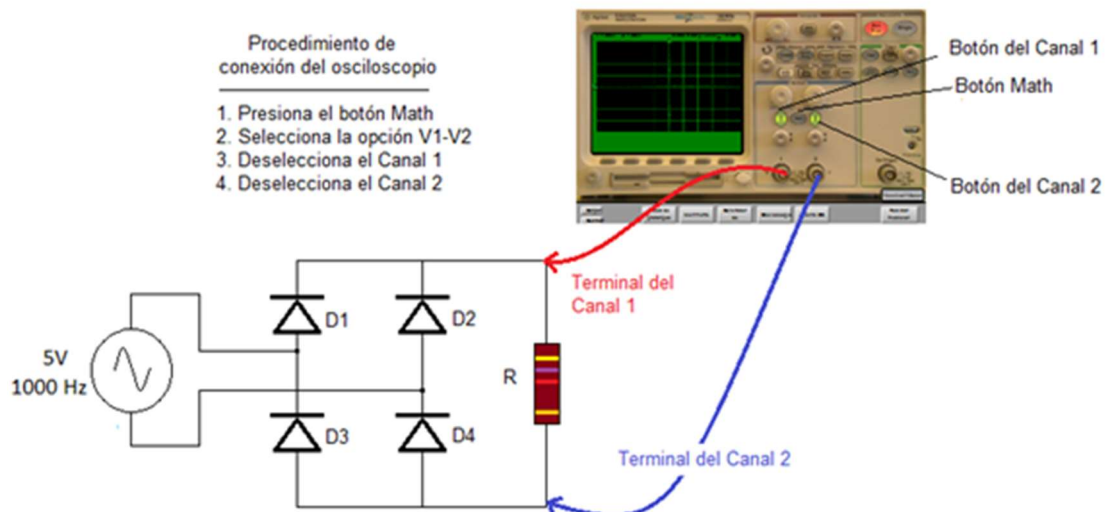


Figura 39. Información proporcionada a los alumnos para la medida de la señal de salida obtenida en la carga resistiva de un puente rectificador.

De forma específica, se presenta a los alumnos el puente de diodos como componente integrado. Es importante que los alumnos sean capaces de desarrollar las destrezas suficientes con el empleo del osciloscopio para comparar la señal de alterna con la que se alimenta el circuito, con la señal rectificadora y así puedan asimilar el concepto de señales sincronizadas.

Se presta especial atención a la forma de la onda rectificadora en relación con la interpretación de su valor medio y a la pérdida de voltaje que sufre debido a la acción de los diodos rectificadores. Para identificar y valorar el impacto de dicha pérdida en la señal continua de salida, se han incluido algunas actividades para que, utilizando las destrezas complejas motoras y cognitivas, entiendan la importancia de esta situación cuando la amplitud de la señal de alterna es del orden de magnitud del valor de tensión en un diodo rectificador, máxime cuando se utiliza un puente rectificador.

Finalmente, en la última sección de este nivel, se presentan los condensadores eléctricos y el concepto de capacidad eléctrica. Con la edad de los alumnos y alumnas participantes en el curso, y teniendo en cuenta que en el desarrollo curricular se establece el estudio del condensador eléctrico en anteriores cursos, se esperaba que conocieran el dispositivo, pero se ha podido constatar que muy pocos han asimilado dichos contenidos.

La razón principal es debida a que el tratamiento habitual en el estudio de estos dispositivos se centra en conocer su composición física y en el concepto de acumulación de carga eléctrica. Esto resulta insuficiente para entender la acción filtrante del condensador en una fuente de alimentación con lo que las actividades y prácticas propuestas han podido permitirles entender la utilidad del dispositivo en un circuito eléctrico. Se presentan dos prácticas con condensadores no polarizados y con condensadores polarizados, respectivamente, para que observen la relación entre la capacidad de un condensador y su poder de acumulación de carga y como consecuencia, el efecto de alisado en una señal pulsatoria. La información que necesitan para llevar a cabo este experimento se representa en la figura 40.

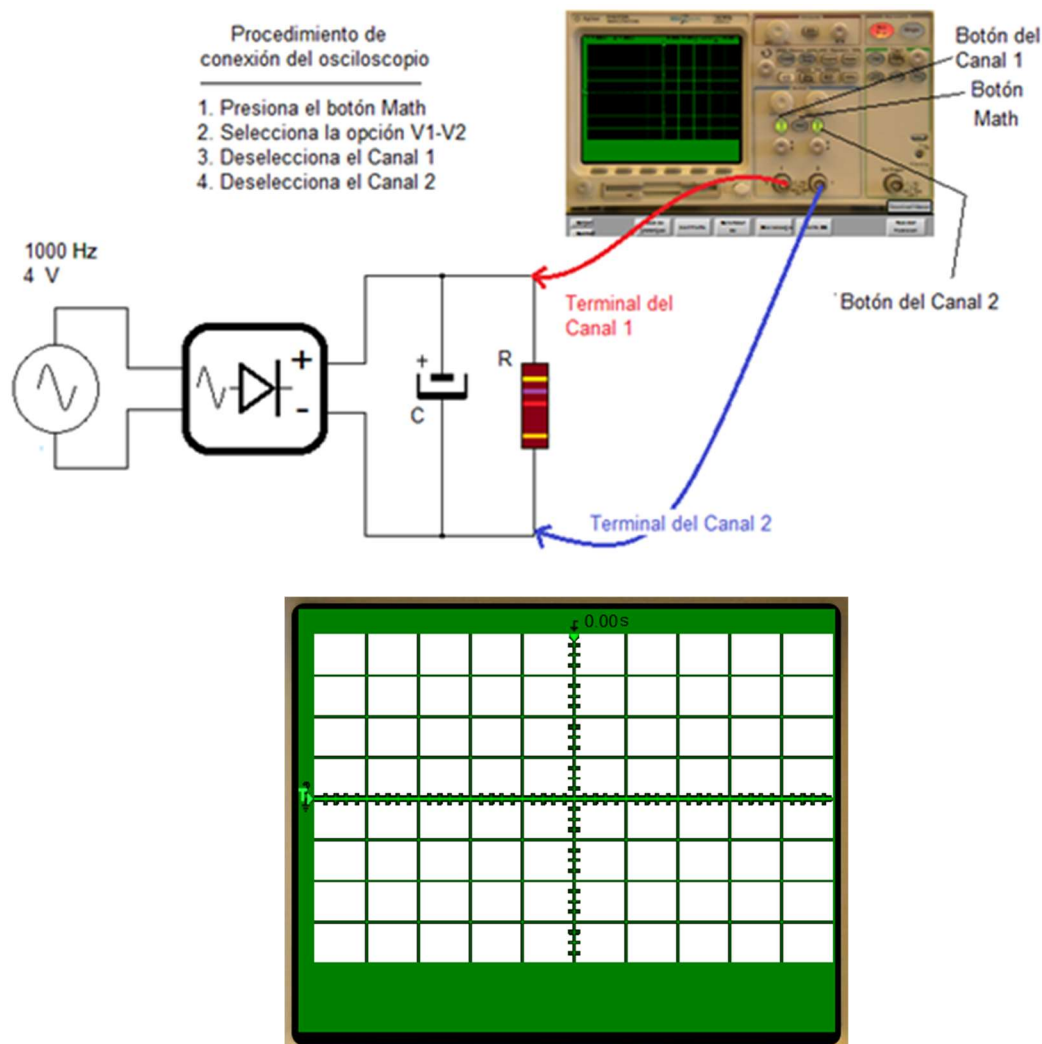


Figura 40. Información proporcionada a los alumnos para la medida de la señal de salida obtenida en la carga resistiva de un puente rectificador y rejilla de representación de la señal obtenida.

3.8.4. Cuarta experiencia

A partir de la primera experiencia, tal y como se ha indicado en la descripción y conclusiones de esta, se identificó que los alumnos de primer curso de ESO necesitaban un nuevo diseño del curso de electricidad básica y primeras nociones. Se observó que, si bien la mayoría de los alumnos y alumnas entendían el concepto de asociación serie, una parte significativa de los participantes no entendían ni eran capaces de demostrar la adquisición de contenidos relacionados con el cálculo de circuitos con resistores en paralelo. Investigando esta situación, se pudo constatar que confluían dos condicionantes. En primer lugar, para los alumnos de primero de ESO es la primera vez que acometían trabajos relacionados con la asociación de cargas eléctricas en un circuito. En sus estudios de tercer ciclo de educación Primaria, la disposición de contenidos curriculares no va más allá del empleo de baterías, interruptores y lámparas para conformar sencillos circuitos eléctricos y así abordar por primera vez la naturaleza de la electricidad.

En segundo lugar, sus habilidades matemáticas son también limitadas, ya que es precisamente en el curso de primero de ESO cuando abordan las ecuaciones de primer grado y se ha podido observar que si bien, son capaces de despejar la incógnita en una ecuación de primer grado en el contexto de resolución de un problema matemático, la mayoría no son capaces de entender que, por ejemplo, la aplicación de la ley de Ohm para la obtención de un voltaje en un resistor a partir de los valores conocidos de corriente eléctrica y resistencia del resistor es también una ecuación de primer grado.

Para constatar esta situación, una vez terminada la primera experiencia, se seleccionaron 22 alumnos y 22 alumnas al azar para formar el grupo de experimentación y se les propuso la realización de un sencillo experimento basado en la identificación de una situación clásica utilizando dos lámparas. Para este experimento se utilizaron como materiales de laboratorio una pila de 4,5 voltios y dos lámparas de $\frac{1}{4}$ de vatio. Se les pidió que realizarán un primer montaje con los tres elementos conectados con cables en serie y observaran la intensidad lumínica de ambas lámparas. Posteriormente, se les pidió que realizaran el montaje de los tres elementos en paralelo. Todos ellos fueron capaces de realizar el montaje y constatar

que las lámparas se iluminaban con mayor intensidad. Se les pidió entonces que, de forma individual, explicarán porqué utilizando los mismos medios, las lámparas de la conexión paralelo se iluminaban con mayor intensidad. Solo dos alumnas y un alumno fueron capaces de responder correctamente a este experimento.

A raíz de este resultado, se observó la necesidad de rediseñar el curso original de Electricidad Básica en dos cursos diferentes adaptados respectivamente a alumnos y alumnas de Primer Curso y de Segundo Curso. Estos nuevos cursos adaptados formaron entonces la experiencia Segunda y la Experiencia Cuarta respectivamente, expuestas en este capítulo. Así, los cursos correspondientes al nivel de 1º de ESO y que por tanto, ha sido empleado en la ejecución de esta experiencia cuarta se han denominado “*Learn Electricity*” en su versión en inglés y “*Aprende electricidad*” en su versión en castellano. Ambos han sido expuestos en el capítulo de Anexos.

De esta forma, esta cuarta experiencia ha tenido como base metodológica de diseño la taxonomía CMM y se ha configurado en cuatro etapas, en cada una de las cuales se ha trabajado específicamente las destrezas cognitivas simples (SC), las destrezas motoras simples (SM), las destrezas motoras complejas (HM) y las destrezas cognitivas complejas (HC). Así las etapas constituyentes de esta experiencia, cuyos documentos se han incluido en el capítulo de Anexos, son:

- Primera etapa – Fase SC: Los alumnos y alumnas han accedido a un texto en el que se han incluido algunas ilustraciones que pueden servir de ayuda para su comprensión. En dicho texto se narra el propósito y naturaleza de la energía eléctrica y se describen las magnitudes eléctricas, además de su relación mutua. Una vez que han leído el texto, cuantas veces han necesitado, acceden a un formulario en el que además de escribir los datos para su identificación, se les pregunta dos sencillas cuestiones: i) “Escribe seis palabras o expresiones (frases de menos de 5 palabras) que consideres esenciales para entender el texto que acabas de leer” y ii) “En el texto que has leído, se han descrito tres definiciones que se pueden escribir como fórmulas. Enuncia dichas fórmulas.”

Con la primera pregunta, se pretende que determinen a través del texto los elementos clave del texto, que, en definitiva, son los conceptos básicos. Con ello, se trata de evaluar si son capaces de entender el texto a través de estas seis expresiones. Esto se complementa con la identificación textual de tres relaciones matemáticas propias de la definición de cada una de las magnitudes eléctricas básicas, esto es: el concepto de intensidad eléctrica como relación entre la carga y el tiempo, el concepto de voltaje como relación entre la energía distribuida a cada carga eléctrica y la relación entre estas dos magnitudes, intensidad y voltaje, que define el medio en el que las cargas eléctricas circulan a través de la magnitud de resistencia eléctrica. De esta forma, a través de sus respuestas, no se intenta evaluar su memoria, que es la forma habitual de valorar la adquisición de conceptos, sino su capacidad cognitiva de entendimiento de un texto íntegro a través de la identificación de las partes esenciales del mismo.

- Segunda etapa – Fase SM: Este documento consta de varias preguntas. La primera consiste en la identificación, en la interfaz de VISIR, de los valores de seis resistores de forma visual. De esta forma, los alumnos y alumnas se familiarizan con los componentes que utilizarán posteriormente y trabajarán los valores resistivos de cada resistor, ya que se les conmina a escribir el valor óhmico que VISIR ofrece y su valor en ohmios tras interpretar las magnitudes. Los valores de los resistores ofrecidos por VISIR y que podrán leer en las propias indicaciones de la interfaz, son respectivamente, 1 k Ω , 10 k Ω , 100 k Ω , 3,01 k Ω y 470 Ω -9W. Deberán interpretar el valor de la letra k como el múltiplo equivalente a 1000 ohmios. En los primeros casos, los valores resultan de aplicación directa del sistema decimal, pero el cuarto representa para ellos un reto significativo por tratarse de una cifra poco habitual. En la quinta resistor, han de entender que no toda la información que se ofrece es útil para responder correctamente, ya que la cifra 9W no interviene en la identificación del valor óhmico de 470 ohmios.

El segundo ejercicio tiene que ver con la interpretación de las conexiones internas de la placa de prototipado que ofrece VISIR para el conexionado de los

componentes eléctricos. Se pide que sean capaces de conectar un circuito serie utilizando la menor cantidad de cables posibles. El montaje, del que se ofrece el esquema eléctrico de la figura 36, corresponde con la conexión de tres resistores utilizando las conexiones internas de la placa de prototipado de VISIR y el empleo de dos cables que conecten ambos extremos de la serie de resistores con los polos de la fuente de alimentación de 6V.

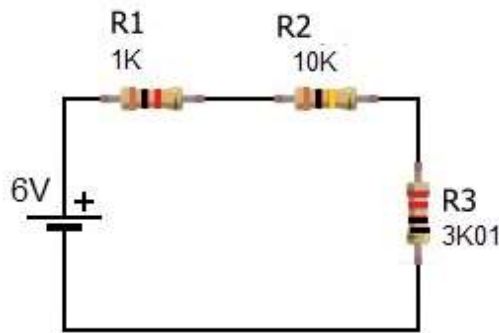


Figura 41. Montaje propuesto en la segunda fase de la Experiencia Cuarta

- Tercera etapa – Fase HM: Con el fin de practicar lo aprendido sobre los circuitos serie, se propone la realización de un montaje siguiendo una sencilla propuesta: “Monta un circuito serie conectado a una pila de 5 voltios que disponga de una serie de resistencias de forma que el valor de la resistencia equivalente de estas sea de 11K47, 11,47 k Ω u 11.470 ohmios.” Este ejercicio requiere emplear los resistores de 10 k Ω , 1 k Ω y 470 ohmios para configurar el circuito. Posteriormente, se pide a los alumnos que conecten un amperímetro, realicen una captura de la interfaz de VISIR donde se encuentre el circuito montado y midan la corriente que circula por el circuito. La corriente esperada es de 0.436 miliamperios.
- Cuarta etapa – Fase HC: Tras la realización de los montajes y las medidas requeridas para trabajar el circuito serie, los alumnos y alumnas abordarán los siguientes cuatro ejercicios:
 - a) Comprobación de la ley de Ohm a través del producto de la intensidad medida en la anterior etapa por el valor óhmico utilizado.
 - b) Propuesta de representación gráfica de un montaje en VISIR con errores en las conexiones, por lo que los alumnos y alumnas tendrán que analizar dicho montaje y descubrir los errores en las conexiones.

- c) Propuesta de resolución de un problema resuelto en el que se han introducido errores en el cálculo. Los alumnos y alumnas tendrán que analizar la resolución y descubrir el error cometido, proponiendo la resolución correcta.
- d) Representación de un esquema eléctrico en el que se han conectado dos ramas con batería y resistencia eléctrica de diferentes valores, conectados a una lámpara, tal y como se expone en la figura 42.

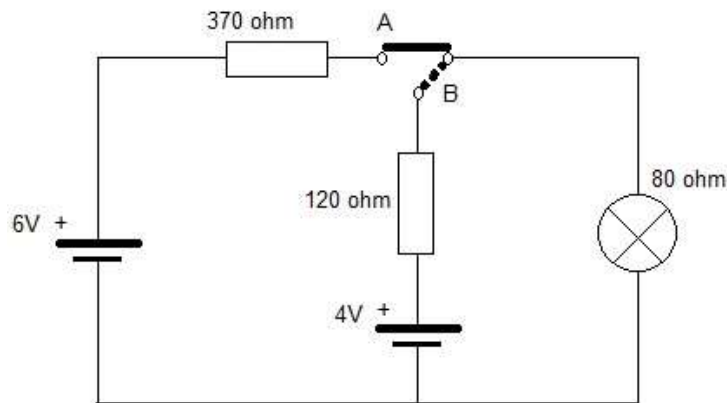


Figura 42. Montaje propuesto en la cuarta fase de la Experiencia Cuarta

Los alumnos y alumnas tendrán que contestar a las siguientes preguntas de tipo teórico:

- 1) “¿Qué valor de corriente eléctrica será mayor circulando por la lámpara?, ¿Ocurrirá cuando el conmutador se encuentre en la posición A o cuando se encuentre en la posición B?”. En este caso, los alumnos y alumnas tendrán que separar el cálculo de dos circuitos serie diferentes y calcular la corriente en cada posición del conmutador.
- 2) “¿Cuándo se producirá mayor voltaje en la lámpara? ¿Cuándo el conmutador se encuentre en la posición a o cuando se encuentre en la posición b?”. La respuesta a esta pregunta pasa por el cálculo en cada posición del conmutador del voltaje en la lámpara. Para ello, podrán utilizar el cálculo mediante un divisor de tensión o de forma más sencilla, multiplicando la corriente que circula en cada caso por el valor de 80 ohmios de la lámpara.
- 3) “¿Cuál será la posición del conmutador que haga que la lámpara brille con más intensidad?”. Dado que los alumnos conocerán para cada posición del conmutador el voltaje aplicado a la lámpara y la corriente que circula por

ella, podrán intuir que mayor luminosidad en la lámpara supone mayor potencia entregada a la misma, que dependerá de mayores valores de voltaje y corriente aplicadas a la lámpara en cada caso. Este razonamiento implica cierto grado de intuición y creatividad en la respuesta.

*Una persona inteligente se repone pronto de un fracaso. Un mediocre jamás se recupera de un éxito”
(Séneca,, 4 a. C., 65 d. C.)*

4. Resultados de las experiencias

Una vez presentadas las experiencias y su metodología a partir de su ubicación en cursos masivos online (MOOCs), se han convocado a varios grupos de alumnos para participar en las experiencias, cuyo objetivo básico es la evaluación y adecuación del laboratorio remoto VISIR como recurso educativo y didáctico en el marco de la enseñanza tecnológica en Educación Secundaria Obligatoria. Para ello, se ha procedido a observar y evaluar las actuaciones de los alumnos en dos diferentes escenarios:

- Evaluación de resultados por aplicación e interpretación de los datos recopilados por los alumnos en la realización de la correspondiente experiencia bajo el marco del modelo cognitivo-motor (CMM).
- Evaluación de resultados por acceso directo al laboratorio y empleo de los instrumentos en las prácticas de medidas eléctricas.

Este capítulo se centra en el primer escenario, mientras que la evaluación de los resultados de empleo del laboratorio remoto VISIR se encuentra desarrollado en el siguiente capítulo de Analítica del aprendizaje.

Para establecer el marco de trabajos desarrollados en el contexto de esta investigación en la figura 43 se observa cómo se iniciaron los trabajos a partir de un diseño basado en la taxonomía de Bloom. Debido a las limitaciones descritas con anterioridad, el modelo taxonómico fue rediseñado para poder considerar el desarrollo de habilidades tanto cognitivas como motoras, con lo que se procedió a al diseño de la taxonomía del modelo cognitivo-motor (CMM), que en este trabajo se presenta. El CMM permitió abordar un rediseño de todos los cursos, con lo que se desarrollaron para cubrir las necesidades curriculares de los alumnos de 1º de ESO (cuarta experiencia), de 2º de ESO (segunda experiencia) y 3º de ESO (tercera experiencia) a lo largo de diferentes cursos académicos.

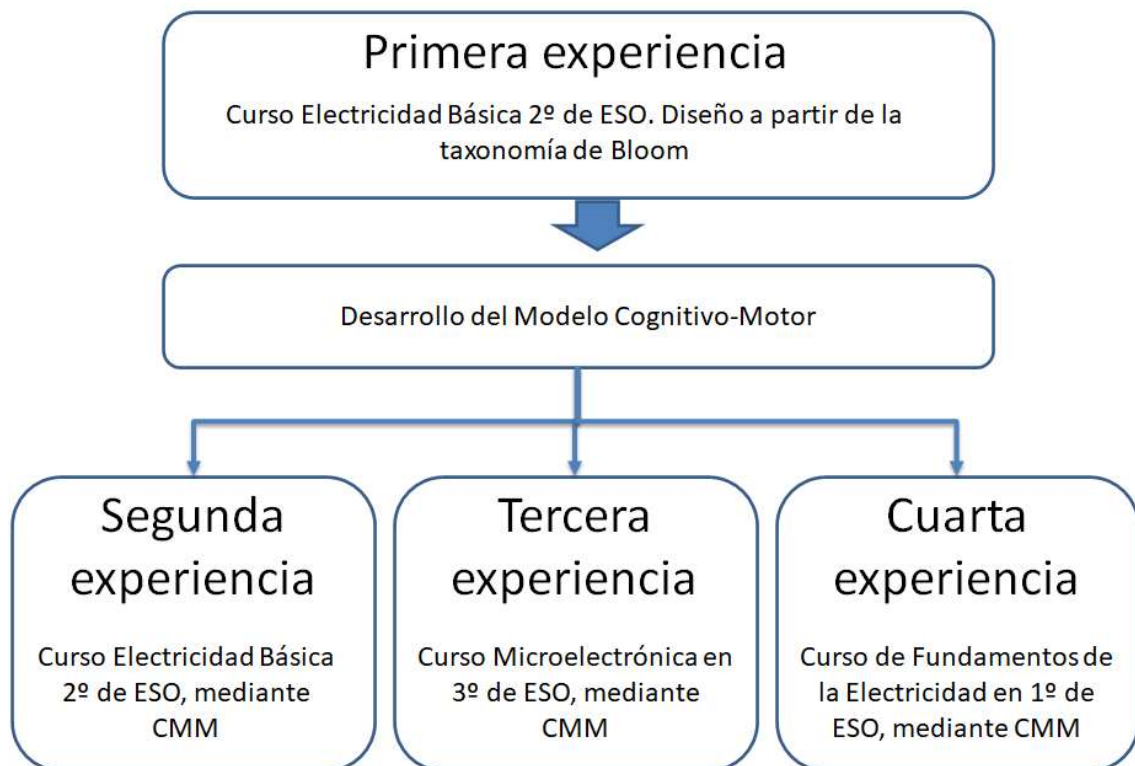


Figura 43. Esquema del desarrollo de trabajos de diseño e implementación de las experiencias

4.1. Primera experiencia

Los inicios en los trabajos de investigación que comprenden esta tesis se llevaron a cabo con el despliegue del curso para alumnos de 1º y 2º de ESO. En total participaron 155 alumnos de los cuales. Todos ellos siguieron el mismo curso y se realizó una selec-

ción aleatoria de alumnos y alumnas con el fin de formalizar dos grupos de trabajo: un grupo experimental que utilizaría VISIR como recurso de laboratorio para realizar las medidas y un grupo de control en el que los alumnos y alumnas emplearían instrumentación y recursos técnicos de laboratorio presencial.

El laboratorio presencial constaba, en concreto, de una placa de prototipado, un juego de resistores eléctricos de diversos valores, un multímetro digital marca Promax modelo FP-2b y una fuente de alimentación modelo SK1212CA. El multímetro y la fuente de alimentación forman parte de la dotación habitual de los centros educativos de enseñanza secundaria, tal y como se ha representado en los dispositivos de la figura 44..



Figura 44. Dispositivos utilizados en el laboratorio presencial por el grupo de control. Fuente: Elaboración propia

El grupo experimental utilizó los recursos que ofrece el laboratorio remoto VISIR, para cuyo acceso emplearon los equipos informáticos disponibles en el departamento de Tecnología del centro educativo. En la figura 45 se ofrece un montaje de práctica de medida de resistencia eléctrica realizado por uno de los alumnos del grupo experimental.

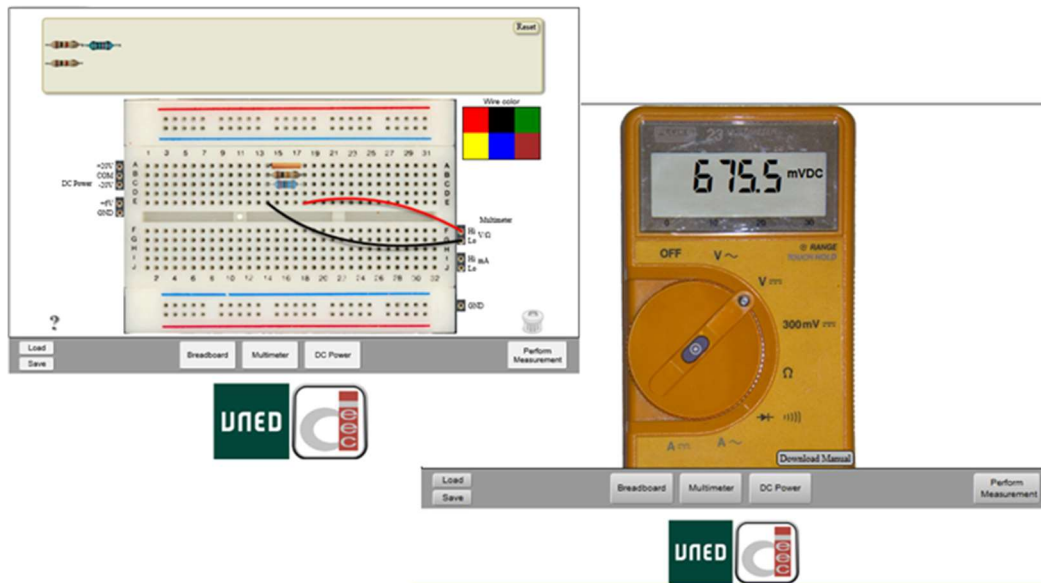


Figura 45. Práctica de medida de resistencia eléctrica empleado el laboratorio remoto VISIR. Fuente: Elaboración propia

Ambos grupos tuvieron una sesión respectiva de uso de los recursos descritos del laboratorio y del uso de VISIR. La sesión del grupo de control fue presencial en la que se dio una clase magistral en la que se les presentó su kit de laboratorio, se les explicó la configuración de la placa de prototipado, la disposición de tensión eléctrica en la fuente de alimentación variable de corriente continua y se enseñó sobre el funcionamiento del multímetro. En esta explicación se les explicó cómo conectar el multímetro para la medida de resistencia, de voltaje y de intensidad eléctrica, con las consiguientes recomendaciones de seguridad.

En el caso de los estudiantes del grupo experimental, se les incluyó en el MOOC una serie de videos explicativos del acceso a VISIR que incluían la configuración de la placa de prototipado disponible en la interfaz, la disposición y conexión de los cables, el acceso a la fuente de alimentación y su manipulación y sobre el empleo del multímetro digital que incluía cómo conectar el mismo según fuera a realizarse una medida de resistencia eléctrica, de voltaje o de intensidad eléctrica.

La hipótesis planteada se establece a partir de la comparativa entre ambos grupos experimental y de control y busca identificar si los resultados de aprendizaje mejoran en aquellos alumnos que utilicen VISIR frente al alumnado que utilice los medios de un

laboratorio presencial convencional. Los alumnos participantes en la experiencia están representados en la siguiente tabla 6.

Tabla 6. Distribución de alumnado en experiencia primera

Grupo	Tipo de laboratorio	Participantes		TOTAL
		Alumnos	Alumnas	
Grupo experimental	Laboratorio remoto VISIR	41	32	67
Grupo de control	Laboratorio presencial	41	41	37
TOTAL		61	43	104

1º ESO	Laboratorio 1º ESO		Total 1º	2º ESO	Laboratorio 2º ESO		Total 2º	Total
	Presencial	VISIR			Presencial	VISIR		
Alumnos	31	35	66	Alumnos	10	6	16	82
Alumnas	27	32	59	Alumnas	5	9	14	73
Total Lab.	58	67	125	Total lab.	15	15	30	155

Además de la división por laboratorio empleado se ha de indicar que los alumnos participantes pertenecen a dos cursos diferentes, 1º y 2º de ESO, a los que se les aplicará los mismos condicionantes, restricciones y recursos en lo referente a los dos primeros niveles de experiencia, esto es, al estudio de las magnitudes eléctricas y su medida en circuitos serie y paralelo. Los alumnos de 2º de ESO se les añadirá un tercer nivel de experiencia relativo al cálculo y medida de magnitudes eléctrica de los circuitos mixtos.

En esta primera experiencia se utilizó la taxonomía de Bloom-Anderson como recurso pedagógico de identificación de los logros de aprendizaje aplicados a través de la evaluación del curso en los alumnos y alumnas participantes.

Utilizando dicha taxonomía, se han establecido unos criterios de evaluación para identificar los resultados de aprendizaje de cada uno de los alumnos y alumnas, que se distinguen a partir de los niveles establecidos en el curso realizado por estos.

Tal y como, se ha indicado en el anterior capítulo de presentación de las experiencias, el nivel 1 corresponde con la asimilación de las principales magnitudes eléctricas y la naturaleza de la electricidad y contiene prácticas de medida de resistencia eléctrica con el uso del multímetro. El nivel 2 corresponde con el reconocimiento de la ley de

Ohm y de las asociaciones serie y paralelo y contiene prácticas relacionadas con el montaje de diferentes asociaciones y la medida de la resistencia equivalente. Por último, el nivel 3 contiene el estudio de los circuitos mixtos de resistores eléctricos y presenta las prácticas relacionadas con la medida de intensidad y voltaje en dichos circuitos mixtos propuestos.

Así, los criterios de evaluación establecidos por nivel han sido:

- Criterios de evaluación del aprendizaje en el Nivel 1:
 - a) Capacidad para aplicar los conceptos y magnitudes eléctricas a la solución de un problema cotidiano real.
 - b) Destreza en la medida de la resistencia de una resistencia y comprensión del concepto de tolerancia.
 - c) Comprensión del concepto de error absoluto y relativo en las medidas para el cálculo de porcentajes cambiando el contexto.
 - d) Capacidad de establecer el error absoluto y relativo en la medida de magnitudes eléctricas.
 - e) Realización de un estudio de investigación sobre el origen de errores en los procesos de medición a partir de la experiencia de las prácticas propuestas.
- Criterios de evaluación del aprendizaje en el Nivel 2:
 - a) Capacidad de realización del montaje de circuitos serie y paralelo.
 - b) Capacidad de realización de la medida de la resistencia eléctrica equivalente en cada caso.
 - c) Cálculo de la resistencia eléctrica equivalente de un circuito en serie y paralelo formado por resistores.
 - d) Capacidad de realización de un análisis de errores a partir de los valores teóricos y medidos.
 - e) Grado de comprensión de un esquema eléctrico y capacidad de reproducción en un montaje real.
 - f) Representación del esquema de un circuito en serie y paralelo y cálculo de los valores teóricos de las resistencias dados los valores medidos y los errores relativos.

- Criterios de evaluación del aprendizaje en el Nivel 3:
 - a) Cálculo de las magnitudes eléctricas en un circuito dado
 - b) Conexión de un circuito compuesto según un esquema eléctrico dado compuesto por una batería y tres resistencias
 - c) Medición de voltaje en una resistencia del circuito mixto y medición de corriente eléctrica a través de una determinada rama del circuito mixto.
 - d) Cálculo de tensiones e intensidades eléctricas en un resistor específico.
 - e) Recuperación de valores teóricos y medidos para calcular y analizar los errores absolutos y relativos
 - f) Capacidad de montaje de un circuito en la placa de prototipado a partir del esquema de un conjunto de conexiones de un circuito mixto complejo.

En cada uno de los niveles se ha asociado una tarea como cognitivamente simple o compleja por lo que se ha establecido una correlación entre los criterios de evaluación y el tipo de destreza cognitiva empleada.

Tal y como se ha indicado en el capítulo 3 de esta tesis, la taxonomía de Bloom-Anderson determina dos tipos de destrezas cognitivas, las de bajo orden (LOTS) y las de alto orden (HOTS) por lo que se puede de esta forma, realizar un mapeado de los logros de aprendizaje en función de la asimilación de la destreza cognitiva.

Dada la diferencia significativa en los contenidos presentados en el curso, los alumnos y alumnas de 1º de ESO (edad 12 años) solo realizaron las tareas incluidas en los niveles 1 y 2, mientras que los alumnos de 2º de ESO (edad 13 años) realizaron las actividades y tareas incluidas en los tres niveles.

De la evaluación de las actividades y tareas de todos los alumnos en sus niveles correspondientes se han obtenido las siguientes calificaciones medias en una escala de 0 a 100 puntos, donde 0 correspondería con una ausencia total de aciertos en la realización de las tareas y un 100, a una total coincidencia en respuestas correctas.

Así, la tabla 7 muestra los valores promedio y las desviaciones estándar obtenidas por los alumnos de 1º de ESO, mientras que la tabla 8 representa las calificaciones promedio y las desviaciones típicas de los alumnos participantes de 2º de ESO:

Tabla 7. Valoraciones del alumnado de 1º de ESO

Nivel	Laboratorio Presencial		Laboratorio VISIR		Promedio por nivel
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	
1	47,1	22,1	47,2	24,1	47,2
2	58,6	28,8	49,5	29,6	54,1
Total	52,8	22,2	46,8	24,8	50,7

Tabla 8. Valoraciones del alumnado de 2º de ESO

Nivel	Laboratorio Presencial		Laboratorio VISIR		Promedio por nivel
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	
1	50.7	22.9	66.8	29.2	58.8
2	50.3	31.4	64.0	36.6	57.1
3	43.3	26.4	54.3	30.8	48.8
Total	48.1	22.5	61.7	29.7	54.9

Las puntuaciones medias son similares en los grupos de 1º de ESO, por lo que no se puede establecer el tipo de laboratorio como una diferencia significativa en los resultados de aprendizaje. Esta falta de diferencia es muy posible que se deba al factor de la novedad en los contenidos que los alumnos están tratando ya que es la primera vez que acceden a estos conocimientos y en general, les ha resultado difícil manipular los dispositivos en ambos laboratorios, no tanto en la conexión de resistores como en la manipulación del multímetro, tanto en el laboratorio presencial como en VISIR.

Sin embargo, respecto a la actuación de los alumnos de 2º de ESO, que ya estudiaron en el primer curso cuestiones relacionadas con la electricidad, se han encontrado diferencias entre el tipo de laboratorio, que achacamos fundamentalmente a una mayor capacidad de abstracción y madurez cognitiva. Los grupos que utilizaron VISIR obtuvieron una calificación de 28% mayor que los alumnos del grupo de control. Se ha de considerar que los alumnos y alumnas de 2º de ESO nunca han realizado prácticas de electricidad y nunca han visto cómo funciona un laboratorio remoto, por lo que se puede

determinar que existe una diferencia significativa debido al laboratorio empleado, por lo que establecemos una relación directa entre un mejor aprendizaje y el empleo del laboratorio remoto VISIR.

Se puede observar en la tabla 8 que las calificaciones de los alumnos y alumnas del grupo experimental han sido superiores en todos los niveles: un 31% mayor en el nivel 1, un 27% en el nivel 2 y un 25% en el nivel 3, nivel en el que los alumnos y alumnas del laboratorio presencial han sido los únicos promedios inferiores a 5 puntos sobre 10. Además, se observa que las desviaciones estándar son elevadas lo que indica un alto grado de dispersión en las calificaciones.

A la vista de los resultados, no se realizó ningún tipo de validación estadística de diferencia de medias, ya que resultaba evidente que en el curso de 1º de ESO, no habría diferencia de medias significativa, pero podrían existir diferencias significativas en el curso de 2º de ESO, dada la diferencia de más de un 10% de mejora de calificaciones promedio en el grupo experimental. Por lo tanto, se decidió aceptó la hipótesis de que VISIR contribuyó a mejorar el aprendizaje de los alumnos de 2º curso. En cambio, dada la similitud en las evaluaciones de los alumnos y alumnas de 1º de ESO, se pensó que, muy posiblemente, el diseño del curso hubiera sido el factor más significativo, independientemente del tipo de laboratorio que estuvieran utilizando.

Por esta razón, se estableció que se diversificaría en un futuro el curso para alumnos de 2º de ESO y de 1º de ESO. Como consecuencia se mantendrá el actual MOOC para 2º y se ha elaborado un nuevo curso adaptado a las necesidades de los alumnos y alumnas de 1º de ESO (lo que en esta investigación forma parte de la experiencia 4). Además, se ha percibido que, en general, las alumnas han obtenido mejores calificaciones, por lo que se ha determinado que el estudio en la siguiente experiencia incluiría una comparativa estadística según el género.

Uno de los motivos por los que se ha elegido la taxonomía de Bloom han sido la posibilidad de medir las habilidades cognitivas en el proceso de aprendizaje. De esta forma, en el diseño del curso se establecieron diversas actividades mediante las cuales se pu-

dieran evaluar tanto las habilidades cognitivas de orden inferior (LOTS) como las de orden superior (HOTS). El procedimiento para la cuantificación de las variables cognitivas se ha basado en la observación de las notas medias de cada estudiante, cada uno de los cuales ha sido calificado con una nota LOTS y una nota HOTS relativa al promedio obtenido en sus calificaciones en los ejercicios destinados al desarrollo de las destrezas cognitivas de orden inferior y superior respectivamente.

Así cada participante ha obtenido una coordenada de calificaciones [LOTS, HOTS] que ha sido incorporada en un mapa de coordenadas con el fin de obtener una nube de puntos, desde la que analizar la correlación de los grupos. Estos gráficos han sido representados en las figuras 46 y 47. respectivamente para los alumnos y alumnas de 1º y 2º de ESO. Los resultados numéricos corresponden a la escala entre 0 y 10 puntos, donde 0 es un promedio de mínima calificación y 10 corresponde con un promedio de máxima calificación.

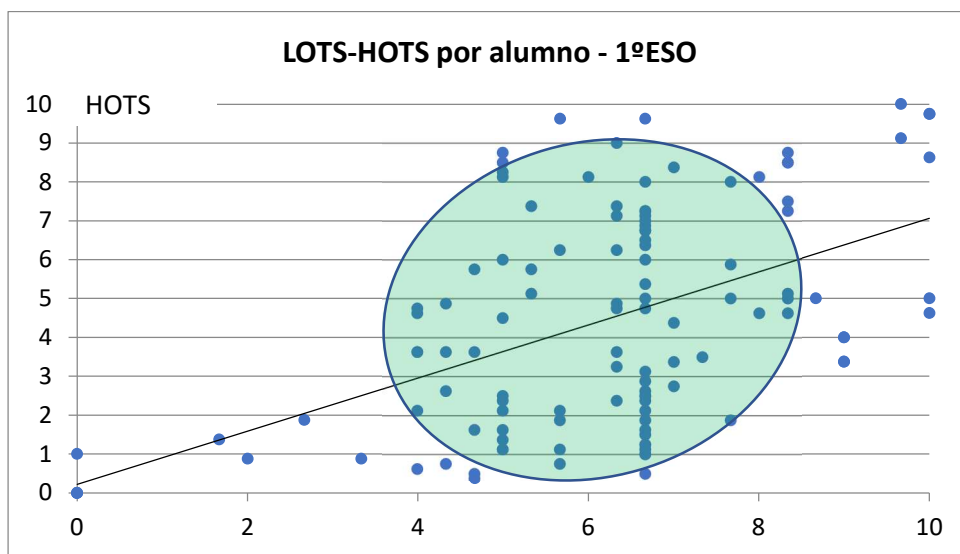


Figura 46. Nube de puntos de coordenadas de medida de destrezas cognitivas LOTS versus HOTS en el grupo de alumnos de 1º de ESO. Fuente: Elaboración propia

En la nube de puntos se han incluido dos elementos: la línea de tendencia por diferencia de máximos cuadrados que define el valor medio de los puntos representados y un área que incluye la mayoría de los puntos y cuya forma identifica una baja correlación entre ambas variables LOTS y HOTS.

En la figura 47, por su parte se han representado las coordenadas de las variables cognitivas de los alumnos de 2º de ESO. En ella se observa una mayor correlación entre la adquisición de las destrezas de orden inferior y su consecuencia en la asimilación de destrezas cognitivas de orden superior. La forma del área que define el agrupamiento tiene mayor excentricidad, lo que es indicativo de mayor correlación entre las variables cognitivas. También es prueba de esto que la línea de regresión tenga una pendiente mayor en los alumnos de 2º de ESO que en los alumnos de 1º de ESO.

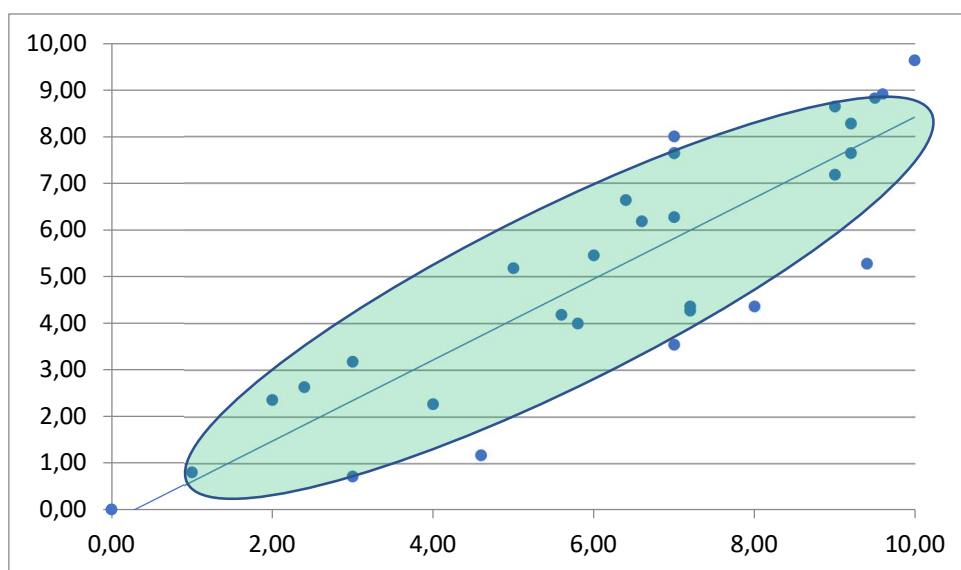


Figura 47. Nube de puntos de coordenadas de medida de destrezas cognitivas LOTS versus HOTS en el grupo de alumnos de 2º de ESO. Fuente: Elaboración propia

En cualquier caso, podemos considerar de gran valor la información aportada a partir de la interpretación y aplicación de la taxonomía de Bloom, pero creemos que se hace necesario no solo considerar las capacidades intelectuales de los alumnos sino también investigar sobre el impacto en el aprendizaje que pudiera tener el desarrollo de sus capacidades motoras, habida cuenta que gran parte del trabajo realizado ha sido de carácter práctico y manipulativo. En el caso específico de los trabajos relacionados con el aprendizaje de electricidad, un punto crítico es la interpretación de la simbología que forman los circuitos y la representación gráfica de las variables, pero en este caso, no se ha estudiado las capacidades de abstracción que implican trasladar un esquema eléctrico a una placa de prototipado en un montaje real de un circuito, en la que se han de combinar destrezas cognitivas y destrezas motoras. Queda entonces como am-

pliación del estudio para la siguiente experiencia didáctica, considerar el diseño de una taxonomía que tenga en cuenta las habilidades motoras y su evaluación como parte del proceso de enseñanza aprendizaje.

Respecto al uso de VISIR como herramienta, se ha analizado el tiempo que los alumnos y alumnas han utilizado para la realización de las prácticas. Tal y como se ha definido en el anterior capítulo, el empleo de VISIR es discreto y breve, ya que se ha diseñado un curso para que el uso del laboratorio sirva a los alumnos como medio de asimilación de los contenidos teóricos estudiados, de forma que consista en el montaje y medida de diversos circuitos sencillos.

Se han analizado los accesos al laboratorio y se han establecido dos variables: tiempo acumulado de operativa en el laboratorio y número de accesos al mismo. Se determinó que, dado que el curso se ha dividido en tres fases, se dieran lugar al menos 3 accesos para cada alumno. Sobre el tiempo empleado en la realización de todos los montajes y las medidas, al tratarse de la primera experiencia, no existe un tiempo óptimo para su realización, pero creemos que 60 minutos podría ser una cifra razonable para completar todas las medidas, contando con el factor de novedad de la herramienta, es decir, el tiempo que los alumnos y alumnas necesitarían para familiarizarse con la interfaz del laboratorio. En la tabla 9 se pueden observar estas estadísticas, que han resultado satisfactorias.

Así, se han analizado tres tipos de alumnado, aquellos que han completado todas las medidas en un tiempo efectivo inferior a 10 minutos, los que han utilizado entre 10 y 20 minutos, y aquellos alumnos que han tenido que emplear más de 10 minutos en completar todos los montajes y medidas, clasificación reflejada en los resultados expuestos en el gráfico de la figura 48.

Ha resultado una distribución ciertamente homogénea ya que un 40,24% de los alumnos y alumnas han realizado las prácticas en menos de 10 minutos, utilizando un tiempo de conexión en VISIR entre 3,35 y 8,53 minutos acumulados. Otros 26 alumnos que suponen casi un tercio de estos han utilizado un tiempo entre 10 y 20 minutos, siendo

de aproximadamente 18 minutos el tiempo empleado por el alumno que más ha tardado en el grupo.

Por último, el menor grupo en cantidad, 23 alumnos han tenido que extender el tiempo de uso de VISIR entre 20 minutos y casi 39 minutos que ha utilizado el alumno con mayor duración en la realización de las prácticas y medidas. Además, se observa que el número de accesos utilizados para completar las medidas han sido de aproximadamente 5 accesos. Se observa que el grupo que ha utilizado un mayor número de accesos es el grupo de alumnos de duración intermedia siendo el grupo que más accesos ha empleado. Por otro lado, se observa que los alumnos y alumnas del grupo de mayor duración en la realización de las medidas ha sido el que menos accesos ha realizado.

Tabla 9. Utilización del laboratorio remoto VISIR en la experiencia primera

Duración	Alumnos	Porcentaje	Promedio de número de accesos	Tiempo medio (min.)	Tiempo máximo (min.)	Tiempo mínimo (min.)
Menos de 10 minutos	33	40,24%	5,07	5,61	8,53	3,35
Entre 10 y 20 minutos	26	31,70%	5,39	14,08	18,58	10,02
Más de 20 minutos	23	28,04%	4,22	24,96	38,62	20,02
Total	82		4,90	14,05		

Porcentaje de alumnos según la duración en la realización de montajes y medidas en VISIR

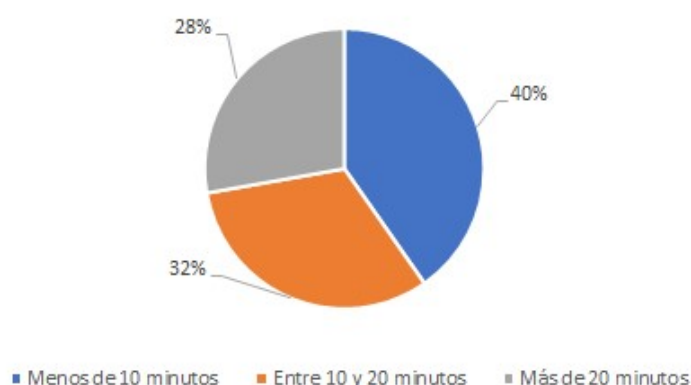


Figura 48. Distribución de alumnos según la duración del empleo de VISIR

Por otra parte, se ha de indicar que para la realización de las prácticas se dispusieron 9 días, ya que los participantes de la experiencia provenían de diferentes grupos de clase, con el fin de realizar las tareas en su horario lectivo. A partir de esta primera sesión,

se invitó a los alumnos a que realizaran los accesos a cualquier hora del día independientemente de si estaban en clase o no. Así, los trabajos de la experiencia se realizaron entre el día 4 de mayo y 12 de mayo.

En el gráfico de la figura 49 se observa un acceso variado por parte de los usuarios. La simultaneidad en el acceso máxima, es decir, la hora en la que un mayor número de alumnos se dio en el laboratorio fue de 9 alumnos, lo que corresponde con la burbuja de mayor tamaño. No obstante, se puede observar que la mayor acumulación diaria de usuarios se concentra en las primeras horas de la mañana, horas que corresponden con los periodos lectivos (antes de las 15h). En este periodo se han producido el 72% de los accesos, mientras que en el periodo vespertino (de 15h a 20h) el porcentaje de accesos ha sido del 21% quedando un porcentaje de accesos nocturnos (de 21h en adelante) en un 6%.

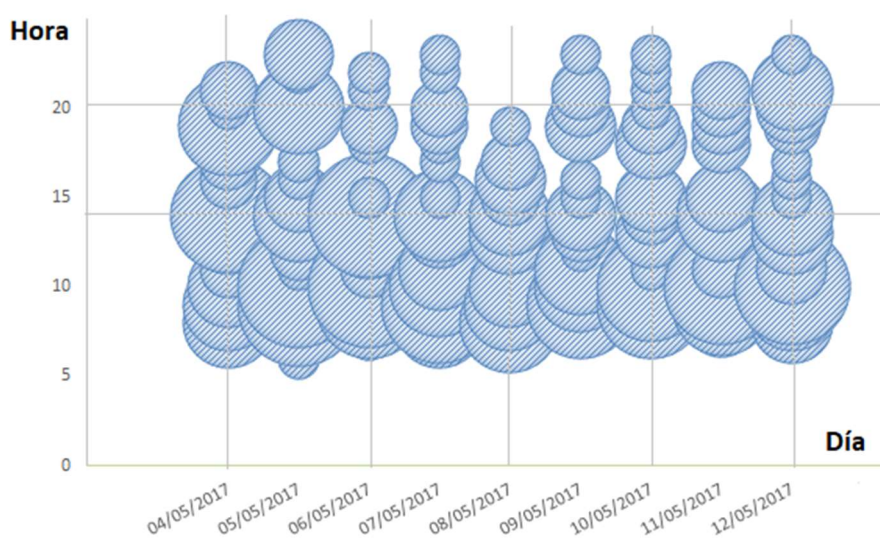


Figura 49. Accesos a VISIR durante el periodo de realización del curso.

De esta primera experiencia que consideramos de guía o piloto, se han extraído las siguientes conclusiones:

- La experiencia fue acogida y realizada de forma satisfactoria por parte de los alumnos que indicaron en su mayoría un alto grado de motivación durante el proceso de aprendizaje. Estas evidencias se han incluido en el Anexo I de esta tesis, a través de un análisis de los resultados de un cuestionario inicial a la experiencia (pretest) y de un cuestionario posterior la experiencia (postest).

- El departamento quedó muy satisfecho del empleo del laboratorio remoto VISIR, tanto por la sencillez de su diseño como por su usabilidad y alto grado de adaptación a las necesidades del departamento, tanto de tipo pedagógico como respecto al ahorro que puede suponer en un futuro emplear el laboratorio remoto en términos de mantenimiento y gastos de material fungible.
- Se ha de crear un nuevo curso específico para alumnos de 1º de ESO y realizar un estudio de este nuevo diseño en una futura experiencia didáctica.
- Se ha de mantener el diseño actual del MOOC para los alumnos de 2º de ESO ya que se ha observado que cubre perfectamente sus necesidades de aprendizaje.
- Se ha de diseñar una taxonomía específica mediante la cual se consideren como variables de aprendizaje tanto el desarrollo de las habilidades cognitivas como el de habilidades motoras. Esta nueva taxonomía afectará al diseño de los cursos, con lo que tanto el nuevo que se diseñará para alumnos de 1º de ESO como el existente para alumnos de 2º de ESO.

4.2. Segunda experiencia

Los resultados obtenidos en la primera experiencia han servido para establecer las bases de la segunda experiencia didáctica que se presenta en este apartado. Una vez que se ha valorado positivamente el empleo del laboratorio remoto VISIR, se ha rediseñado el curso en base al establecimiento de la taxonomía del modelo cognitivo-motor (CMM) cuyas características y particularidades se han presentado en el capítulo 3 de esta tesis.

Con el fin de evitar distorsiones, se ha realizado una adaptación del MOOC de Electricidad Básica de la experiencia primera presentada en el anterior apartado a la nueva taxonomía y se ha incluido el estudio del proceso de aprendizaje y del uso del laboratorio remoto VISIR a un nuevo grupo de alumnos y alumnas.

En este caso, se eligieron 115 alumnos, de los cuales 85 alumnos pertenecen al curso de 1º de ESO (45 chicos y 40 chicas) y 30 alumnos del curso de 2º ESO (16 chicos y 14

chicas). Se ha mantenido el modelo de uso de un laboratorio de forma similar a la experiencia 1.

En este caso, se ha realizado al azar la distribución que corresponde con 42 alumnos de 1º de ESO y 15 alumnos de 2º de ESO asignados al grupo que empleará el laboratorio remoto VISIR, mientras que 43 alumnos de 1º de ESO y 15 alumnos de 2º de ESO realizarán las prácticas empleando los mismos medios del laboratorio convencional que se han utilizado en la experiencia 1.

Esta segunda experiencia tendrá como objetivos dos tipos de análisis comparativos:

- ***Estudio comparativo de los resultados de aprendizaje en función del tipo de laboratorio que se emplee.*** Para ello, se han considerado dos grupos de alumnos: uno de control que utilizarán los mismos medios de laboratorio presencial que en la experiencia primera y un grupo experimental que utilizará el laboratorio remoto VISIR.
- ***Análisis por género de los resultados del alumnado participante en el estudio.*** En la experiencia primera se observaron mejores calificaciones por parte de las alumnas y en esta experiencia se quiere analizar y confirmar esta evidencia. Una vez que se constate, se procedería a utilizar el modelo cognitivo-motor para identificar cuáles son las diferentes estrategias de aprendizaje que utilizan las alumnas y que supone una diferencia cualitativa en la adquisición de habilidades de aprendizaje.

En los siguientes apartados se exponen los resultados del análisis de forma separada para los alumnos participantes de 1º de ESO y de 2º de ESO. Así, el lector observará que en el apartado 5.2.1 se analizan los resultados de aprendizaje de los alumnos de 1º de ESO, en el apartado 5.2.2 los correspondientes a los de los alumnos de 2º de ESO, en el apartado 5.2.3 se muestra la comparativa de género entre alumnos y alumnas de 1º de ESO y finalmente en el apartado 5.2.4 la comparativa de género en el alumnado de 2º de ESO.

4.2.1. Análisis de los resultados de aprendizaje del alumnado de 1º de ESO

El grupo participante en 1º de ESO corresponde con 85 alumnos y alumnas que se han repartido en dos grupos: el grupo experimental (VISIR lab) de 42 alumnos y alumnas que ha utilizado el laboratorio remoto VISIR como recurso técnico para el montaje de circuitos y la medida de las magnitudes, y el grupo de control (F2F lab) con 43 alumnos y alumnas que ha empleado los recursos propios del laboratorio presencial.

En el anexo II de esta tesis se ha incluido el curso completo que los alumnos y alumnas han llevado a cabo durante esta experiencia. Las tareas y actividades han sido diseñadas para valorar cada una de las destrezas estudiadas por el modelo cognitivo-motor (CMM), que se recuerdan como: SC – *Soft Cognitive Skills* o destrezas cognitivas de orden inferior, HC - *Hard Cognitive Skills* o destrezas cognitivas de orden superior, SM - *Soft Motor Skills* o destrezas motoras de orden inferior y HM- *Hard Motor Skills* o destrezas motoras de orden superior). Así, teniendo en cuenta las actividades incluidas en la experiencia y una vez clasificadas según el CMM, los valores medios (μ) obtenidos en un rango de 0 a 100 puntos en cada una de las destrezas y sus desviaciones estándar (σ), identificando cada agrupación de alumnos, han sido agrupados en la tabla 10.

Tabla 10. Resultados de cada destreza para alumnos de 1º de ESO

NIVEL 1	SC		SM		HM		HC	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
F2F lab	14,6	26,9	84,3	16,8	81,6	19,4	36,5	34,8
VISIR lab	19,8	30,9	83,2	19,9	78,5	23,0	31,1	38,3

NIVEL 2	SC		SM		HM		HC	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
F2F lab	66,1	38,4	89,7	21,8	26,5	27,9	32,9	26,6
VISIR lab	48,7	40,4	80,7	34,4	16,9	25,9	23,6	26,3

(*) La media de los resultados se representa en las columnas de σ y la desviación estándar en las columnas de μ

De acuerdo con las puntuaciones y valores anteriores, se puede interpretar que, en términos generales, el grupo de control (estudiantes de laboratorio F2F), tiene promedios ligeramente mejores que los estudiantes de VISIR. Se puede observar una situación paradójica en los resultados del Nivel 1, ya que los promedios de habilidades cognitivas son muy diferentes y son peores que los promedios de habilidades motoras, si se comparan con los mismos valores en el Nivel 2. Esto podría explicarse porque en

este primer curso los estudiantes no están acostumbrados a este tipo de experiencias, que emplean cálculos matemáticos que relacionan magnitudes físicas. El efecto de novedad podría ser una explicación a tal disparidad de resultados.

Comparando ambos grupos, se observa que los promedios son muy similares, por lo que se ha realizado una prueba *1-way ANOVA* ($p < 0.05$) para determinar si las diferencias de promedios son significativas. Los resultados obtenidos de la prueba ANOVA comparan las puntuaciones de los estudiantes del laboratorio F2F (media = 54,02, varianza = 268,93) con las de los estudiantes del laboratorio VISIR (media = 47,81, varianza = 430,61). Este análisis incorpora una probabilidad de error de 0,07776 y muestra que como la razón F (3,168) es menor que el valor crítico F (3,9250), la diferencia de promedios no es significativa, por lo que el factor del laboratorio puede considerarse no significativo también en términos de resultados de aprendizaje.

Dado que todos los alumnos han utilizado la misma documentación y los trabajos diferenciales realizados por cada grupo (VISIR y F2F) son los que afectan al dominio motor, se ha realizado una observación específica sobre las puntuaciones relacionadas con las habilidades de SM y HM. Así se han observado dos cuestiones:

- (a) El número de estudiantes que han fallado en las actividades del dominio motor es mayor en el laboratorio remoto que en el laboratorio presencial, y
- (b) El número de estudiantes que han obtenido resultados perfectos (puntuación = 100) en las actividades del dominio motor son mayores en el laboratorio remoto (VISIR lab) que en el laboratorio presencial (F2F lab).

Dado lo contradictorio de estas observaciones, se han realizado sendas pruebas estadísticas (prueba t y prueba ANOVA) para determinar si los promedios entre ambos grupos son significativos. En la siguiente tabla 11 se ha aplicado una prueba *1-way ANOVA* ($p < 0.05$) a cada una de las habilidades para determinar la significancia de las diferencias de promedio, pero como se puede observar, los promedios de ambos grupos no son significativamente diferentes:

Tabla 11. Cuadro resumen de los resultados de la prueba ANOVA a las destrezas de los alumnos de primer curso según el tipo de laboratorio.

Destreza	Promedio del laboratorio F2F	Promedio del laboratorio VISIR	Parámetro F	Valor crítico de F
SC	40,351	34,267	1,303	3,925
SM	86,974	81,940	2,117	
HM	54,035	47,672	3,265	
HC	34,737	27,356	2,083	

Además, en la siguiente tabla 12, se han estudiado los resultados de la comparación de medias entre grupos de laboratorio en respuesta a la pregunta: “¿Existen diferencias estadísticas significativas entre ambos grupos (VISIR y F2F)? Las posibles respuestas que se han establecido tras el análisis de las pruebas estadísticas correspondientes han sido “SÍ” cuando se han observado diferencias significativas entre grupos, “NO” cuando no se han obtenido diferencias significativas y “LÍMITE” cuando los valores obtenidos en los parámetros estadísticos se encontraban en una horquilla del $\pm 5\%$ del valor el parámetro crítico. Esta disposición de respuestas de los análisis estadísticos se ha empleado en posteriores análisis, ya que no responde a una única situación dicotómica, sino que contempla aquellas situaciones cercanas al límite.

Tabla 12. Resultados de las pruebas estadísticas llevadas a cabo para establecer la diferencia de medias para los alumnos de primer curso según el tipo de laboratorio empleado.

Destrezas	t-Test				Test 1-way ANOVA			
	SC	SM	HM	HC	SC	SM	HM	HC
Nivel 1	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Nivel 2	SÍ	LÍMITE	LÍMITE	LÍMITE	SÍ	NO	LÍMITE	LÍMITE

Como se puede observar, hay resultados interesantes ya que ambos se han calculado en similares situaciones. Se puede concluir que, aparte de no existir diferencias significativas entre grupos según el tipo de laboratorio que se utilice para las actividades del nivel 1, es decir, las más sencillas, se observa un cambio en dichas diferencias cuando se trata de analizar el nivel 2, donde se han encontrado definitivamente diferencias significativas en relación a la destreza cognitiva de orden inferior coincidente en ambos test, y además, diferencias ligeramente significativas detectadas por las situaciones límite en el resto de destrezas analizadas en dicho nivel 2.

Se puede observar que la mayoría de los estudiantes tienen buenos resultados cuando se trata de reconocer y calcular circuitos en serie, pero, sin embargo, encuentran se-

rios problemas para entender cómo calcular un circuito en paralelo. Este problema se debe a la falta de conocimiento sobre cómo calcular matemáticamente una ecuación inversa del tipo $1/X$. Sin embargo, el tipo de laboratorio utilizado no debe considerarse como un factor en la diferencia de las medias, ya que se trata de actividades que no requieren el uso de un laboratorio específico, por lo que se puede achacar las diferencias a factores aleatorios.

Para establecer un sistema de relaciones de causalidad entre las diferentes destrezas, se han realizado un cálculo de la correlación existente entre ellas mediante el uso del coeficiente de correlación de Pearson. En la siguiente tabla 13, se ha representado la colección de coeficientes de correlación de Pearson obtenidos a partir de los datos de las anteriores tablas e identificados según la relación de las destrezas (véase la [figura 24. Mapa de correlaciones entre los parámetros del modelo cognitivo-motor](#)) y una información cualitativa en la que se han coloreado las celdas de forma que se identifiquen los valores de alto grado de correlación en verde, de medio grado de correlación en amarillo y de correlación mínima o escasa en rojo.

Tabla 13. Coeficientes de correlación de Pearson entre destrezas según el tipo de laboratorio empleado por alumnos de 1º curso de ESO

NIVEL 1	CM1	R1	CC	MM	R2	CM2
Todos los alumnos	0,192	0,172	0,110	0,806	0,323	0,354
Alumnos VISIR	0,254	0,251	0,143	0,823	0,379	0,441
Alumnos F2F	0,114	0,082	0,086	0,781	0,247	0,232
NIVEL 2	CM1	R1	CC	MM	R2	CM2
Todos los alumnos	0,371	0,464	0,801	0,112	0,283	0,656
Alumnos VISIR	0,417	0,469	0,793	0,161	0,289	0,680
Alumnos F2F	0,254	0,419	0,794	-0,017	0,240	0,613

De la tabla de coeficientes de correlación, con atención al laboratorio presencial (F2F) se observa una acumulación de correlaciones mínimas durante el desarrollo del nivel 1 en todos los parámetros excepto en MM, el cual se trata del parámetro que correlaciona las destrezas motoras de orden inferior y superior. Esto se puede interpretar como que existe influencia mutua en la mejora de las capacidades motoras, es decir, que las actividades que promocionan las destrezas motoras sencillas habilitan para desarrollar las destrezas motoras más complejas.

En este nivel, que se recuerda se trata de un nivel introductorio a la electricidad, también se dan niveles intermedios de correlación en los parámetros R2 y CM2 únicamente en los alumnos que han utilizado el laboratorio remoto VISIR. Estos parámetros relacionan las destrezas cognitivas superiores con ambas destrezas motoras superior e inferior. En los alumnos y alumnas que utilizaron el laboratorio presencial (F2F) no se observa relación escasa en el resto de los parámetros.

En cambio, a raíz de los resultados obtenidos en el Nivel 2, donde priman las actividades de cálculo, se observa mayores valores en el parámetro CC, es decir, el que correlaciona las destrezas cognitivas de orden superior e inferior, a pesar de que también se incluyen actividades prácticas que requieren el empleo de aparatos de medida. No obstante, parece que existen mayores índices de relación para los alumnos que han utilizado VISIR desde el plano cognitivo hacia el plano motor.

Esto corrobora la idea de que los alumnos y alumnas, en general, tienen un aprendizaje más rápido de las habilidades motoras porque pueden verse reforzadas por las destrezas inferiores de los dos tipos, mientras que las habilidades cognitivas reciben menor retroalimentación desde las destrezas motoras. En cualquier caso, igual que se ha comentado anteriormente el efecto negativo de la novedad, también se puede interpretar un efecto negativo de sesgo una vez que los alumnos y alumnas se familiarizan con los dispositivos de medida según avanza la experiencia.

Finalmente, para observar y tratar de encontrar un patrón en el comportamiento y desempeño de los estudiantes basado en la correlación de las habilidades, se ha elaborado un mapa de relaciones en la Figura 50, en el que se representan los dos niveles y los dos tipos de laboratorio. Las líneas de conexión entre las habilidades pueden ser rojas y gruesas cuando la correlación es fuerte, negras y tenues si la correlación es baja y en aquellos casos en los que el coeficiente de correlación ha sido inferior a 0,3, la línea de conexión se ha eliminado.

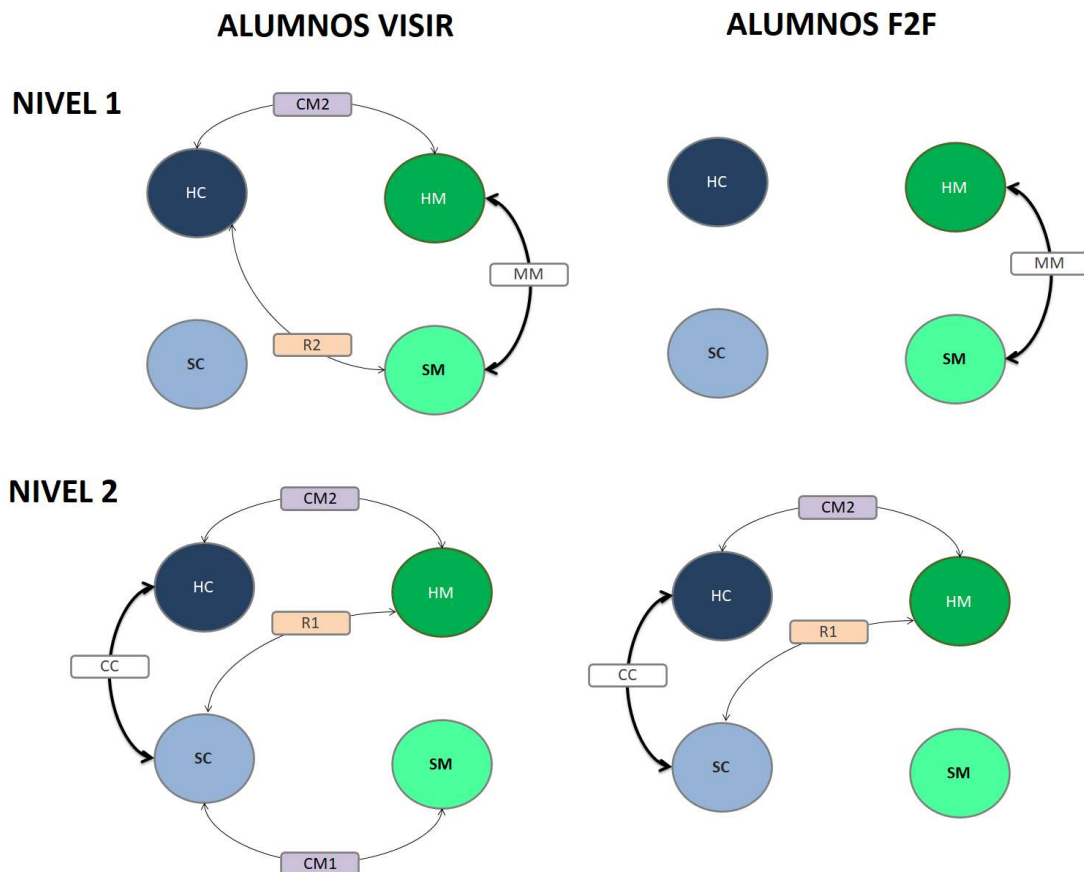


Figura 50. Mapa cualitativo de relación entre las diferentes destrezas cognitivas y motoras en alumnos de 1º de ESO según el tipo de laboratorio utilizado.

Comparando las imágenes correspondientes a ambos laboratorios, se pueden observar muy pocas diferencias. A primera vista, el empleo del laboratorio VISIR ha provocado mayores interrelaciones entre las destrezas que las que ha inducido el empleo del laboratorio presencial. De forma complementaria, observando las respuestas de las percepciones subjetivas de los alumnos a cuestionarios sobre el uso del laboratorio, estos aludían a un mayor atractivo en el entorno de VISIR frente a la realización de las prácticas utilizando medios de laboratorio convencional, así como un empleo más sencillo e intuitivo de los aparatos de medida de VISIR que los aparatos de medida del laboratorio presencial.

4.2.2. Análisis de los resultados de aprendizaje del alumnado de 2º de ESO

Siguiendo el mismo estudio que el realizado en el anterior apartado con los alumnos de 1º de ESO, en este apartado se mostrarán los datos procedentes del análisis de las destrezas de los alumnos y alumnas de 2º curso, a partir de su agrupación por tipo de

laboratorio empleado para la realización de las medidas eléctricas incluidas en el curso. En este estudio han participado 30 estudiantes, de los cuales 15 han realizado el curso utilizando el laboratorio remoto VISIR y 15 alumnos el laboratorio presencial convencional.

En la tabla 14, se observan los valores promedio (μ) y la desviación estándar (σ) de los resultados de aprendizaje medidos a partir del estudio de cada una de las destrezas medidas en el modelo CMM. Según los números expuestos en esta tabla, el grupo de laboratorio F2F, en términos generales, tiene un peor promedio que los estudiantes de laboratorio remoto VISIR. Mirando los promedios obtenidos en todas las habilidades y niveles, no hay ninguno en el que los estudiantes de F2F hayan superado a los estudiantes de VISIR.

Esto es algo contradictorio, dado que es la primera vez que los alumnos participantes en la experiencia realizan algún ejercicio de medición, según las respuestas dadas en el cuestionario anterior de la experiencia. En el cuestionario mencionado, algunos alumnos de 2º de ESO han oído hablar de conceptos y magnitudes de la electricidad, pero en general, todos ellos, de hecho, no recuerdan el significado de esos conceptos o magnitudes.

Tabla 14. Resultados de cada destreza según el nivel de actividades para alumnos de 2º de ESO

NIVEL 1	SC		SM		HM		HC	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
F2F lab	40,0	38,2	90,0	19,6	77,3	21,9	38,2	23,1
VISIR lab	68,7	29,2	87,0	19,3	76,7	23,2	63,3	32,6

NIVEL 2	SC		SM		HM		HC	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
F2F lab	70,3	38,8	62,0	42,0	23,3	40,6	20,0	29,2
VISIR lab	79,7	35,5	74,7	41,2	40,0	40,5	46,0	35,3

NIVEL 3	SC		SM		HM		HC	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
F2F lab	20,0	41,4	94,7	20,7	74,7	43,7	36,7	30,2
VISIR lab	53,3	51,6	81,3	38,9	53,3	51,6	54,2	32,1

En cualquier caso, es posible que este conocimiento previo les haya facilitado la comprensión de las primeras etapas teóricas de la experiencia. Lo que es difícil de explicar

es por qué en las primeras etapas teóricas de la experiencia, en las que los estudiantes van activando las destrezas cognitivas inferiores (SC), los grupos VISIR han logrado mejores resultados. Todos los alumnos han realizado los mismos pasos hasta que han iniciado el uso del laboratorio, con lo que el tipo de laboratorio no debería de tenerse en cuenta como factor diferencial.

Para realizar una comparativa entre ambos grupos, se ha aplicado un análisis de la varianza (ANOVA $p < 0,05$) a las medias de los resultados obtenidos por los estudiantes del laboratorio presencial (F2F) y del laboratorio remoto VISIR, con una probabilidad de error de 0,1724. El resultado del test ha sido de 1,9603, muy inferior al factor crítico (4,196), lo que se interpreta como poco de diferencias poco significativas. Sin embargo, se ha dado un 12% mejores resultados en los alumnos que han utilizado VISIR como laboratorio en la experiencia.

Tras practicar el análisis de la Varianza con distinción en cada una de las destrezas, tal y como se muestra en la tabla 15, se observa que las diferencias significativas entre laboratorios se dan en las destrezas cognitivas (SC y HC) mientras que no lo son en las destrezas motoras (SM y HM).

Tabla 15. Cuadro resumen de los resultados de la prueba ANOVA a las destrezas de los alumnos de segundo curso según el tipo de laboratorio

Destreza	Promedio F2F	Promedio VISIR	ratio F	Valor crítico para F
SC	43,44	67,22	5,10	4,196
SM	82,22	81,00	0,02	
HM	57,33	56,66	0,01	
HC	24,96	54,51	14,28	

Además del análisis de la varianza anterior se ha llevado a cabo una prueba t, en cada parámetro. En la siguiente tabla 16, se muestra un resumen de los resultados bajo un punto de vista cualitativo, en la que se ha empleado el mismo código de colores que en la anterior Tabla 15, y en la que se han utilizado las palabras Sí (verde) para indicar que existe una diferencia significativa entre grupos de laboratorios y NO (rojo) para identificar cuando no hay diferencia significativa. Obsérvese que se ha identificado un valor LIMITE, en que la diferencia de medias realizada mediante la prueba T ha sido muy cercana a la significancia y es por ello por lo que lo queremos reflejar en la tabla.

Tabla 16. Resultados de las pruebas estadísticas llevadas a cabo para establecer la diferencia de medias para los alumnos de segundo curso según el tipo de laboratorio empleado

Destreza	t-Test				1-way ANOVA test			
	SC	SM	HM	HC	SC	SM	HM	HC
Nivel 1	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ
Nivel 2	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ
Nivel 3	SÍ	NO	LÍMITE	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ

El grado de significancia se observa enfocado en el dominio cognitivo para todos los niveles de actividades. Sin embargo, en la puntuación media total, se ha encontrado poca influencia del dominio cognitivo y las destrezas inferiores motoras.

Para descubrir e identificar las interferencias del dominio cognitivo al dominio motor, se muestra un estudio de correlación en la siguiente tabla 17, cuya interpretación se ha descrito dada por la información proporcionada en la [tabla 13](#).

Realizando un mapeado de las conexiones entre destrezas mediante los coeficientes de correlación aplicados para cada par de destrezas, se observa para las actividades del primer nivel, en el que se presentan los primeros conceptos y ponen en práctica las habilidades motoras de orden inferior, que en los alumnos que han utilizado el laboratorio remoto VISIR se dan correlaciones más elevadas.

Tabla 17. Coeficientes de correlación de Pearson entre destrezas según el tipo de laboratorio empleado por alumnos de 2º curso de ESO

NIVEL 1	CM1	R1	CC	MM	R2	CM2
Todos los alumnos	0,23	0,23	0,50	0,61	0,31	0,35
Alumnos VISIR	0,40	0,31	0,44	0,65	0,36	0,57
Alumnos F2F	0,21	0,22	0,41	0,57	0,43	0,13
NIVEL 2	CM1	R1	CC	MM	R2	CM2
Todos los alumnos	0,82	0,37	0,59	0,50	0,57	0,66
Alumnos VISIR	0,86	0,49	0,72	0,52	0,61	0,61
Alumnos F2F	0,78	0,24	0,46	0,45	0,51	0,69
NIVEL 3	CM1	R1	CC	MM	R2	CM2
Todos los alumnos	-0,11	0,29	0,46	0,53	0,28	0,14
Alumnos VISIR	-0,11	0,46	0,20	0,53	0,49	0,11
Alumnos F2F	0,13	0,30	0,67	0,47	0,15	0,36

Estos resultados mejoran en ambos laboratorios en el segundo nivel en el que los estudiantes están practicando en los circuitos en serie y en paralelo. Es probable que estos mejores resultados sobre las correlaciones puedan estar relacionados con la influencia de trabajo de refuerzo que ha supuesto la asimilación de tareas durante el nivel 1 y que han afectado positivamente el desempeño de los estudiantes en la ejecución de las tareas del nivel 2.

Sin embargo, en el nivel 3, se observa que la destreza matemática requerida para acometer las actividades de tipo cognitivo no influye de forma tan clara como en el nivel 2 en el desempeño motor, aunque en la distribución de correlaciones, las habilidades motoras mantienen una fuerte relación. Es significativo un valor independiente observado en el parámetro CC, es decir, la correlación entre habilidades cognitivas de orden inferior y superior, y la diferencia de valores para VISIR (0,20 = relación débil) y para laboratorio F2F (0,67 = relación fuerte). En este caso, esto podría interpretarse como un refuerzo positivo de las actividades de este nivel 3 para aquellos alumnos que hayan realizado los trabajos con el laboratorio F2F.

A partir de los datos de la anterior [tabla 17](#), se ha creado un mapa de relaciones en la figura 45. El mapa de correlación de destrezas según el modelo CMM, distinguiendo alumnos según el tipo de laboratorio utilizado, ofrece una imagen significativa donde parece que las habilidades están más activadas en aquellos estudiantes que han utilizado el laboratorio remoto VISIR que en los que han utilizado los recursos del laboratorio presencial. Esta es una interpretación a partir de observar que existe una mayor realimentación entre las destrezas en el caso de los alumnos VISIR.

Una de las razones que nos ha llevado a esta forma de interpretar el gráfico y sus elementos se basa en la mayor interacción entre los estudiantes y los elementos del laboratorio VISIR, ya que la manipulación de las herramientas en el laboratorio remoto, la reacción de los estudiantes frente a procesos de resolución de errores o sus propias reacciones ante un problema que suponga una alteración en el montaje de un circuito han sido más rápidos. Creemos por nuestra observación de los alumnos, aunque no lo hemos cuantificado y, por tanto, no es posible demostrarlo, que la exposición a una

interfaz virtual mejora la atención a la experiencia y la concentración en la realización de experimentos.

Aparte de la interpretación propuesta en el anterior párrafo hemos realizado un análisis exhaustivo de las interacciones nivel por nivel. En el nivel 1 se observa como ambos grupos están efectuando un trabajo mixto entre las destrezas cognitivas y las destrezas motoras. Este nivel conlleva una gran actividad mental consciente, ya que los alumnos se enfrentan a los primeros conceptos sobre magnitudes eléctricas.

En este nivel, el tipo de prácticas empleadas son fundamentalmente de medidas de resistencia eléctrica, pero, aunque las destrezas motoras no exijan esfuerzo, es la primera vez que los alumnos manejan el laboratorio, por lo que en la novedad de la herramienta reside la dificultad y por lo que necesitan activar más canales de realimentación entre destrezas.

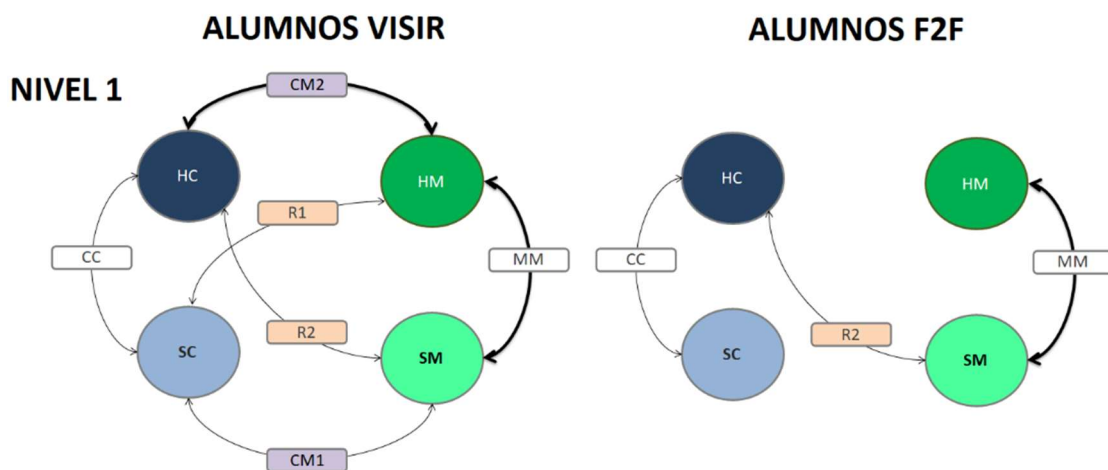


Figura 51. Mapa cualitativo de relación entre las diferentes destrezas cognitivas y motoras en alumnos de 2º de ESO según el tipo de laboratorio utilizado para el nivel 1 de la experiencia

En el caso del nivel 2, las actividades se centran en la conexión de circuitos serie y paralelo, la medida de resistencias equivalente y el uso del multímetro para medir intensidades y voltajes. Los alumnos ya conocen la interfaz, en el caso de VISIR, y la instrumentación en el caso del laboratorio presencial, y se observa similares interacciones en los alumnos VISIR con el anterior nivel. En el caso de los alumnos del laboratorio presencial, entran en escena de forma contundente las interacciones que refuerzan respectivamente los niveles de orden superior e inferior.

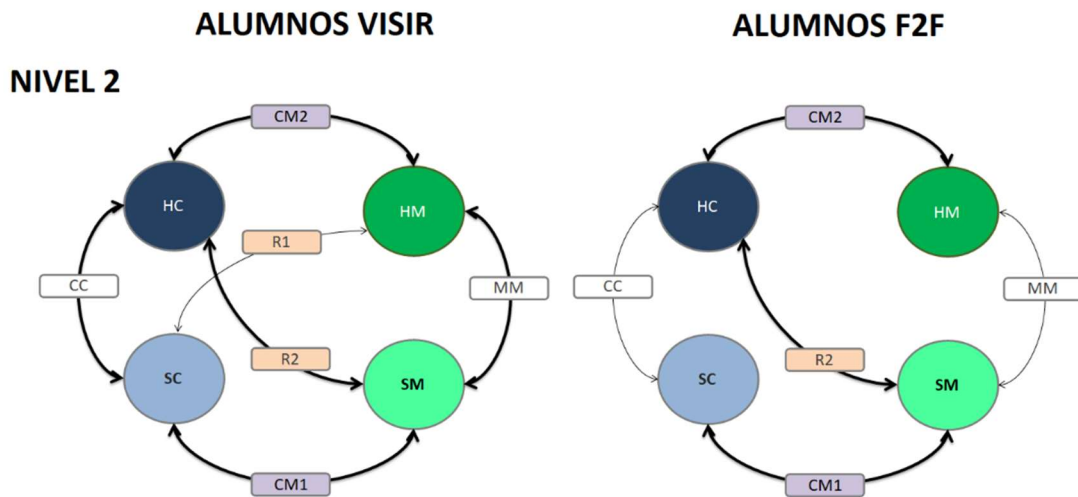


Figura 52. Mapa cualitativo de relación entre las diferentes destrezas cognitivas y motoras en alumnos de 2º de ESO según el tipo de laboratorio utilizado para el nivel 2 de la experiencia

Por último, en el nivel 3, los alumnos y alumnas se enfrentan al cálculo de circuitos mixtos. Para llevar a cabo la resolución de problemas de esta índole, los alumnos y alumnas han de demostrar suficiente asimilación de las características de los circuitos serie y paralelo y suficiente destreza en la interpretación de los esquemas eléctricos. Con el fin de abordar los problemas de cálculo, se ha propuesto la elaboración de una tabla en la que los alumnos y alumnas tendrán que situar inicialmente los valores de voltaje y resistencia eléctrica aportados en el enunciado del problema.

A partir de aquí, la resolución se hará de forma guiada a partir de los valores de corriente y voltaje que se vayan calculado mediante el cálculo de la resistencia equivalente y la aplicación de la ley de Ohm. En la figura 53 se muestra un ejemplo de circuito mixto y la tabla con los valores resueltos como aplicación de esta estrategia de cálculo.

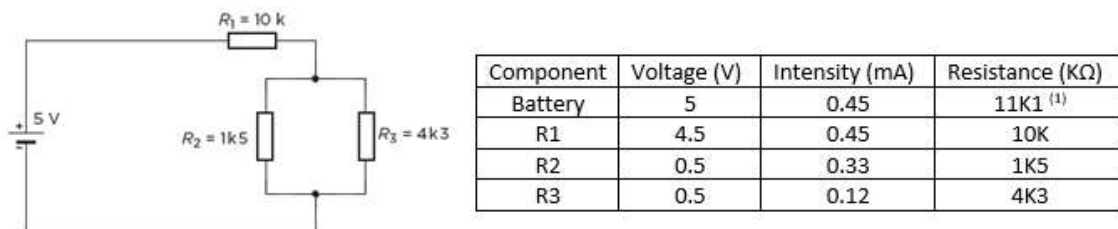


Figura 53. Estrategia de resolución de circuitos mixtos del nivel 3 de la segunda experiencia

A la vista de las interrelaciones analizadas en este nivel 3, expuestas en la figura 54, se observa que los alumnos del laboratorio presencial activan en mayor medida sus des-

trezas a partir del núcleo cognitivo mientras que los alumnos que han utilizado VISIR, se basan más en la destreza motora como elemento central de su proceso.

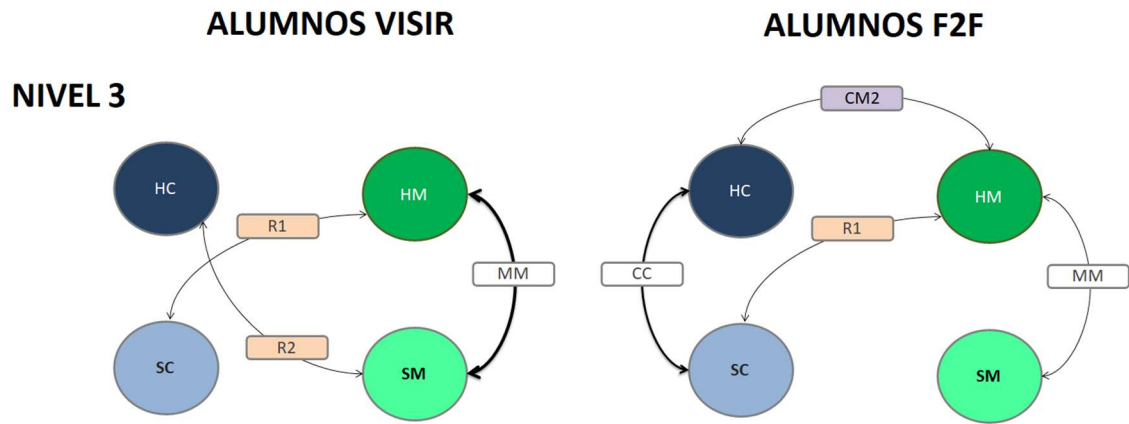


Figura 54. Mapa cualitativo de relación entre las diferentes destrezas cognitivas y motoras en alumnos de 2º de ESO según el tipo de laboratorio utilizado para el nivel 3 de la experiencia

En cualquier caso, resulta muy interesante observar como parece como si cada grupo hubiera llevado a cabo una experiencia diferente, cuando en realidad, ambos grupos han tenido que realizar las mismas actividades, el mismo estudio de los conceptos y han aplicado las mismas estrategias de cálculo. Lo único que ha cambiado ha sido la forma de realizar el montaje de los circuitos propuestos y realizar las medidas eléctricas correspondientes.

Observando además estos diagramas con los que se han incluido en el mapa obtenido para alumnos de primer curso, se observa que el grado de correlaciones se intensifica de un año a otro, lo que se interpreta como una evolución en el dominio de sus destrezas de toda índole.

4.2.3. Análisis de los resultados de aprendizaje del alumnado según el género en 1º de ESO

Aprovechando los datos obtenidos de la experiencia, hemos pensado la conveniencia de realizar un estudio del rendimiento y las destrezas de los alumnos y alumnas participantes en función del género y no del tipo de laboratorio que han utilizado. Esto permitiría observar si ambos grupos, alumnos y alumnas, emplean las mismas estrategias de aprendizaje y desarrollan o ponen en práctica las habilidades cognitivas y mo-

toras de igual o diferente manera. De los 85 alumnos de 1º de ESO participantes en la experiencia, 45 son chicos y 40 son chicas.

Reuniendo los datos de cada uno de ellos de forma individual y valorando cada una de sus destrezas, siguiendo la taxonomía CMM, es decir, la destreza cognitiva de orden inferior (SC) y superior (HC) y las habilidades motoras de orden inferior (SM) y de orden superior (HM), se han obtenido las puntuaciones que se reflejan en la tabla 18, en las que se proporcionan para cada destreza el valor medio obtenido por cada grupo en cada nivel de actividades propuestas en la experiencia. En esta tabla, se muestran los valores medios (μ) obtenidos para cada grupo, destreza y nivel, y la desviación típica (σ) resultante del cálculo estadístico.

Tabla 18. Resultados por destreza según el nivel de actividades y género para alumnos de 1º de ESO

Género	Nivel	SC		SM		HM		HC	
		μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
Femenino	1	28,33	36,28	88,65	15,87	85,63	19,56	42,22	37,69
	2	67,50	39,89	90,21	24,28	26,04	30,23	37,60	27,35
Masculino	1	9,25	19,01	80,22	19,33	75,97	21,68	27,71	34,73
	2	50,07	39,17	81,49	31,78	18,51	24,70	21,57	24,37

De forma adicional se muestra en la figura 55 una gráfica en la que se representan los valores medios de la tabla 18 con el fin de resaltar la comparativa entre grupos:

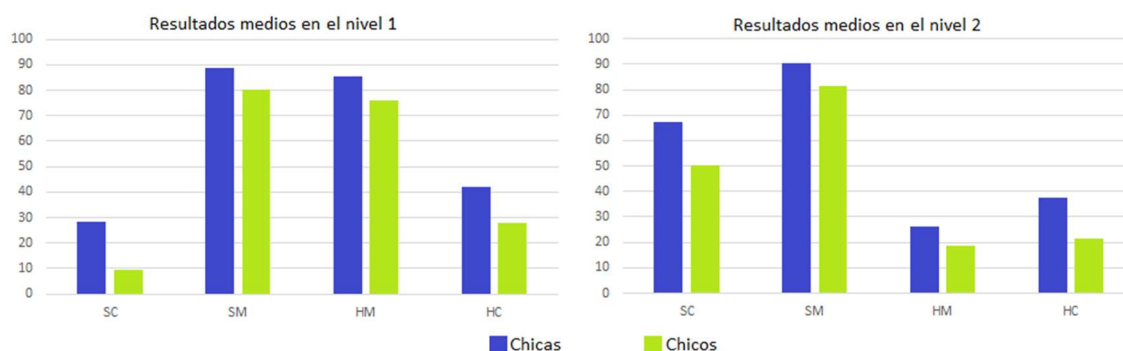


Figura 55. Gráfica comparativa de resultados medios según el género, en función de la destreza y el nivel para alumnos de 1º de ESO

Analizado estos datos en primera instancia, se observa que en ambos niveles y en todas las destrezas las alumnas han obtenido mayores calificaciones en muy diversos grados. Al acometer los trabajos relacionados con la puesta en práctica de la destreza cognitiva de orden inferior (SC) el resultado de las chicas es abrumadoramente mayor

que el de los chicos, si bien este dato no es significativo ya que los resultados de ambos grupos han sido muy pobres.

Por otro lado, observando las destrezas motoras de ambos órdenes, la diferencia es ligeramente superior. Por último, si bien los resultados son inferiores a lo esperado en ambos grupos, las chicas muestran entre un 52% y un 74% de mayores calificaciones en la implementación de la destreza cognitiva compleja.

Con el fin de no establecer diferencias por mera observación de los valores medios, se ha procedido, igual que en anteriores apartados, a realizar una prueba estadística que analice la significancia entre las medias obtenidas en ambos grupos. De esta forma, se ha implementado una prueba 1-way ANOVA ($p < 0,05$) con una probabilidad de error de 0,00028 entre los valores de calificaciones de ambos grupos y se ha obtenido un parámetro F de 14,01, mucho mayor que el valor crítico de la prueba ($F = 3,925$), por lo que la diferencia de medias es estadísticamente significativa. A partir de estos resultados, la investigación permitirá analizar con mayor profundidad el factor del género como elemento diferenciador significativo de los resultados de aprendizaje entre chicos y chicas.

El hecho apuntado es que las chicas han logrado mejores resultados en todas las habilidades, independientemente del tipo de destreza y de la complejidad de esta. Con el fin de profundizar los resultados se han atomizado las pruebas estadísticas para delimitar las agrupaciones y así, tratar de exponer donde reside la diferencia entre ambos grupos.

Se han establecido, por tanto, cuatro pruebas ANOVA más para determinar la diferencia entre las medias de los grupos sobre el género según la habilidad y nivel. Los resultados se han agrupado en la siguiente tabla 19, en la que se han comparado las medias destreza a destreza. Como se observa todos los parámetros, resultado del análisis de la varianza son mayores que el factor crítico, lo que indica que no hay una destreza determinada que marque la diferencia, sino que lo son todas.

Tabla 19. Resultados por destreza según el nivel de actividades y género para estudiantes de 1º de ESO

Destreza	Media en alumnas	Medias en alumnos	F ratio	Valor crítico de F
SC	47,917	29,664	12,533	3,925
SM	89,427	80,858	6,178	
HM	55,833	47,239	5,927	
HC	39,913	24,639	9,215	

Además de la prueba de análisis de la Varianza se ha llevado a cabo en paralelo un test T por cada prueba ANOVA y ambas pruebas han coincidido en los resultados de la significancia de diferencia de medias a excepción del análisis de ambas destrezas motoras de orden inferior (SM) y de orden superior (HM). En la siguiente tabla 20, se expone de forma cualitativa si han resultado diferencias significativas (SI), si dichas diferencias son próximas a la significancia (LÍMITE) o si la prueba no ha reconocido diferencias significativas (NO).

Tabla 20. Resultados de las pruebas estadísticas llevadas a cabo para establecer la diferencia de medias para los alumnos de primer curso según el género.

Destreza	t-Test				1-way ANOVA test			
	SC	SM	HM	HC	SC	SM	HM	HC
Nivel 1	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Nivel 2	SÍ	LÍMITE	NO	SÍ	SÍ	LÍMITE	LÍMITE	SÍ

De la misma forma que en la comparación de estudiantes de diferentes laboratorios utilizados llevada a cabo en anteriores apartados, en el caso del estudio de género, y para medir la influencia que una determinada habilidad ejerce en los demás, se ha realizado el mismo estudio de correlación múltiple. La tabla 21 muestra los diferentes coeficientes de correlación de Pearson entre las destrezas SC, SM, HM y HC, de acuerdo con los códigos de colores anteriormente establecidos.

Tabla 21. Coeficientes de correlación de Pearson calculados entre destrezas en función del género de los estudiantes de 1º de ESO

NIVEL 1	CM1	R1	CC	MM	R2	CM2
Todos	0,191	0,172	0,110	0,805	0,323	0,354
Alumnos	0,056	0,003	0,216	0,766	0,359	0,400
Alumnas	0,214	0,205	-0,059	0,851	0,191	0,218
NIVEL 2	CM1	R1	CC	MM	R2	CM2
Todos	0,371	0,464	0,801	0,112	0,283	0,656
Alumnos	0,327	0,431	0,778	0,166	0,243	0,633
Alumnas	0,342	0,478	0,793	-0,008	0,242	0,673

En el análisis de los coeficientes de correlación presentados, se pueden observar fuertes correlaciones entre los parámetros motores (SM y HM) en las actividades del Nivel 1. Sin embargo, las habilidades cognitivas de orden superior (HC) parecen moderadas con ambas correlaciones de habilidades motoras. En las actividades del Nivel 2 son las habilidades motoras simples las que menor relación tienen con las otras tres destrezas, dando especial importancia a la fuerte relación de precedencia en el desarrollo de habilidades cognitivas complejas a partir de las simples.

Es probable que, nuevamente, la novedad instruccional que conlleva abordar las actividades del nivel 1 haya influido en la realización de las demás actividades, lo que puede suponer una merma en el rendimiento de los estudiantes en las primeras etapas de la experiencia. Como consecuencia, la influencia de la habilidad cognitiva simple es grande en la mejora del resto de competencias. Esto está en la línea del enfoque constructivista del aprendizaje y de nuevo, resalta la importancia de una buena asimilación del conocimiento previo. Por otra parte, esta explicación es válida tanto para alumnos como para alumnas, ya que se observa gran parecido en los resultados de correlación para ambos grupos.

Con el fin de ilustrar estas relaciones, en la figura 56 se ha representado un mapa de influencia de las destrezas, siguiendo el mismo esquema que en anteriores apartados en los que se establecen los cuatro dominios de habilidades que pueden dar lugar a seis relaciones.

Las relaciones fuertes se han ilustrado con líneas gruesas, mientras que si la relación es moderada se han representado con líneas finas. En caso de no existir relación o que esta sea débil, las relaciones no se han representado. De esta forma, se pone de manifiesto las diferentes estrategias que sigue cada grupo a la hora de afrontar las actividades contempladas en cada nivel.

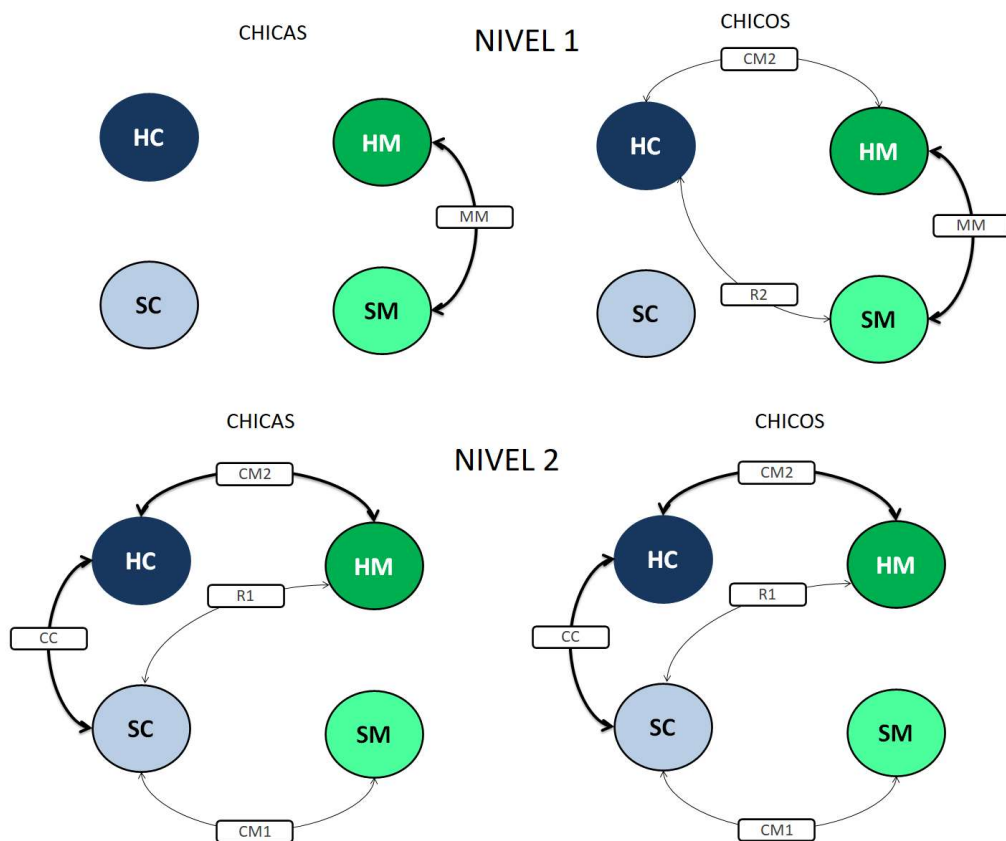


Figura 56. Mapeado de los parámetros cognitivo-motor en alumnos de 1º de ESO, agrupados según el género.

4.2.4. Análisis de los resultados de aprendizaje del alumnado según el género en 2º de ESO

De la misma forma que en el anterior apartado, se ha estudiado el grupo de alumnos de 2º de ESO, constituidos por 30 estudiantes, de los cuales 16 son chicos y 14 son chicas. El estudio de este apartado se centrará, por tanto, en la comparativa de ambos grupos.

De nuevo, se han reunido los datos de cada participante de forma individual y se ha valorado cada una de sus destrezas, siguiendo la taxonomía CMM. Recordamos de nuevo estas, destrezas cognitivas de orden inferior (SC) y superior (HC) y habilidades motoras de orden inferior (SM) y de orden superior (HM). Estos datos se han promediado y se han representado en la siguiente tabla, se han obtenido las puntuaciones que se reflejan en la tabla 22, en las que se proporcionan para cada destreza el valor medio obtenido por cada grupo en cada nivel de actividades propuestas en la expe-

riencia. En esta tabla, se muestran los valores medios (μ) obtenidos para cada grupo, destreza y nivel, y la desviación típica (σ) resultante del cálculo estadístico.

Tabla 22. Resultados por destreza según el nivel de actividades y género para alumnos de 2º de ESO

Género	Nivel	SC		SM		HM		HC	
		μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
Femenino	1	75,00	29,30	91,10	13,90	87,90	15,80	73,10	18,70
	2	93,60	13,20	85,70	20,60	37,90	43,40	48,90	34,50
	3	57,10	51,40	94,30	21,40	78,60	42,60	61,20	33,60
Masculino	1	36,30	32,80	86,30	23,10	67,50	22,90	31,30	25,10
	2	58,80	43,30	53,10	49,10	26,30	39,00	19,10	28,60
	3	18,80	40,30	82,50	37,90	51,30	50,60	31,70	23,50

De forma adicional se muestra en la figura 57 una gráfica en la que se representan los valores medios de la tabla con el fin de resaltar la comparativa entre grupos:



Figura 57. Gráfica comparativa de resultados medios según el género, en función de la destreza y el nivel para alumnos de 2º de ESO

De nuevo, tras el análisis de los datos presentados, es evidente que las alumnas participantes han obtenido mejores resultados que sus compañeros masculinos, en todos los niveles y en todas las destrezas. El hecho de que en el Nivel 1 las exigencias prácticas sean de menor calado, apunta a una mayor similitud en los resultados relativos a las destrezas motoras (SM y HM), pero se observa mayores diferencias en las destrezas cognitivas (SC y HC). Estas diferencias se mantienen en el resto de los niveles.

Es interesante observar las dificultades que los alumnos y alumnas han encontrado en la realización de las prácticas del nivel 2. Recordamos que estas prácticas tienen que ver con el montaje de circuitos serie y paralelo.

Esta cuestión también se ha mostrado en la comparativa entre laboratorios, representada en los anteriores apartados de este capítulo, por lo que, tanto de forma empírica por observación a lo largo de los años en nuestra experiencia docente como de forma

estadística, tal y como se representa en este estudio, este es un punto crítico que habría que reforzar.

Para los alumnos de primero y segundo de ESO, se produce un salto cualitativo en la asignatura de matemáticas cuando se introduce el concepto y práctica de las ecuaciones de primer grado. Estamos convencidos que el despeje de ecuaciones y la resolución de problemas de cálculo en los que la solución introduce relaciones fraccionarias, tratamientos separados de numerador y denominador en la misma operación, no se asimila adecuadamente. Este punto de inflexión determina el rechazo de los alumnos cuando se trata de abordar situaciones, que para ellos resultan complejas y exigen concentración y sistematización en las operaciones matemáticas.

El 51,1% de las alumnas y el 80,9% de los alumnos participantes en este estudio, han respondido que la resistencia equivalente de un circuito compuesto por dos resistores conectados en paralelo se obtiene por la suma de sus resistencias. Estas cifras resultan significativas para ser analizadas con mayor profundidad. Creemos que esto no es debido a una falta de conocimientos de la operativa que ha de utilizarse para la obtención de una resistencia equivalente de un circuito paralelo, sino a una actitud laxa que empuja a abordar dos problemas diferentes (resolución de circuitos en serie y de circuitos en paralelo) mediante las mismas operaciones.

Podemos asegurar que, en posteriores cursos, la experiencia y práctica continua en la resolución de este problema se supera, motivada fundamentalmente por la madurez y la práctica matemática.

No obstante, estas desviaciones críticas debidas a la falta de madurez matemática que impide abordar adecuadamente los problemas se minimizan cuando se trata de observar la evolución de las destrezas motoras.

Las cifras de desempeño motor en el nivel 1, en el que se introduce la práctica y uso del multímetro está suficientemente superada por el 91% de las alumnas y el 86% de los alumnos. Cuando se trata de complicar el circuito a sendos montajes serie y parale-

lo, tratado en los trabajos del Nivel 2, estas cifras se reducen al 85% para las alumnas y al 53% para los alumnos.

La introducción de un voltímetro y un amperímetro en estos montajes, con sus conexiones particulares, añade mayor dificultad que es superada por el 37% de las alumnas y por el 26% de los alumnos. Aunque parezcan cifras bajas, permiten observar que su práctica redonda de forma positiva en los montajes de circuitos mixtos propuestos en el Nivel 3, en los que el rendimiento de los participantes se eleva, ofreciendo cifras de buen desempeño en el montaje de circuitos y conexión de aparatos de medida de 78% para las alumnas y de 51% para los alumnos.

Para no establecer diferencias por simple observación de los valores medios, se ha procedido, igual que en anteriores apartados, a la realización de un análisis estadístico para determinar la significancia entre las medias obtenidas en ambos grupos.

De esta forma, se ha implementado una prueba 1-way ANOVA ($p < 0,05$) con una probabilidad de error de 0,00021 entre los valores de calificaciones de ambos grupos y se ha obtenido un parámetro F de 18,11, mucho mayor que el valor crítico de la prueba ($F = 4,196$), por lo que la diferencia de medias es estadísticamente significativa. A partir de este resultado, se ha querido profundizar en la diferencia de medias entre grupos para cada una de las destrezas, de forma que se resalte en cuál de las destrezas se establece la diferencia entre grupos.

Así, se han establecido cuatro pruebas ANOVA adicionales para determinar la diferencia entre las medias de los grupos sobre el género según la habilidad y nivel. Los resultados se han agrupado en la siguiente tabla 23, en la que se han comparado las medias de los grupos, destreza a destreza.

Como se observa, no todos los parámetros, resultado del análisis de la varianza, son mayores que el factor crítico. Se pone de relieve que no existen diferencias significativas en las destrezas motoras, tanto simples (SM) como complejas (HM). En cambio, las diferencias de destrezas cognitivas resultan evidentes, no tanto en las destrezas sim-

ples (SC) que, aunque diferentes son más parecidas, como en las destrezas complejas (HC) que sí son significativamente diferentes.

Tabla 23. Resultados por destreza según el nivel de actividades y género para alumnos de 2º de ESO

Destreza	Media en chicas	Media en chicos	F ratio	Valor crítico de F
SC	75,24	37,92	5,10	4,196
SM	90,36	73,96	0,02	
HM	68,09	48,33	0,01	
HC	61,07	27,32	14,28	

Esto pone de relieve que chicos y chicas utilizan diferentes estrategias de aprendizaje y afrontan el proceso de resolución de problemas de forma diferente. A partir de la observación de los datos, las estrategias de aprendizaje que aplican las alumnas son más eficaces que las que implementan los alumnos.

Con el fin de confirmar estos datos procedentes de las pruebas ANOVA descritas, se ha llevado a cabo de forma adicional un test T por cada prueba ANOVA. En la siguiente tabla 24, se expone de forma cualitativa si los resultados han arrojado diferencias significativas (SI), si dichas diferencias son próximas a la significancia (LÍMITE) o si la prueba no ha reconocido diferencias significativas (NO).

Ambas pruebas (t-Test y ANOVA) muestran iguales resultados, confirmando pues, la validación de los resultados. Tan solo, existe una divergencia en los resultados de t-Test en la diferencia de medias para la destreza compleja motora (HM), que ofrece un valor límite mientras que la prueba ANOVA indica la inexistencia de diferencia de medias.

Tabla 24. Resultados de las pruebas estadísticas llevadas a cabo para establecer la diferencia de medias para los alumnos de 2º de ESO según el género.

Destreza	t-Test				1-way ANOVA test			
	SC	SM	HM	HC	SC	SM	HM	HC
Nivel 1	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ
Nivel 2	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ
Nivel 3	SÍ	NO	LÍMITE	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ

De la misma forma que en la comparación de alumnos de diferentes laboratorios utilizados llevada a cabo en anteriores apartados, en el caso del estudio de género, y para medir la influencia que una determinada habilidad ejerce en los demás, se ha realizado

el mismo estudio de correlación múltiple. Para facilitar la lectura, de nuevo mostramos en la figura 58 la denominación de las seis correlaciones entre los cuatro parámetros estudiados, para que el lector pueda interpretar los datos ofrecidos en la tabla 25.

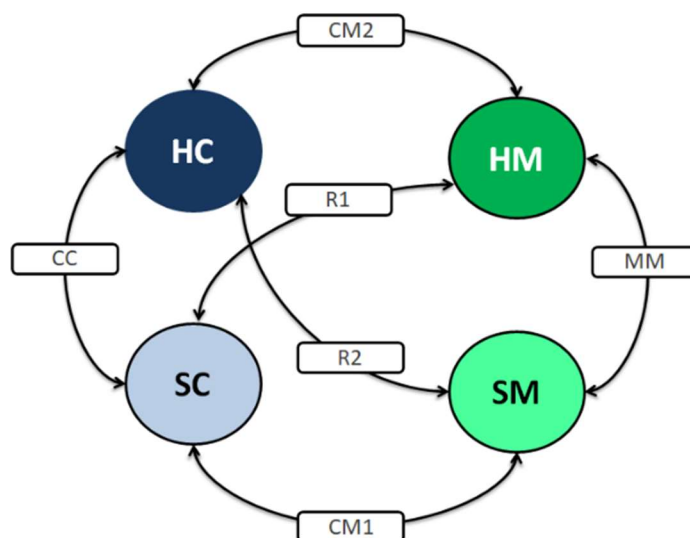


Figura 58. Mapa de correlaciones entre los parámetros del modelo cognitivo-motor

Para obtener la información de dicha tabla 25, se ha procedido a calcular la correlación de Pearson entre las destrezas SC, SM, HM y HC, siguiendo la misma metodología que en anteriores ocasiones.

Tabla 25. Coeficientes de correlación de Pearson calculados entre destrezas en función del género de los estudiantes de 2º de ESO

NIVEL 1	CM1	R1	CC	MM	R2	CM2
Todos	0,231	0,232	0,504	0,612	0,308	0,351
Alumnos	0,313	0,011	0,313	0,522	0,365	0,029
Chicas	0,022	-0,109	0,040	0,913	0,168	0,039

NIVEL 2	CM1	R1	CC	MM	R2	CM2
Todos	0,823	0,373	0,588	0,502	0,573	0,664
Alumnos	0,852	0,440	0,540	0,492	0,613	0,784
Alumnas	0,202	0,294	0,644	0,451	0,653	0,579

NIVEL 3	CM1	R1	CC	MM	R2	CM2
Todos	-0,112	0,292	0,463	0,530	0,284	0,144
Alumnos	-0,209	0,151	0,224	0,502	0,139	-0,030
Alumnas	0,241	0,254	0,395	0,532	0,378	0,059

Así, a modo de recordatorio, para interpretar estos datos, cabe indicar que, en los casos de correlación perfecta, es decir, relación lineal entre grupos, el coeficiente de correlación r se cuantifica como 1 o (-1), en función de si la relación proporcional es di-

recta o inversa. En caso de no existir correlación, el valor calculado será nulo. Como se puede observar en la tabla, se han incluido colores en las celdas para indicar el grado de correlación. Así, para valores $r > 0,5$, se ha considerado una fuerte correlación entre los datos correlacionados, los cuales se han coloreado en verde. Por otro lado, para valores $r < 0,3$ las celdas se han coloreado en rojo indicando que no existe una correlación significativa entre las destrezas. Otros valores intermedios ($0,3 < r < 0,5$), se han coloreado en naranja para indicar que existe una correlación débil entre los parámetros.

En el análisis de los coeficientes de correlación presentados, se pueden observar una gran concentración de fuertes correlaciones originadas desde las destrezas motoras, mientras que las correlaciones se debilitan en torno a los parámetros de destreza cognitiva, a excepción de los originados por las alumnas en el nivel 2.

Con el fin de ilustrar estas relaciones, en la figura 53 se ha representado un mapa de influencia de las destrezas, siguiendo el mismo esquema que en anteriores apartados en los que se establecen los cuatro dominios de habilidades que pueden dar lugar a seis relaciones. Aquellas relaciones fuertes se han ilustrado con líneas gruesas, mientras que si la relación es moderada se han representado líneas finas. En caso de no existir relación o que esta sea débil, las relaciones no se han representado. De esta forma, se pone de manifiesto las diferentes estrategias que sigue cada grupo a la hora de afrontar las actividades contempladas en cada nivel.

Interpretando la gráfica 59, se observan diferentes formas de actuar entre chicos y chicas. Lo primero que resalta cuando se observan las gráficas son las tan diferentes estrategias que han seguido alumnos y alumnas, según los diferentes niveles. Dado que la complejidad de las tareas específicas de cada nivel se ha diseñado de forma creciente, se observa como ambos grupos activan las destrezas motoras, que se utilizan como base para la obtención del conocimiento.

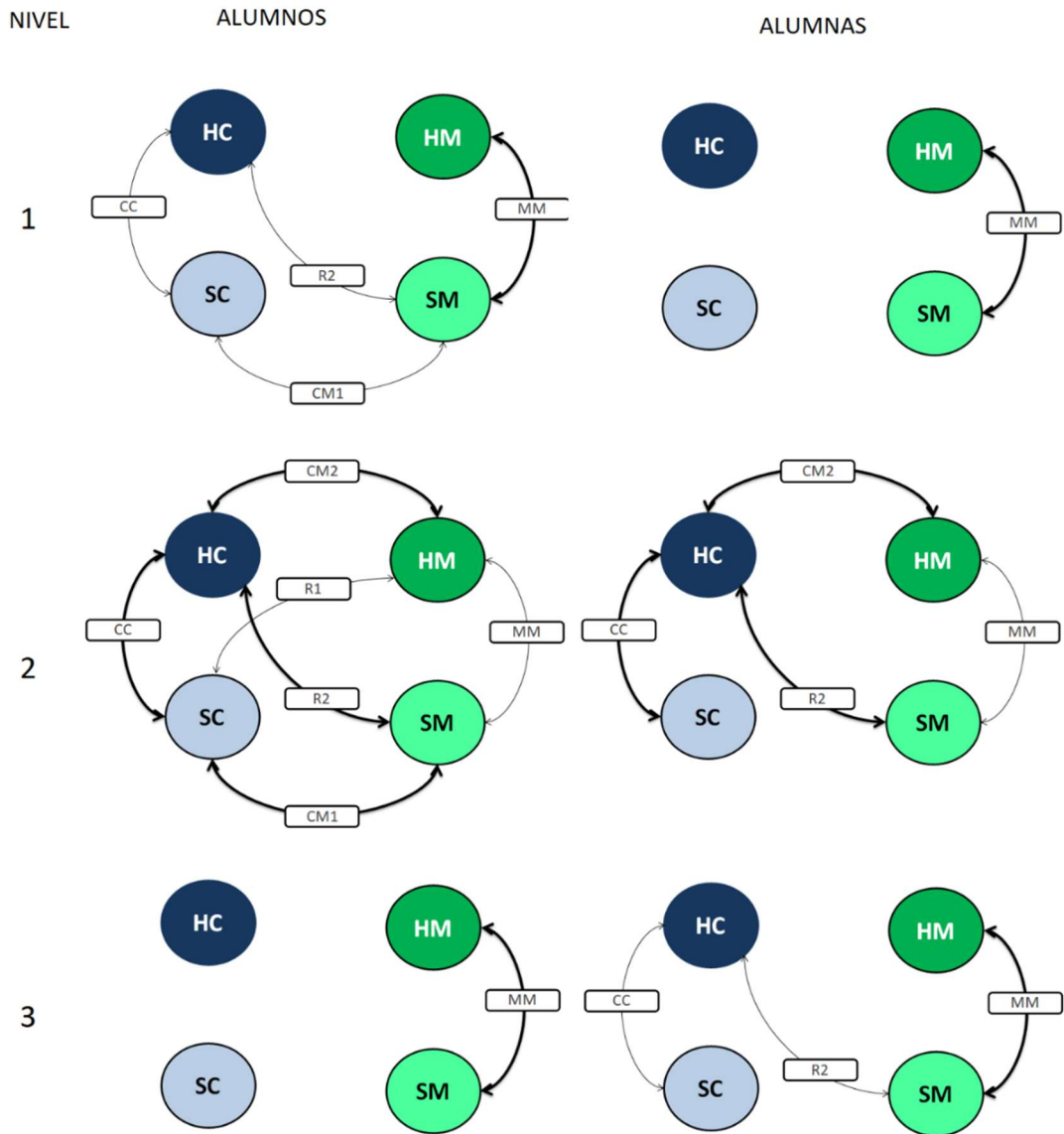


Figura 59. Mapeado de los parámetros cognitivo-motor en alumnos de primer curso de ESO, agrupados según el género

En el caso de las chicas, se observa que sus destrezas motoras se complementan con el apoyo del resto de destrezas cognitivas a medida que se complican las tareas, mientras que los chicos, actúan de forma inversa, mostrando una gran diversidad de destrezas aplicadas cuando las actividades son de bajo desempeño, diversidad que se reduce hasta concentrar sus esfuerzos en la aplicación de destrezas motoras cuando la actividad adquiere mayor complejidad.

Observando los mapeados de ambos grupos, se observa que la principal estrategia de las alumnas comienza desde la estrategia de “Aprender haciendo” para terminar acti-

vando los canales cognitivos frente a la complejidad, mientras que los alumnos utilizan la estrategia inversa, es decir, tratar de comprender la teoría que subyace en las tareas para finalmente, activar las habilidades motoras como principal acceso al conocimiento.

Se observa pues, que ambas estrategias de aprendizaje son diferentes y a la vista de los resultados, se puede adelantar que las estrategias que han empleado las alumnas son más eficientes que las utilizadas por sus compañeros masculinos. Habitualmente, se encuentra en el pensamiento popular que los hombres suelen ser más competentes en las cuestiones prácticas, mientras que las mujeres son más competentes en las funciones relacionadas con el desarrollo teórico de los análisis. Este estudio desmonta este mito, observándose una mayor capacidad tanto motora como cognitiva por parte de las mujeres frente a los hombres.

En cualquier caso, la función motora se revela como el recurso inicial que genera y consolida la función cognitiva:

“In the age group of 10-12 years, in females, cognitive functioning is related to the motor system [...]. In the age group of 13-14 years, in females, cognitive functioning is involved in forming the factors for regulation of coordination and the intensity of energy mobilization in lower extremities, and to some degree, in the factor for regulation of intensity of energy mobilization in upper extremities and strength of the trunk, whereas in males the integration of synergetic regulation of movement in terms of balance and agility in terms of speed of direction change is carried out with significant involvement of cognitive abilities” (Katić, Bala y Barovic, 2012).

Algunos autores apuntan a una ecualización en las capacidades cognitivas y motoras según las condiciones de vida mejoren, así como las oportunidades educativas (Weber, Skirbekk y Herlitz, 2014), lo que favorece a las mujeres en aspectos como la memoria episódica o la capacidad de fluidez frente a la categorización, a las que se refieren a aspectos relacionados con la atención y concentración en la tarea (Upadhayay y Gurgain, 2014).

4.3. Tercera experiencia

A partir de los resultados obtenidos en la primera y segunda experiencia, circunscritas al estudio de la eficacia del laboratorio VISIR como recurso complementario para emplear en las experiencias de aprendizaje de Electricidad se ha presentado para los alumnos de 3º de ESO, el MOOC “*Microelectronics: diodes and signals*” y su homólogo en castellano “Microelectrónica: diodos y señales”. El curso se ha diseñado según la metodología guiada propuesta por el Modelo Cognitivo-Motor (CMM) y con ellos se han introducido componentes pasivos no conocidos por los estudiantes de este nivel, como el condensador y se ha enfocado al uso discreto del diodo semiconductor y su función como elemento rectificador.

Como objetivo principal, se ha tratado de dar continuidad a los estudios de electricidad, introduciendo a los alumnos y alumnas de 3º de ESO en el mundo de la microelectrónica. Son diversos los objetivos secundarios propuestos con la realización de estos cursos, pero el principal es que los alumnos y alumnas puedan combinar el estudio de la teoría de la microelectrónica de estado sólido con la práctica en el montaje de circuitos electrónicos mediante el laboratorio remoto VISIR. Este laboratorio ha sido empleado de forma exclusiva para la realización de tareas de medida y montaje de circuitos.

En el momento de la experiencia, en la que participaron 109 alumnos y alumnas de 3º de ESO, ha resultado un recurso muy valorable, al permitir a los alumnos avanzar según ritmos personalizados de aprendizaje. En años posteriores a la experiencia (2019 y 2020), el laboratorio remoto VISIR se ha empleado como una herramienta fundamental para dar continuidad a los estudios de los alumnos y alumnas, habida cuenta de la situación generada por los continuados confinamientos debido a la crisis de emergencia sanitaria derivada de los efectos del SARS Cov-2. En la actualidad, en el momento en que esta tesis se está terminando, el curso está activo para 89 alumnos de 3º de ESO y se pretende que siga empleándose de forma indefinida como parte del desarrollo curricular de los contenidos de 3º de ESO.

Como objetivo final, se ha pretendido que, de forma natural y progresiva, los alumnos y alumnas sean capaces de entender y practicar en el montaje de una fuente de alimentación a partir del montaje de un puente rectificador y un filtro capacitivo.

En el anterior capítulo se ha presentado la organización de ambos cursos, que se ha dividido en 3 niveles: un primer nivel de conocimiento del diodo semiconductor, un segundo nivel de aproximación a la naturaleza de las ondas de corriente alterna y a la medida de estas mediante un osciloscopio y finalmente, el desarrollo de montajes rectificadores con y sin filtro capacitivo de media onda, de onda completa con 4 diodos y con puente de diodos.

Los resultados de los alumnos han sido tratados según el modelo CMM, tras clasificar cada actividad de acuerdo con la planificación expuesta en la [figura 31](#). Todas las tareas, resolución de problemas y medidas prácticas han sido calificadas en una escala de 0 a 10 puntos, aplicando los criterios de evaluación previstos para cada una de ellas. En la mayoría de los casos, el principal criterio consiste en completar una tarea que tiene solo una única resolución o respuesta.

En otros casos, se ha cuantificado gradualmente, según el tipo de respuesta o la rapidez en realizar la tarea. El curso se ha compartimentado en tres niveles, de los que prestaremos especial atención a los niveles 1 y 3, ya que las actividades del nivel 2 están destinadas al reconocimiento del concepto de onda y a la práctica en la medida de ondas senoidales mediante un osciloscopio. En sí, el nivel 2 se trata de un capítulo en el que los alumnos practicarán con el fin de abordar las tareas del nivel 3.

Existe un aspecto que no se ha tratado según la taxonomía CMM y es precisamente una prueba objetiva de conocimientos y destrezas aplicada al final de cada uno de los niveles, de carácter sumativo y que se discutirá más adelante.

4.3.1. Resultados del nivel 1: El diodo rectificador en corriente continua y su polarización: recta de carga y punto de trabajo.

En el diseño de las actividades y tareas en este nivel se han incluido aquellas que permitan de forma natural, que el alumnado entienda el funcionamiento simple de un diodo semiconductor en un circuito alimentado de corriente continua. De forma progresiva, las tareas introducen el concepto de recta de carga de un circuito con diodo semiconductor y del punto de trabajo del diodo. Para abordar este nivel se han empleado tareas que dan lugar a 15 resultados, las cuales, en función de la destreza que pretenden desarrollar han tenido la siguiente distribución:

- Para el trabajo con la destreza cognitiva simple (SC): 3 tareas
- Para el trabajo con la destreza cognitiva compleja (HC): 5 tareas
- Para el trabajo con la destreza motora simple (SM): 3 tareas
- Para el trabajo con la destreza cognitiva simple (HM): 4 tareas

Se han cuantificado todos los resultados de las 15 tareas para los 109 participantes. A partir de dicha cuantificación se ha llevado a cabo un promediado en función del tipo de destreza, obteniendo un cuadro de valoración, expuesto en la tabla 26. En dicha tabla, en la primera columna se ofrecen las diferentes notas de 0 a 10 posibles puntos, y en las siguientes columnas, aparece la cuenta de la cantidad de alumnos que han obtenido dicha nota.

Se han coloreado en naranja, aquellas celdas donde el número de alumnos es mayor que una decena e inferior a 20 individuos, habiéndose coloreado en verde cuando el número de alumnos acumulados han sido superior a una veintena de alumnos. Obsérvese que los colores que indican acumulación de alumnos en una misma nota se aglutinan en valores superiores a 5 puntos sobre 10, lo que, de partida, supone unas calificaciones satisfactorias.

Tabla 26. Número de alumnos y notas obtenidas por el grupo por tipo de destreza

Nota	SC	SM	HM	HC
0	0	0	1	2
1	0	1	4	3
2	1	3	5	1
3	3	10	7	2
4	2	2	8	3
5	6	10	10	1
6	5	11	10	15
7	8	16	7	21
8	34	9	15	36
9	28	6	13	19
10	16	35	23	0

De forma complementaria a los valores de la tabla 26, se han promediado para todos los alumnos, obteniéndose las cifras expuestas en la tabla 27.

Tabla 27. Valores medios del grupo de estudio por tipo de destreza

	Todas las destrezas	Destreza SC	Destreza SM	Destreza HM	Destreza HC
μ	7,53	7,95	7,27	6,72	7,02
σ	1,826	1,762	2,583	2,833	2,031

Nota: μ identifica el promedio de la población estudiada y la desviación estándar. Las cifras están obtenidas desde una valoración individual de tareas de 0 a 10 puntos.

Desde el punto de vista docente, las cifras ofrecidas en las anteriores tablas 26 y 27 son indicativas de un buen rendimiento por parte de los alumnos y alumnas, los cuales han sabido asimilar los contenidos y podido desarrollar las destrezas esperadas.

En la figura 60, se han representado en un gráfico de tipo diana los valores ofrecidos en la tabla 26. En dicha figura se observa una acumulación de alumnos en el área entre las valoraciones de 8 y 9 sobre 10 para ambas destrezas cognitivas, mientras que las valoraciones de las destrezas motoras se centran de forma muy pronunciada entre el 9 y el 10.

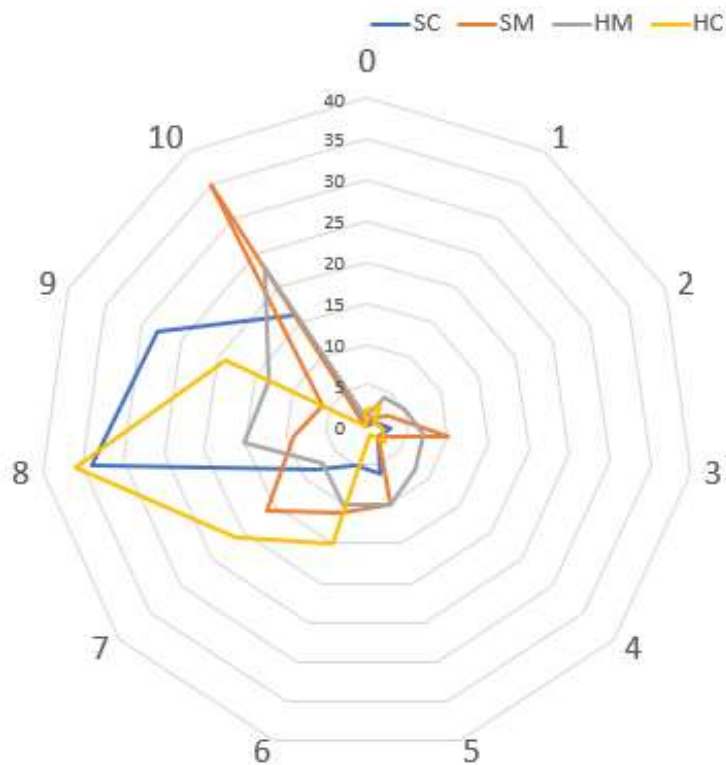


Figura 60. Distribución de valoraciones en las tareas del nivel 1

Para validar estos datos, hemos propuesto comparar las cifras obtenidas en cada destreza por parte de los 109 alumnos entre sí, con el fin de determinar si pertenecen estadísticamente al mismo grupo, es decir, si las notas obtenidas son coherentes o existe algún tipo de sesgo.

Se ha procedido a comparar las poblaciones de valores medios entre grupos, siendo el tipo de destreza el parámetro que define cada grupo. Los resultados han sido tratados según el análisis de la varianza (ANOVA). Así, las poblaciones de los cuatro grupos (SC, SM, HM y HC) son iguales y tienen un factor crítico $F = 6,76$.

Como se puede ver en la siguiente lista, los resultados del análisis de la varianza para cada comparación de medias han obtenido valores inferiores al factor crítico, lo que identifica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las destrezas.

En otras palabras, se trata del mismo grupo de población.

- Análisis de grupos SC – SM $\rightarrow F(1, 204) = 4,888, p < 0.02$
- Análisis de grupos SM - HM $\rightarrow F(1, 204) = 2,072, p < 0.05$

- Análisis de grupos HM - HC $\rightarrow F(1, 204) = 0,7679, p < 0.05$
- Análisis de grupos HC - SC $\rightarrow F(1, 204) = 4,0264, p < 0.04$

Finalmente, en el análisis de los resultados de esta fase, se ha procedido a estudiar la relación mutua que existe entre las diferentes destrezas a fin de identificar qué destreza sirven de realimentación a cuáles otras. Para ello, siguiendo lo indicado en anteriores apartados, se ha procedido a calcular los coeficientes de correlación de Pearson entre destrezas, que se exponen en la siguiente tabla 28.

Tabla 28. Coeficientes de correlación de Pearson entre destrezas estudiadas. Nivel 1

Relación entre destrezas directas		
Relación entre destrezas simples (SC-SM)	CM1	0,3034
Relación entre destrezas motoras (SM-HM)	MM	0,8109
Relación entre destrezas complejas (HC-HM)	CM2	0,2631
Relación entre destrezas cognitivas (SC-HC)	CC	0,7643
Relación entre destrezas residuales		
Relación entre destreza cognitiva simple y motora compleja (SC-HM)	R1	0,6889
Relación entre destreza motora simple y cognitiva compleja (SC-SM)	R2	0,0143

Asimismo, se ofrece un mapeado de estas relaciones en el entorno de las conexiones entre destrezas en la figura 61, donde se observa una correlación fuerte en el plano motor y en el plano cognitivo. También se observa una correlación fuerte entre la destreza cognitiva simple y la destreza motora compleja.

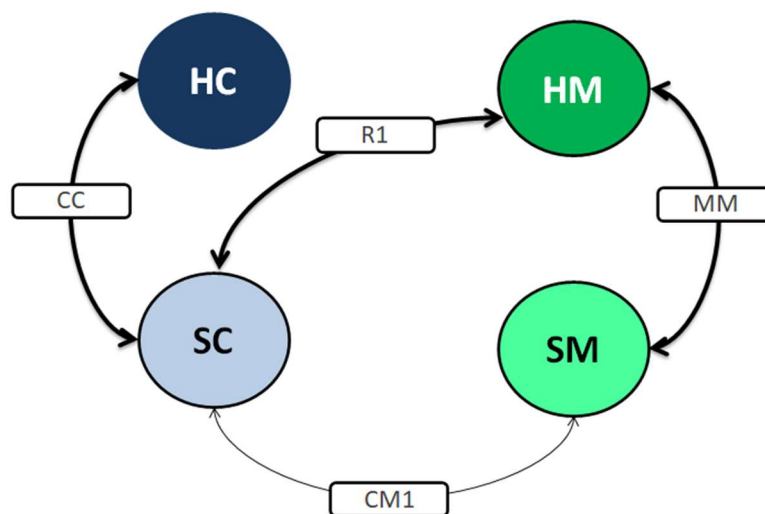


Figura 61. Mapeado de interrelaciones de destrezas según modelo cognitivo-motor en el nivel 1

Por otro lado, no se observan correlación entre destrezas complejas y de forma débil entre destrezas cognitivas. Se puede, por tanto, interpretar que la teoría estudiada por los alumnos tiene buena conexión, lo que se interpreta como que el curso está concebido de forma adecuada, utilizando un buen diseño metodológico. Por otro lado, la fuerte relación entre el desarrollo motor, en ambos niveles simple y complejo, se interpreta como que los alumnos y alumnas han encontrado continuidad en las prácticas, habiendo asimilado el formato de las prácticas más simples, asociadas al montaje de circuitos, con las más complejas dirigidas al empleo de instrumentación.

4.3.2. Resultados del nivel 2: Las señales de alterna y empleo del osciloscopio.

Según se puede observar en este nivel en el documento de este curso, proporcionado en el Anexo, se ha tratado de mostrar a los alumnos de 3º de ESO la utilidad de las señales alternas, sus características y la medida de estas, introduciendo por primera vez el empleo del osciloscopio.

En este caso, el capítulo tiene una extensión muy pequeña y tan solo se han empleado 4 resultados que se han clasificado según la destreza que se trabaja, esto es, un resultado de aprendizaje por cada destreza. Básicamente, este capítulo del curso se ha incluido por una razón fundamental consistente en dotar a los alumnos del conocimiento de las ondas de alterna, cuyos contenidos es la primera vez que son estudiados por los alumnos y alumnas, y permitirles la práctica en la medida de estas mediante un osciloscopio. Los alumnos y alumnas han podido llegar a emplear instrumentos de medida como multímetros, en los que la medida es directa e instantánea, ya que el resultado se ofrece en paneles digitales o en el caso más complejo, con la medida de una aguja de cuadro móvil sobre una escala.

En cualquier caso, el hecho de emplear un aparato de medida que hayan de conectar mediante dos terminales difiere de lo que tienen que realizar cuando se trata de conectar la sonda de un osciloscopio. El simple concepto de masa les resulta extraño, ya que cuando se trata de trabajar con señales de corriente continua, estos tienen clara la

función de voltaje de referencia que ejerce el terminal negativo de una batería o de una fuente de alimentación. Sin embargo, en este caso, les puede resultar extraño interpretar la función de una sonda.

Valga como ejemplo, la siguiente propuesta que se aconseja se lleve a cabo cuando se trata de presentar a los alumnos la función de las sondas de ambos canales 1 y 2, disponibles en el osciloscopio de VISIR. En la figura 62, se presenta un circuito compuesto de dos resistores de 1 k Ω y 10 k Ω respectivamente, conectados a una señal senoidal procedente del generador de funciones de 8 voltios y 4 kilohercios. Se ha procedido a conectar respectivamente el canal 1 (cable verde) del osciloscopio con la señal del generador de funciones (V1) y el canal 2 (cable azul) coincidente con la señal de voltaje en el resistor de 10 k Ω (V2).

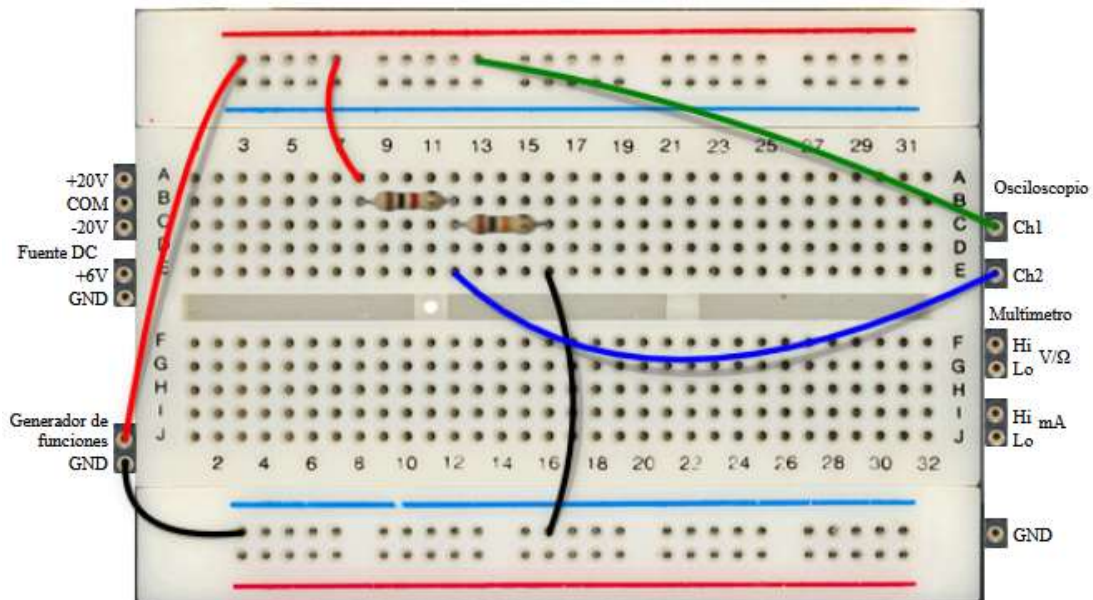


Figura 62. Ejemplo de circuito propuesto como complemento en nivel 2

Aplicando las escalas adecuadas que la señal y activando ambos canales en el osciloscopio, además del canal operativo en el que se ha seleccionado la diferencia de valores entre ambos canales, los alumnos y alumnas podrán observar en la pantalla del osciloscopio tres señales, tal y como se observa en la figura 63. La señal de mayor amplitud corresponderá con la denominada V1, que se encuentra en fase con otra señal senoidal de similar amplitud.

No obstante, se observa en la figura 63, que entre ambas señales existe diferencia. La cuestión que se les plantea es que midan si la diferencia entre valores máximos de ambas señales V1 y V2 es igual que la amplitud de una señal senoidal de color rojo que aparece en la pantalla del osciloscopio. Precisamente, dicha señal de color rojo es la resultante de que el osciloscopio aplique la diferencia a ambas señales V1 y V2. Por lo tanto, ambos valores deberían ser iguales.

De esta forma, a pesar de no disponer de las herramientas trigonométricas relativas a la función senoidal, los alumnos son capaces de intuir que la operativa sobre valores representativos como pueden ser los valores máximos, son perfectamente válidos para entender que la diferencia de dos señales senoidales en fase corresponde con una señal senoidal, también en fase.

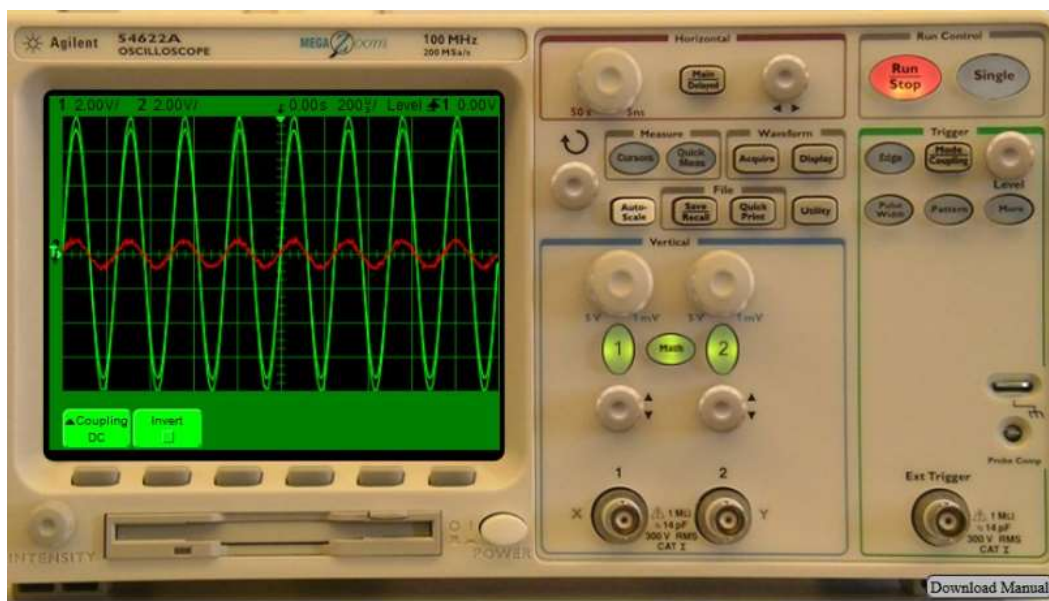


Figura 63. Señales obtenidas en osciloscopio de VISIR en ejemplo de circuito propuesto como complemento en nivel 2

En definitiva, se recomienda, si fuera posible la presencia del profesor durante la exposición de los contenidos de este nivel 2, se lleve a cabo esta experiencia que resulta de gran utilidad para que alumnos y alumnas entiendan la naturaleza de las ondas y las características de que dispone un osciloscopio para la medida de amplitudes de una señal.

Esta experiencia adicional, se puede además ampliar con la medida directa del periodo y, por ende, de la frecuencia de una señal que hayan determinado mediante el generador de funciones.

En la figura 64 se muestra un ejemplo de señal medida en un resistor directamente conectado a una señal de 1 kilohercios. Se pedirá a los alumnos que midan el periodo de una de las ondas expuestas.

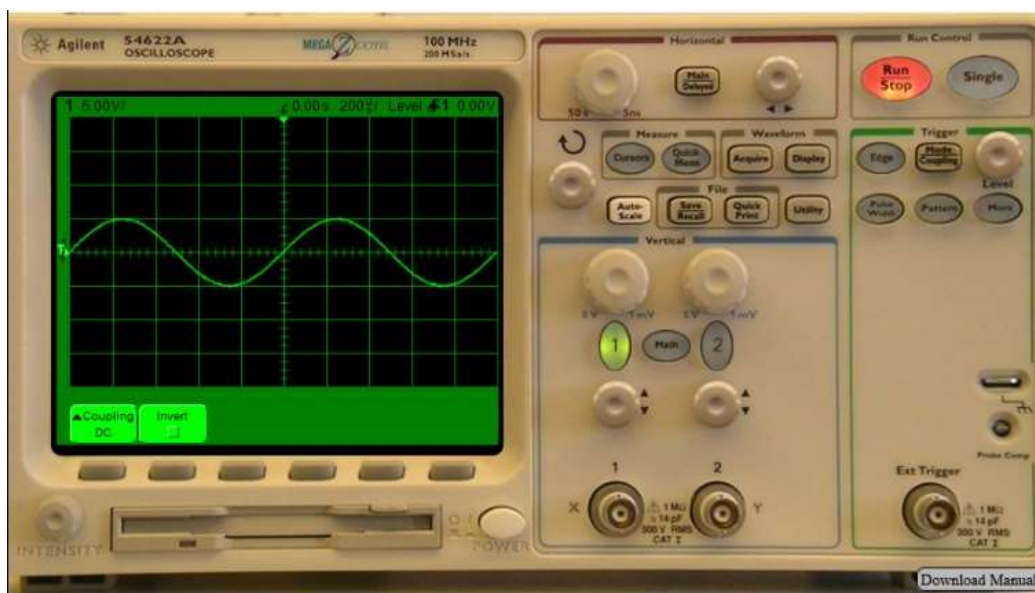


Figura 64. Señal de 1 kilohercio en el osciloscopio de VISIR

De la experiencia llevada a cabo con los 109 alumnos y alumnas participantes, los resultados de los participantes se han cuantificado y promediado en función del tipo de destreza, obteniendo un cuadro de valoración representado en la tabla 29, donde en la primera columna se ofrecen las diferentes notas de 0 a 10 posibles puntos, y en las siguientes columnas, aparece la cuenta de la cantidad de alumnos que han obtenido dicha nota.

Se han coloreado en naranja, aquellas celdas donde el número de alumnos es mayor que una decena e inferior a 20 individuos, habiéndose coloreado en verde cuando el número de alumnos acumulados han sido superior a una veintena de alumnos.

Tabla 29. Número de alumnos y notas obtenidas por el grupo por tipo de destreza en el nivel 2

Nota	SC	SM	HM	HC
0	2	4	9	6
1	1	2	2	4
2	1	2	2	5
3	1	3	1	3
4	2	2	3	13
5	2	1	7	14
6	1	0	0	19
7	0	0	8	23
8	1	2	4	18
9	17	18	3	3
10	81	75	70	1

En este caso, hay mayor dispersión en los resultados obtenidos por los alumnos. Se ha de tener en cuenta que se han dado casos de alumnos que no han obtenido una valoración superior a 5 puntos sobre 10. Esto ha sucedido en 45 ocurrencias. Por otro lado, se observa como la resolución perfecta de las actividades se han dado en un 79% para la destreza cognitiva simple, en un 73% para la habilidad motora simple y en un 68% para la habilidad motora compleja, lo que contrasta con el rendimiento frente a la destreza cognitiva compleja, en la que tan solo 1 alumno de los 109 han resuelto las propuestas a la perfección. En este caso, para la destreza cognitiva simple, y las habilidades motoras simple y compleja se observa una acumulación alumnos con excelente rendimiento, mientras que el grueso de los alumnos (un 72%) han obtenido un resultado entre un 5 y un 8 sobre 10.

De forma complementaria a los valores de la tabla 29, se han promediado para todos los alumnos, obteniéndose las cifras expuestas en la tabla 30.

Tabla 30. Valores medios del grupo de estudio por tipo de destreza en el nivel 2

	Todas las destrezas	Destreza SC	Destreza SM	Destreza HM	Destreza HC
μ	8,192	9,534	9,155	8,330	5,748
σ	1,676	1,533	2,239	3,053	2,204

Nota: μ identifica el promedio de la población estudiada y la desviación estándar. Las cifras están obtenidas desde una valoración individual de tareas de 0 a 10 puntos.

En esta tabla se observa lo comentado en anteriores párrafos, donde los rendimientos para las destrezas SC, SM y HM son elevados, contrastando con un mediocre rendimiento en la destreza cognitiva compleja (HC).

Por tanto, se puede interpretar que los alumnos han entendido bien los principios de las señales alternas y han asimilado el manejo del osciloscopio para la realización de las prácticas, pero no han sabido interpretar adecuadamente la información proporcionada por el osciloscopio ante las medidas de señales alternas.

En la siguiente figura 65, se han representado en un gráfico de tipo diana los valores ofrecidos en la tabla 29, donde se observan estas cifras de forma comparativa entre sí:

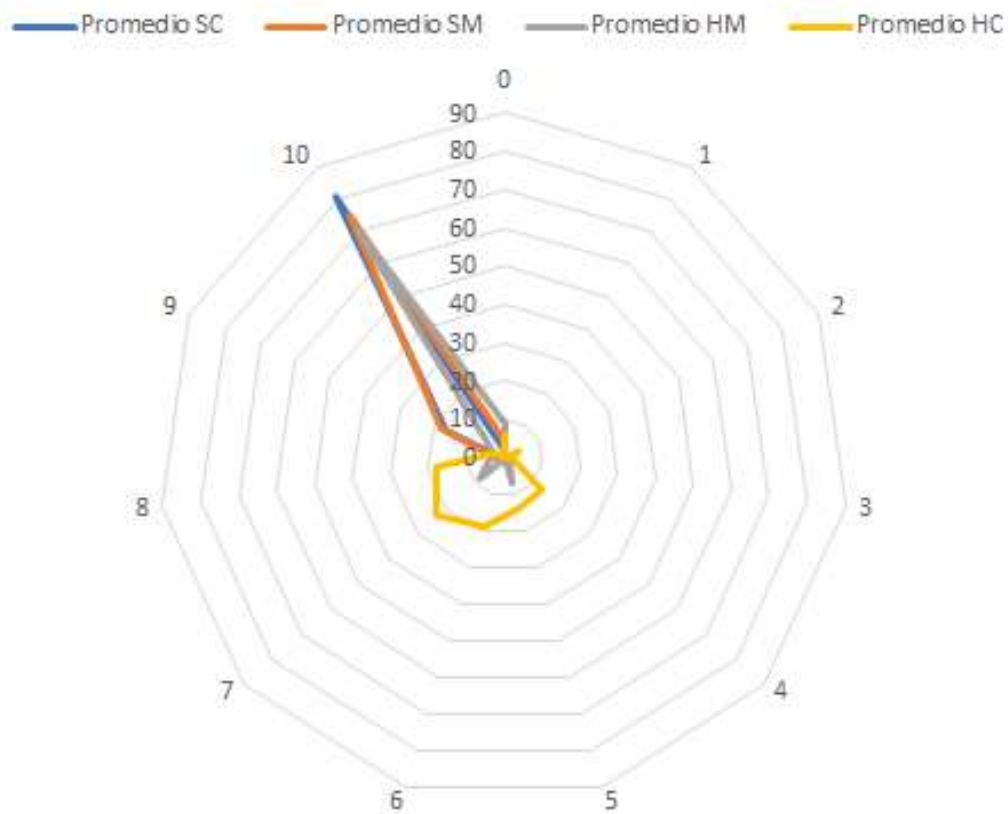


Figura 65. Distribución de valoraciones en las tareas del nivel 2

De igual forma que en el nivel 1, se ha propuesto una comparación de las cifras obtenidas por el grupo de alumno según la destreza, con el fin de validar si las cuatro destrezas tienen diferencias significativas.

Así, se han comparado las cuatro distribuciones de promedios entre destrezas. Los resultados han sido tratados según el análisis de la varianza (ANOVA). Así, las poblaciones de los cuatro grupos de destrezas (SC, SM, HM y HC) son iguales y tienen un factor crítico $F = 3,887$.

Como se puede ver, en los resultados del análisis de la varianza para cada comparación de medias, se han obtenido valores inferiores al factor crítico solo en la comparativa de destrezas SC y SM, lo que identifica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas.

Se puede interpretar que ambas distribuciones pertenecen al mismo grupo de resultados.

- Análisis de grupos SC – SM $\rightarrow F(1, 204) = 2,005, p < 0,015$.

No obstante, en el resto de comparativas los valores son superiores al valor crítico, lo que se interpreta como distribuciones significativamente diferentes y, por tanto, existe divergencia entre estos valores:

- Análisis de grupos SM - HM $\rightarrow F(1, 204) = 4,893, p < 0,028$.
- Análisis de grupos HM - HC $\rightarrow F(1, 204) = 48,45, p < 0,05$.
- Análisis de grupos HC - SC $\rightarrow F(1, 204) = 204,91, p < 0,001$.

Si bien la comparativa entre las destrezas motoras simple y compleja arroja un valor de significancia menor, en el momento en que una de las destrezas es la cognitiva compleja, las diferencias entre distribuciones se hacen patentes.

Finalmente, en el análisis de los resultados de esta fase, se ha procedido a estudiar la relación mutua que existe entre las diferentes destrezas a fin de identificar qué destreza sirven de realimentación a cuáles otras.

Para ello, siguiendo lo indicado en anteriores apartados, se ha procedido a calcular los coeficientes de correlación de Pearson entre destrezas, que se exponen en la siguiente tabla 31.

Tabla 31. Coeficientes de correlación de Pearson entre las destrezas estudiadas en el nivel 2

Relación entre destrezas directas			
Relación entre destrezas simples (SC-SM)	CM1		0,6239
Relación entre destrezas motoras (SM-HM)	MM		0,1688
Relación entre destrezas complejas (HC-HM)	CM2		0,7672
Relación entre destrezas cognitivas (SC-HC)	CC		0,2202
Relación entre destrezas residuales			
Relación entre destreza cognitiva simple y motora compleja (SC-HM)	R1		0,3369
Relación entre destreza motora simple y cognitiva compleja (SC-SM)	R2		0,1868

Para complementar la información de esta tabla 31, se ha representado un mapeado de estas relaciones en el entorno de las conexiones entre destrezas, representada en la figura 66, donde se observa una correlación fuerte entre destrezas del mismo nivel, es decir, entre las destrezas complejas y entre las destrezas simples. No existe fuerte relación entre ambas, lo que puede interpretarse como una falta de realimentación entre ambos planos.

En cierto modo, en este nivel se ha observado que existe poca realimentación entre los niveles de la misma destreza, es decir, no existe conexión entre la destreza cognitiva simple y la compleja, ni tampoco conexión alguna entre las habilidades motoras simple y compleja.

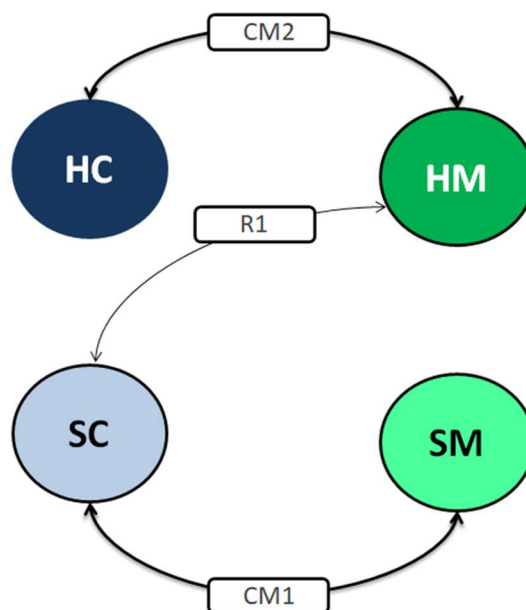


Figura 66. Mapeado de interrelaciones de las destrezas según el esquema del modelo cognitivo-motor en el nivel 2

Se observa una débil relación entre la destreza cognitiva simple y la habilidad motora compleja. Esto puede interpretarse como un buen entendimiento conceptual de la naturaleza de las señales alternas y una buena puesta en práctica de medidas con el osciloscopio, lo que viene a corroborar lo expuesto más arriba.

4.3.3. Resultados del nivel 3: El diodo rectificador en corriente alterna: la rectificación de señales de corriente alterna.

Finalmente, los participantes han llevado a cabo la experiencia propuesta en el nivel 3 del curso. Se quiere recordar que, en esta experiencia, lo que se ha pretendido es unir los conocimientos adquiridos sobre el comportamiento de los diodos rectificadores con la naturaleza de las señales de alterna, con la finalidad de construir paso a paso los siguientes circuitos:

- Circuito rectificador de media onda.
- Circuito rectificador de doble onda a partir del montaje de 4 diodos en puente.
- Circuito rectificador de doble onda con circuito integrado de puente de diodos.
- Circuito rectificador de doble onda con filtro capacitivo.

A partir del diseño de las experiencias, se han identificado y agrupado aquellas que desarrollan cada una de las destrezas determinadas en la taxonomía del modelo cognitivo-motor (CMM). Las calificaciones obtenidas en cada una de las actividades, una vez agrupadas y promediadas, se recogen en la tabla 32.

En esta tabla se aporta el número de alumnos y alumnas que han obtenido las diferentes calificaciones (de 0 a 10 sobre un total de 10 puntos) y para las diferentes destrezas.

De la misma forma que en los anteriores niveles, se ha querido colorear la tabla con celdas naranjas cuando la cifra de alumnos ha sido inferior a 19 y en verde cuando esta cifra ha superado la veintena de participantes.

En este caso, la dispersión de calificaciones es completa, es decir, existe mayor cantidad de celdas naranjas y en menor medida, verdes. Se observa cómo además ningún alumno o alumna ha obtenido la máxima calificación en ambos niveles complejos de las destrezas cognitiva y motora.

Tabla 32. Número de alumnos y notas obtenidas por el grupo por tipo de destreza en el nivel 3

NOTA	SC	SM	HM	HC
0	2	1	6	4
1	0	0	8	4
2	0	2	11	15
3	0	1	2	15
4	4	3	7	21
5	8	12	11	15
6	4	33	20	17
7	22	21	23	8
8	28	18	9	4
9	12	11	6	0
10	23	1	0	0

Esto se interpreta como significativo de la dificultad a la que los alumnos y alumnas se han enfrentado con la realización de las actividades en este nivel. No obstante, se observa una acumulación de alumnado alrededor de las calificaciones entre 6 y 8 puntos sobre 10, lo que indica una sobrada suficiencia en la adquisición de habilidades de orden inferior y estrecha suficiencia en la adquisición de habilidades complejas o de orden superior.

Estos datos se han refrendado con el cálculo de valores medios reflejados en la tabla 33, donde las destrezas simples (SC y SM) han obtenido una valoración media de 7.7 puntos y 6.5 puntos respectivamente. Estas cifras son ligeramente superiores a la conseguida en la destreza motora compleja (HM). El rendimiento obtenido en la destreza cognitiva de orden superior o compleja ha obtenido un valor medio (HC = 4.1) inferior a la media aceptable (5 sobre 10).

Tabla 33. Valores medios del grupo de estudio por tipo de destreza en el nivel 3

	Todas las destrezas	Destreza SC	Destreza SM	Destreza HM	Destreza HC
μ	5,537	7,728	6,573	5,107	4,155
σ	1,886	1,976	1,643	2,582	1,959

Nota: μ identifica el promedio de la población estudiada y la desviación estándar. Las cifras están obtenidas desde una valoración individual de tareas de 0 a 10 puntos.

En consonancia con lo indicado más arriba, y si se compara con los valores obtenidos en los anteriores niveles 1 y 2, se puede constatar en la figura 67, la dispersión acaecida en las experiencias de este nivel 3.

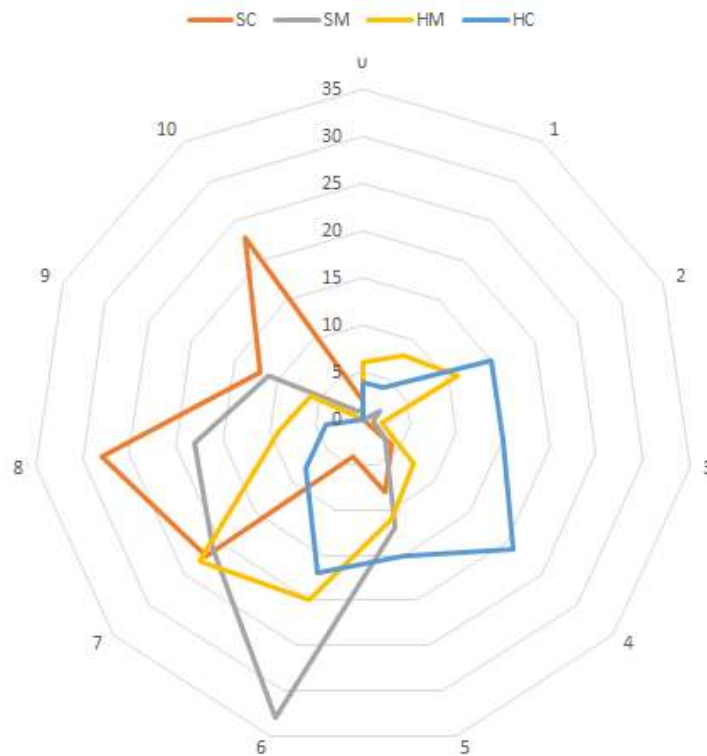


Figura 67. Distribución de valoraciones en las tareas del nivel 3

De igual forma que en anteriores niveles 1 y 2, se ha propuesto una comparación de las cifras obtenidas por el grupo de alumno según la destreza, con el fin de validar si las cuatro destrezas tienen diferencias significativas. Los valores procedentes del análisis de las medias son evidentemente diferentes, pero, no obstante, se ha querido comprobar si estas diferencias se muestran respecto a las cifras de la población de los 109 participantes mediante un análisis de la varianza ANOVA.

Así, se han comparado las cuatro distribuciones de promedios entre destrezas. Así, las poblaciones de los cuatro grupos (SC, SM, HM y HC) son iguales y tienen un factor crítico $F = 3,887$.

A partir de los resultados del análisis de la varianza para cada comparación de medias, los valores obtenidos son superiores al factor crítico, lo que identifica la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las destrezas comparadas.

- Análisis de grupos SC – SM $\rightarrow F(1, 204) = 20,82, p < 0,001$
- Análisis de grupos SM - HM $\rightarrow F(1, 204) = 23,64, p < 0,001$
- Análisis de grupos HM - HC $\rightarrow F(1, 204) = 8,877, p < 0,001$
- Análisis de grupos HC - SC $\rightarrow F(1, 204) = 103,71, p < 0,001$

Finalmente, en el análisis de los resultados de esta fase, se ha procedido a estudiar la relación mutua que existe entre las diferentes destrezas a fin de identificar qué destreza sirven de realimentación a cuáles otras. Para ello, siguiendo lo indicado en anteriores apartados, se ha procedido a calcular los coeficientes de correlación de Pearson entre destrezas, que se exponen en la tabla 34.

Se observa una débil relación mutua entre destrezas a excepción de la observada entre las destrezas complejas, cognitiva y motora. Estos valores se han representado en el mapeado de la figura 68. Una posible interpretación de estos resultados puede deberse a la variedad de experimentos planteados y a la dificultad que ha supuesto para los alumnos y alumnas.

Tabla 34. Coeficientes de correlación de Pearson entre las destrezas estudiadas en el nivel 2

Relación entre destrezas directas		
Relación entre destrezas simples (SC-SM)	CM1	0,4078
Relación entre destrezas motoras (SM-HM)	MM	0,2189
Relación entre destrezas complejas (HC-HM)	CM2	0,8031
Relación entre destrezas cognitivas (SC-HC)	CC	0,4440
Relación entre destrezas residuales		
Relación entre destreza cognitiva simple y motora compleja (SC-HM)	R1	0,2939
Relación entre destreza motora simple y cognitiva compleja (SC-SM)	R2	0,3864

A pesar de estas débiles correlaciones se ha procedido a realizar un mapeado de las mismas, donde se indican con líneas delgadas aquellas relaciones débiles y con línea gruesa las relaciones fuertes.

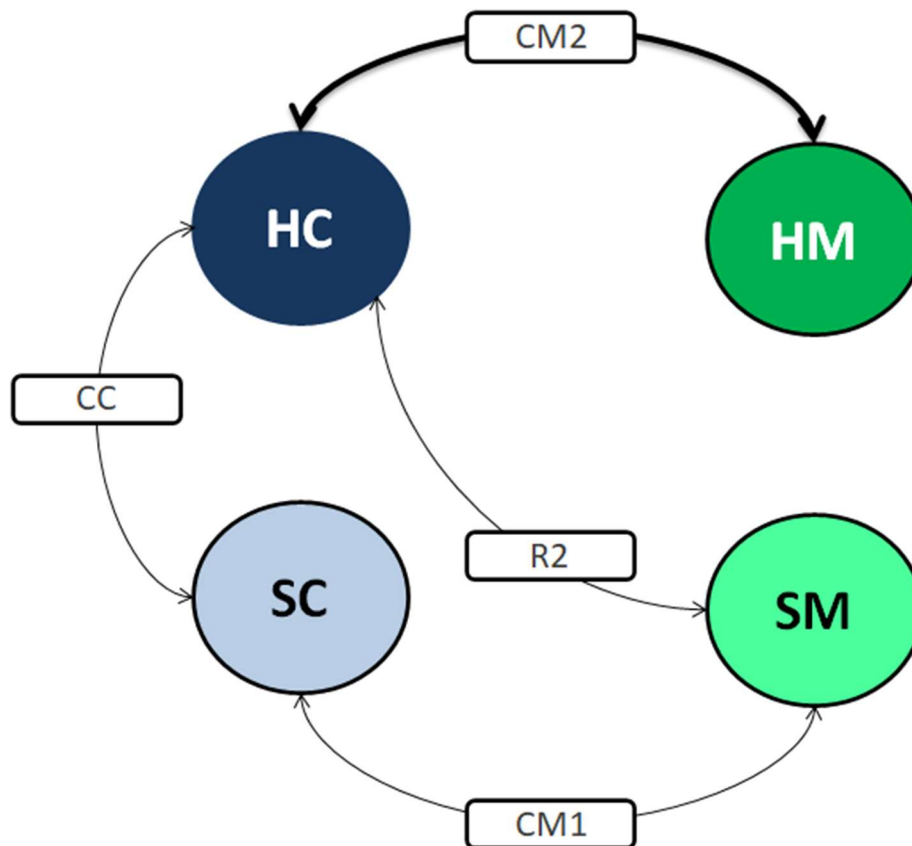


Figura 68. Mapeado de interrelaciones de las destrezas según el esquema del modelo cognitivo-motor en el nivel 3

4.4. Cuarta experiencia

Tal y como se ha indicado al principio de este capítulo ([apartado 4.1. primera experiencia](#)) y siguiendo el desarrollo de esta experiencia en el capítulo anterior, tras observar las dificultades de los alumnos de Primer curso de ESO en la primera experiencia, se ha procedido a diseñar un nuevo curso adaptado a las necesidades de los alumnos y alumnas que inician sus estudios de educación secundaria en relación con los contenidos curriculares en materia de Electricidad.

Dadas las restricciones indicadas, el diseño no contempla actividades cuyo propósito implícito consistan en extraer información sobre el desarrollo en las destrezas cognitivas y motoras de los alumnos, sino que se ha enfocado a un diseño explícito de activi-

dades que trabajan exclusivamente cada destreza. Así, a modo de resumen, este curso desarrolla cuatro niveles. A saber:

- Fase 1: en el que se trabajan las destrezas cognitivas o simples (SC).
- Fase 2: en el que se trabajan las destrezas motoras simples (SM).
- Fase 3: en el que se trabajan las destrezas motoras complejas (HM).
- Fase 4: en el que se trabajan las destrezas cognitivas complejas (HC).

En esta experiencia, que se repetirá en los siguientes cursos lectivos en el marco de los cursos “Learn Electricity” y “Aprende Electricidad” respectivamente en idiomas inglés y castellano, han participado 89 estudiantes de edades comprendidas entre los 12 y los 13 años. Se ha de contar con las limitaciones de estos alumnos respecto a sus conocimientos de electricidad que se restringen al concepto de circuito eléctrico simple estudiado en los últimos cursos de la etapa de Educación Primaria, en los que básicamente han realizado alguna experiencia con pilas, interruptores y lámparas, conectados en serie.

Por ello, el concepto de generador de energía eléctrica y de receptor de esta, así como el pulsador o el interruptor como elemento de control, están asimilado, si bien se ha comprobado, mediante “diálogo socrático” (Partarrieu, 2011, p. 180), que no son capaces de distinguir la diferencia conceptual entre la intensidad y el voltaje eléctricos.

4.4.1. Fase 1 o de destrezas cognitivas simples

En esta fase, los alumnos han de leer un texto especialmente diseñado para que conozca los términos fundamentales de la Electricidad, es decir, las magnitudes eléctricas y sus unidades (véase Anexo para consultar el texto). Una vez que los alumnos han leído dicho texto, para el que se ha dado suficiente tiempo para incluso releerlo varias veces, se procede a realizar las siguientes preguntas:

- Escribe seis palabras o expresiones (frases de menos de 5 palabras) que consideres esenciales para entender el texto que acabas de leer.
- En el texto que has leído, se han descrito tres definiciones que se pueden escribir como fórmulas. Enuncia dichas fórmulas.

De estas dos preguntas, se puede extraer suficiente información para entender si los alumnos y alumnas han detectado cuales son los términos clave del texto. Así, por ejemplo, las respuestas a la primera pregunta han dado lugar a la acumulación de un cuantioso número de palabras clave.

Para realizar el conteo de palabras clave, se ha procedido a separar todas ellas y eliminar las preposiciones y artículos determinados e indeterminados. Tras el filtrado de datos, se ha procedido a contar todas las palabras empleadas por los alumnos y alumnas, obteniendo el dato final de 703 palabras. Se ha procedido a indexar todas ellas agrupándolas por su raíz etimológica. A partir de estas palabras clave, ya filtradas, se ha realizado una nube de etiquetas que se presenta en la figura 69, en la que se han representado dichas palabras con tamaño variable proporcionalmente al número de apariciones de la palabra en las respuestas.

En relación con la segunda pregunta, se espera que los alumnos y alumnas respondan con diversas fórmulas descritas a partir de las descripciones de las magnitudes en el texto. Así, las respuestas que han de incluir son:

- Respecto a la definición: “el voltaje está relacionado con la cantidad de energía necesaria para llevar una carga eléctrica de un punto a otro con menor potencial eléctrico”, se debería de escribir $V = E/Q$, donde han utilizado la sigla [V] para indicar el voltaje, [E] para indicar la energía eléctrica y [Q] que determinar la carga eléctrica.
- Respecto a la definición: “Para determinar si el flujo es pequeño o grande existe una forma de cuantificarlo en función del número de cargas que atraviesan un determinado punto del circuito en una unidad de tiempo, por lo que la corriente se mide en Amperios, y se representa mediante la letra A”, se debería escribir la formula $I = Q/t$, donde la sigla [I] corresponderá a la corriente o intensidad eléctrica, [Q] referirá a la carga eléctrica y [t] implicará la medida de tiempo.
- Respecto a la expresión: “Ohm observo que la relación entre ambas, es decir, el número de voltios por cada amperio que circula en un circuito se mantenía

constante y coincidía con la resistencia eléctrica del circuito”, se debería escribir la propia ley de Ohm, es decir, $V / I = R$, donde se emplean las anteriores siglas del voltaje [V] y la corriente [I], cuya relación da lugar a la magnitud de resistencia eléctrica o [R]

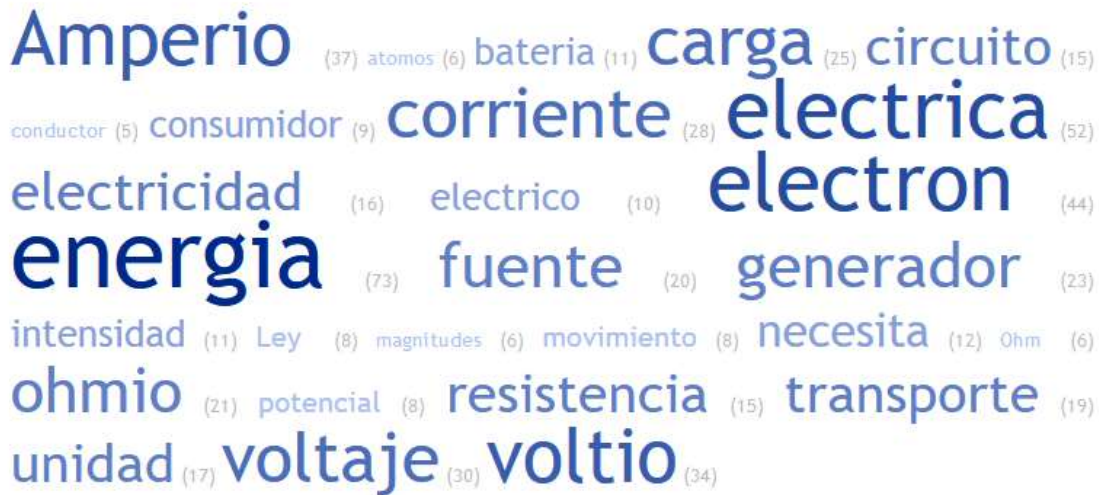


Figura 69. Nube de etiquetas elegidas por los alumnos y alumnas participantes en la cuarta experiencia.

Observando las respuestas de los 89 participantes, han respondido de forma coherente en el sentido que se esperaba de las respuestas 62 alumnos lo que corresponde con un 69,66%. De esta cifra aproximada de dos tercios de los participantes, 27 de ellos (30,33%) han respondido correctamente a la descripción de las fórmulas esperadas. Entre las respuestas coherentes, pero incorrectas, los alumnos y alumnas han mostrado una intención clara por expresar una idea escrita mediante un lenguaje simbólico como puede ser la construcción de una fórmula, pero no han sabido expresar con corrección la denominación de las magnitudes con la operación aritmética adecuada.

Se ha de tener en cuenta que estas cifras son verdaderamente satisfactorias por llevarse a cabo en el momento del curso en el que los alumnos están simultaneando estos estudios de Tecnología con el estudio de las ecuaciones de primer grado en la materia de Matemáticas. Esta situación, que en principio podría suponer una ventaja, arroja una limitación en el momento en que tratan de asimilar el concepto de variable.

En la materia de matemáticas, emplean por defecto la letra X para definir una incógnita, lo que supone que cualquier ecuación que haya que despejarse habría de incluir

esta variable. Los profesores de Tecnología han encontrado dificultades en la aplicación de las ecuaciones debido a una profunda especificación limitante desde la materia de Matemáticas. Cuando se trata de adecuar el lenguaje simbólico a una definición del campo físico, muchos alumnos se encuentran confusos con el uso de conceptos abstractos.

De forma general y aproximada, podemos decir que, de la muestra de alumnos y alumnas, un tercio no ha sabido lidiar con este tipo de lenguaje. Del resto de la muestra, en la que los estudiantes han sido capaces de llevar a cabo el proceso cognitivo abstracto pedido, un 30,33% ha sabido como responder con el lenguaje adecuado. Esto se ha reflejado en la gráfica de la figura 70.

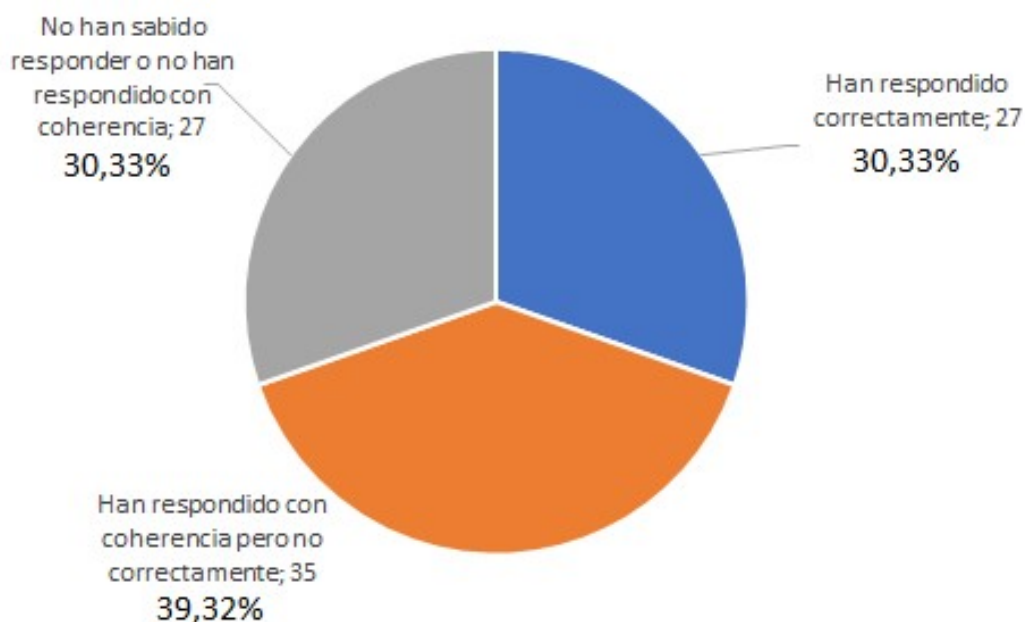


Figura 70. Distribución de respuestas de los participantes en la fase 1 de la experiencia cuarta

4.4.2. Fase 2 o de destrezas motoras simples

Para comprobar el desarrollo motor de los alumnos y alumnas participantes, se han diseñado 3 actividades en las que habrán de interactuar con el laboratorio remoto VISIR:

- **Actividad 1** - Se muestran los resistores y se pide que sean capaces de, tras seleccionar cada uno, indicar la denominación de estos en VISIR y su valor óhmico a partir de la información que proporciona el laboratorio. El criterio de evaluación consistirá en el grado de precisión en la recogida de información a partir

de la interfaz de VISIR. Se ha calificado asignando 1 punto a cada valor escrito en cada celda de la tabla de recogida de datos. Dado que el participante ha de rellenar 10 celdas, la calificación variará entre 0 y 10 puntos. Esta primera actividad ha sido diseñada con la finalidad de evaluar el grado de desarrollo de la destreza cognitiva simple (SC) y poder observar su influencia en las siguientes actividades, en las que se pone en práctica la destreza motora simple.

- Actividad 2 - Esta actividad se desarrolla a partir de la información obtenida de la anterior actividad 1, con la finalidad de medir el grado de desarrollo de la destreza motora simple (SM). Se solicita a los participantes que sean capaces de incluir cada resistor de forma individual en una placa de prototipado (*breadboard*) y conecten el multímetro en modo óhmetro para proceder a realizar la medida de la resistencia de cada resistor. El criterio de evaluación de esta actividad consiste en la adecuación de las conexiones de resistor, multímetro y *breadboard*, y en la coherencia en cada uno de los valores obtenidos, conocidos sus valores teóricos. Se ha calificado asignando 1 punto a cada montaje correcto y 1 punto a cada valor medido correcto. Dado que el participante ha de realizar 5 acciones y 5 anotaciones, la calificación variará entre 0 y 10 puntos.
- Actividad 3 – Esta actividad pretende expandir el empleo de VISIR para la construcción de un circuito serie, de forma que complementariamente a la actividad 3, servirá para medir el grado de desarrollo de la destreza motora simple (SM). Se propone el empleo de la fuente de alimentación, que el participante ha de saber manejar para disponer de 6 voltios y de tres resistores de los disponibles en el set de VISIR, según el esquema propuesto en la figura 71. Cada participante habrá de incluir en su documento una captura del interfaz de VISIR del ensamble del citado circuito.

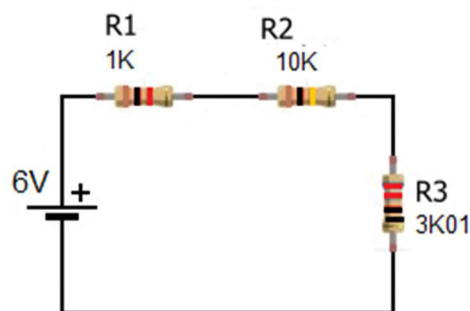


Figura 71. Esquema para montaje en VISIR en la actividad 3 de la fase SM de la cuarta experiencia

El criterio de evaluación de esta actividad se basará en la eficacia y corrección del ensamble del circuito solicitado, con la selección adecuada de los resistores y con la aplicación de las mínimas conexiones con el fin de aprovechar al máximo los contactos existentes en la placa de prototipado. Los alumnos recibirán una calificación de 10 cuando el montaje sea el óptimo, un 5 cuando siendo correcto empleen más conexiones de las necesarias, y un 0 si han cometido algún error que determine una mala conexión o montaje del circuito.

Siguiendo los criterios de evaluación y calificación propuestos, se han obtenido una distribución de notas relativas al desarrollo motor expuestas en la figura 72. De dicha distribución de frecuencias se observa que un 14,6% de los participantes no han respondido correctamente a ninguna de las respuestas. Por otro lado, es significativo que el resto de los participantes han logrado una calificación media superior o igual a 5 puntos lo que indica un grado elevado de aptitud frente al empleo de VISIR y al desarrollo de sus condiciones motoras. En general, el grupo estudiado ha tenido una calificación media de $\mu = 7,43$ puntos sobre 10 con una desviación estándar de $\sigma = 3,24$.

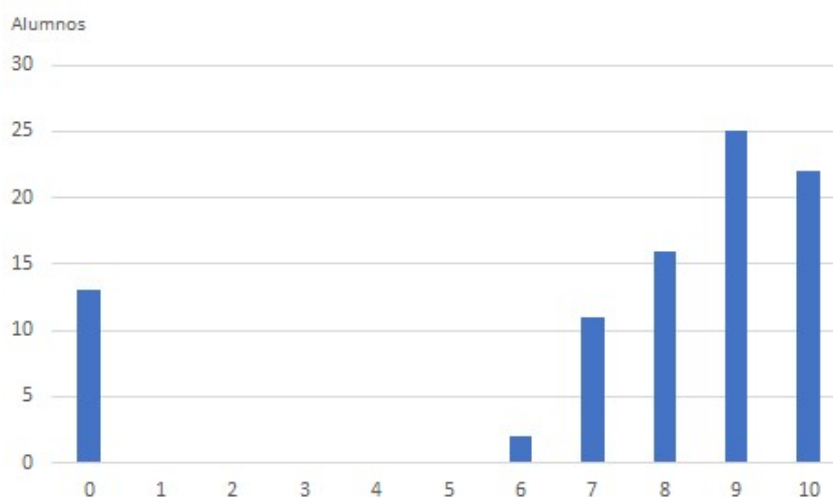


Figura 72. Distribución de calificaciones obtenidas para ensamblar en VISIR en la actividad 3 de la fase SM de la cuarta experiencia

Analizando estos datos, se observa que la actividad ha permitido determinar de forma satisfactoria las destrezas motoras del grupo experimental, concentrándose la mayoría de los datos en el rango de [8, 10] sobre 10.

En un posterior análisis de las destrezas implicadas en la realización de las actividades, SC y SM, aplicadas al estudio de la distribución de calificaciones de los alumnos de forma agrupada por destrezas, se ha realizado un análisis de la varianza para estudiar si existen diferencias significativas entre ambas destrezas.

El resultado del análisis ANOVA, con una probabilidad de $p=0,01$, indica que el factor F calculado es de 0,6167, muy inferior al factor crítico $F_{crit} = 6,781$, lo que indica una ausencia de diferencias significativas entre ambas distribuciones. La interpretación pasa por entender que ambos grupos de calificaciones indican el mismo tipo de rendimiento en ambas actividades. Para corroborar este dato, se ha procedido a realizar un cálculo de correlación entre ambas distribuciones. El coeficiente de correlación de Pearson obtenido entre ambas distribuciones es de $r = 0,90161$, es decir, muy cercano a la unidad, por lo que existe una correlación muy fuerte entre ambas destrezas simples (cognitiva y motora), lo que sugiere una gran influencia de la habilidad cognitiva sobre la habilidad motora.

4.4.3. Fase 3 o de destrezas motoras complejas

Esta fase cuenta con una sucesión de actividades concatenadas en las que inicialmente se han de aplicar destrezas cognitivas simples para dar lugar a un montaje propuesto, donde los alumnos y alumnas tienen que poner en práctica sus habilidades motoras simples. Finalmente, se desarrollarán acciones en las que las habilidades motoras complejas permitirán a los participantes combinar la placa de prototipado, el cableado y la posición de los resistores con la inserción correcta del multímetro en configuración óhmetro y amperímetro. A modo de esquema, la actividad completa se ha evaluado de la siguiente forma:

- Acción 1, de enfoque a la aplicación de destrezas cognitivas simples (SC), donde se indica a los alumnos que diseñen un circuito dotado de resistencias en serie, cuya resistencia equivalente sea de $11,47 \text{ k}\Omega$, empleando las resistencias disponibles en la interfaz de la placa de prototipado de VISIR. El criterio de evaluación en este caso consiste en la correcta selección de las tres resistencias ($10 \text{ k}\Omega$, $1 \text{ k}\Omega$ y 470 ohm) disponibles, por lo que la calificación será de 10 puntos

sobre 10 en el caso de la correcta selección y de 0 puntos en el caso de no responder o de responder con un circuito en el que hayan seleccionado de forma incorrecta los resistores.

- Acción 2, de enfoque a la aplicación de destrezas motoras simples (SM), donde los alumnos procederán al montaje del citado circuito, al que conectarán el multímetro en configuración de óhmetro, con la finalidad de realizar la medida de resistencia eléctrica del montaje. El criterio de evaluación de esta actividad consistirá en la correcta conexión de los componentes eléctricos en la placa de prototipado y la graduación de la calificación dependerá del óptimo uso que realicen de la placa de prototipado y de sus conexiones internas, así como de la correcta conexión del aparato de medida y de la selección de la escala correcta para realizar la medida de resistencia eléctrica.
- Acción 3, de enfoque a la aplicación de destrezas motoras complejas (HM), donde se solicita a los alumnos que conecten el montaje propuesto a la fuente de alimentación. Una vez establecido este circuito, el alumno o alumna habrá de incorporar un amperímetro con el fin de medir la corriente eléctrica circulante por el circuito. Finalmente, se han previsto una actividad de enfoque de destreza cognitiva simple (SC) consistente en el cálculo de la corriente esperada por aplicación de la ley de Ohm y posterior comparación con la corriente medida con el amperímetro. De dicha comparación se espera un breve análisis interpretativo del error en la medida. Por parte de la destreza HM, se ha establecido el criterio de evaluación consistente en la demostración de suficiencia en la desconexión del aparato de medida de la acción 2 y conexión de la fuente de alimentación, aplicando en esta el voltaje indicado en el enunciado, así como la correcta inserción en el circuito del amperímetro y de la correcta selección de su escala en el interfaz. Por parte de la destreza SC, se evaluarán los cálculos correctos de la intensidad esperada mediante la aplicación de la ley de Ohm, de los errores, absoluto y relativo, de la corriente por comparación con la intensidad eléctrica medida y del análisis en la valoración de dicho error. Esta destreza se valorará entre 0 y 10 puntos sobre un máximo de 10.

Tras la realización de las acciones incluidas en esta fase 3, se han realizado los respectivos promedios de cada una de las destrezas, que de forma general en el grupo ha sido de $\mu = 7,92$ sobre 10 puntos con una desviación típica de $\sigma = 3,17$. La distribución de frecuencias de las calificaciones promedio de todos los participantes, se pueden observar en la figura 73.

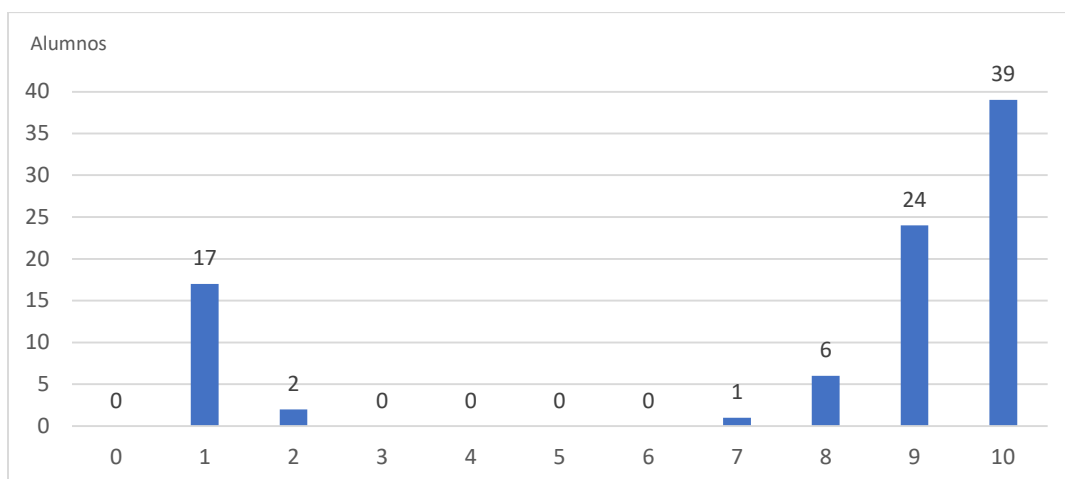


Figura 73. Distribución de frecuencias de las calificaciones promediadas de los participantes en la acción 3 de la fase 3 en la cuarta experiencia.

Como se ha comentado con anterioridad, se han trabajado tres de las cuatro destrezas estudiadas en este trabajo de investigación, la destreza cognitiva simple en dos estadios diferentes de la acción (SC1 y SC2) y las destrezas motoras simple (SM) y motora (HM). Se ha querido separar las valoraciones de la destreza cognitiva simple en las dos indicadas (SC1 y SC2), al ser interesante observar la relación de precedencia y consecuencia sobre las otras destrezas, ya que se han aplicado en momentos diferentes, al principio y al final de la fase.

Se puede observar que mientras la indicada como SC1 tiene una diversidad polarizada de valores. Esto se debe a que el comportamiento de los participantes ha sido extremo, en el sentido de que hay casi una veintena de alumnos que no han respondido a esta actividad, mientras que el resto de las actividades han sido respondidas con graduación y dedicación variada. Se puede decir que el comportamiento ante la primera actividad de destreza cognitiva simple (SC1) es de carácter más cualitativo que cuantitativo, es decir, o los alumnos y alumnas han mostrado conocimiento para responder o no lo han mostrado.

En la gráfica de la figura 74 se puede observar cierta homogeneidad entre las destrezas SC2, SM y HM, al menos cierta coherencia entre sus relaciones de precedencia y/o consecuencia, mientras que no se observa relación medible con la destreza SC1.

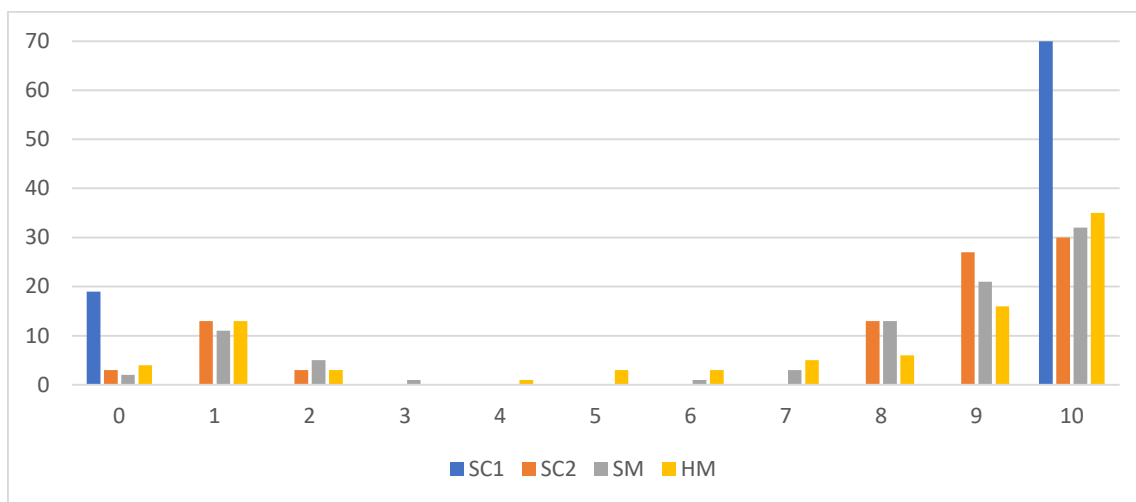


Figura 74. Distribución de frecuencias de las calificaciones de participantes, distinguidas por destrezas en la acción 3 de la fase 3 de la cuarta experiencia.

Nos quedamos con el dato de que, respecto a esta destreza, el 78% de la población ha sabido contestar a esta actividad a la perfección mientras que el 22% restante no ha respondido. Por tanto, en este caso para el estudio de correlación e influencia de las destrezas, promediar en una sola cifra las calificaciones obtenidas por los alumnos y alumnas en ambas SC1 y SC2 aportaría interferencias. Por esta razón, el valor empleado para la valoración de influencia y correlación entre destrezas se emplearán las variables SC2, SM y HM.

Una vez más emplearemos el estudio estadístico del análisis de la varianza (ANOVA) para identificar la diferencia de medias entre las destrezas SC2, SM y HM. Estas se han llevado a cabo para un intervalo de confianza de $p=0,01$ y han dado lugar a valores del parámetro F resultado del análisis.

- Análisis de grupos SC2 – SM $\rightarrow F(1, 176) = 0,002$.
- Análisis de grupos SM – HM $\rightarrow F(1, 176) = 0,442$.
- Análisis de grupos SC2 – HM $\rightarrow F(1, 176) = 0,488$.

Teniendo en cuenta que el factor crítico $F_{crit} = 6,781$ se puede considerar que todos los análisis realizados indican que no existen diferencias estadísticas entre las medias. Extrapolando esta interpretación a un análisis cualitativo de la experiencia, se puede considerar que existe un alto grado de precedencia y consecuencia entre las actividades concatenadas, es decir, los alumnos han obtenido un buen rendimiento en la adquisición de las destrezas motoras y cognitivas estudiadas de forma similar en todas las destrezas.

Para observar si existe un cierto grado de linealidad entre las calificaciones obtenidas se han calculado los coeficientes de correlación de Pearson entre pares de destrezas. Este análisis indica que el coeficiente de correlación entre las destrezas SC2 y SM es de 0,968, entre las destrezas SM y HM es de 0,889 y finalmente, entre las destrezas SC2 y HM es de 0,904.

Estas cifras son representativas de fuerte relación entre las destrezas, de forma cuasi lineal. Resulta, cuanto menos sorprendente estos valores, cuya explicación puede deber a múltiples factores entre los que nos atrevemos a apuntar a un alto grado de motivación por parte de los participantes y a un buen diseño de la experiencia, que provoca que los alumnos y alumnas saquen buen partido de la adquisición de conocimientos para la puesta en práctica de dichos conocimientos.

Es cierto, que puede existir un factor que incluye un cierto sesgo y es que, en la realización de esta fase, los alumnos y alumnas ya se han familiarizado con el entorno de VISIR, han practicado el ensamble de circuitos y el empleo del multímetro como aparato de medida disponible en VISIR. Estas razones pueden ser válidas para explicar la diferencia de valores resultantes del análisis entre las fases 2 y 3.

4.4.4. Fase 4 o de destrezas cognitivas complejas

Para finalizar la experiencia se ha diseñado la fase 4, cuya descripción ya se ha llevado a cabo en el anterior capítulo de esta tesis y cuyos detalles de diseño curricular se pueden encontrar en el capítulo de Anexos. Para contextualizar al lector, se puede de-

cir que esta fase se ha diseñado con la finalidad de permitir a los alumnos desarrollar sus destrezas cognitivas complejas a partir de las destrezas cognitivas simples.

Para ello, se ha llevado a cabo una primera actividad de recopilación de la información obtenida en las anteriores fases, tanto derivadas del cálculo de los parámetros eléctricos por medio de la aplicación de la Ley de Ohm como de la observación de los diferentes montajes solicitados. Se ha pedido a los participantes que busquen una justificación a aquellos resultados divergentes por motivos de error propio o por causa de los errores derivados del empleo de un sistema de medida.

Finalmente, se ha procedido a exponer a los alumnos una situación dual, es decir, un montaje dotado de un conmutador, mediante cuyo accionamiento se procede a conectar con una carga resistiva dos ramas, cada una de las cuales contiene una rama con una batería y un resistor de valores diferentes. Con el análisis de este caso se pretende que el participante en la experiencia sea capaz de entender el papel que juega en el circuito cada componente y sea capaz de calcular la corriente y reparto de voltajes en los resistores de cada circuito en función de la posición del conmutador.

Por tanto, se han analizado las dos destrezas cognitivas, la simple (SC) para comprobar si los alumnos y alumnas han asimilado el concepto de circuito y la relación entre las magnitudes eléctricas mediante la ley de Ohm y la compleja (HC), con la que se pretende conseguir que los participantes sean capaces de utilizar estos conocimientos en supuestos y circuitos de mayor complejidad, en los que tendrá que desarrollar una cierta capacidad de análisis de las situaciones comparativas entre los consumos desarrollados en circuitos coexistentes. En cierto modo, se pretende que sean capaces de asumir y resolver problemas de la teoría de circuitos eléctricos.

Siguiendo el mismo patrón de evaluación y calificación, se ha asignado una nota a cada ejercicio propuesto y se han promediado por separado los valores relativos a las destrezas cognitivas simple (SC) y compleja (HC). Se ha observado que los mismos 19 alumnos que han obtenido pobres calificaciones en anteriores actividades, no han sido capaces de obtener tampoco notas satisfactorias en esta fase, con lo que es difícil establecer una relación entre sus destrezas cognitivas simple y compleja. No obstante, se

han incluido todas las calificaciones, si bien se hará un especial análisis de aquellos participantes que han obtenido calificaciones positivas, para observar la indicada relación entre destrezas.

De forma general, en la gráfica de la figura 75, se observa de forma similar a las anteriores fases, los alumnos y alumnas de bajo rendimiento acumulados a la izquierda de la gráfica y el resto, aquellos alumnos con buenos rendimientos a la derecha de esta.

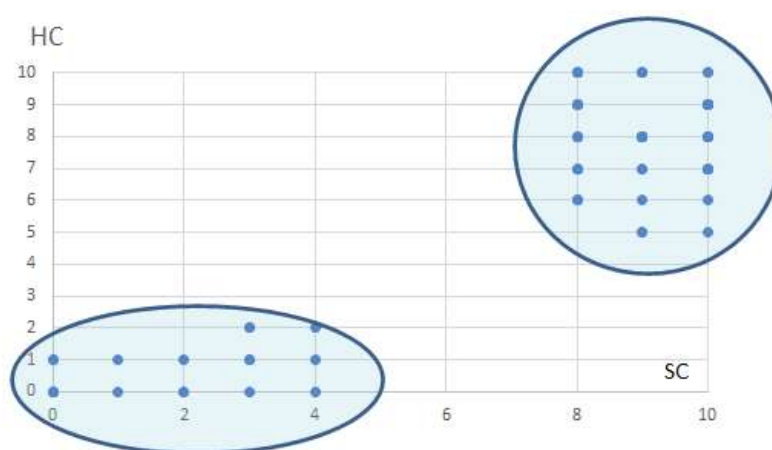


Figura 75. Distribución de calificaciones de destrezas SC vs. HC en la fase 4 de la cuarta experiencia.

Se observa que apenas hay participantes con resultados mediocres, lo que es indicativo de una cierta polarización en los rendimientos, que se repite una vez más desde las anteriores fases. Es decir, los alumnos y alumnas participantes o bien han mostrado interés por aprender o bien no han mostrado interés alguno. Y entre aquellos que han mostrado interés, los resultados han sido realmente satisfactorios.

En este caso, los promedios generales han dado una calificación media en los 89 participantes de $\mu = 7,32$ sobre 10 puntos con una desviación típica exageradamente grande de $\sigma = 7.98$, lo que explica que el valor medio obtenido entre los participantes de bajo desempeño sea de 1,47 sobre 10 puntos, frente al promedio obtenido por los alumnos de medio y alto desempeño de 8,91 sobre 10 puntos. Estos valores contrastan con los obtenidos solo por el grupo de alumnos y alumnas con calificaciones superiores a 5 sobre 10, es decir, eliminando a los 19 alumnos con bajo desempeño. Dicha polarización se puede observar en la distribución de la nube de puntos representada en la

figura 69, en la que se observan dos grupos, uno marcado dentro de un círculo a la izquierda de bajo desempeño y otro a la derecha de alto desempeño.

Para confirmar estos datos, se ha procedido a realizar un análisis de la varianza sobre la distribución de calificaciones, de forma que se pueda observar si existen diferencias significativas entre los valores promedios de los participantes en su rendimiento cognitivo simple y cognitivo complejo. Aparentemente, los promedios para ambas destrezas son similares:

Destreza cognitiva simple

- Promedio: 7,55 / 10 – Desviación típica: 3,16.

Destreza cognitiva compleja

- Promedio: 6,52 / 10 – Desviación típica: 3,29.

Con una probabilidad de $p=0,01$, el análisis de la varianza indica que el factor F entre ambos grupos es de 4,464 superior al factor crítico calculado para estas distribuciones de $F_{crit} = 3,894$, lo que indica que la diferencia de medias en la distribución de frecuencias de ambos grupos es significativamente diferente. Estos resultados están en la línea de lo obtenido en anteriores experiencias, resaltando el esfuerzo cognitivo que se lleva a cabo con el salto cualitativo de destrezas tales como el pensamiento crítico y la creatividad.

Pero, para considerar la influencia de una sobre la otra, se ha realizado igualmente un estudio en la correlación de ambas distribuciones mediante el cálculo del parámetro de correlación de Pearson. Este coeficiente de correlación $r(SC-HC) = 0,886$, lo que indica una fuerte correlación entre ambas destrezas, indicativa de un alto grado de influencia entre ambas. De esta forma, consideramos que el objetivo de diseño de la experiencia está bien enfocado.

“Cuando llegue la inspiración, que me encuentre trabajando”

(Pablo Ruiz Picasso, 1881-1973)

5. Analítica de Aprendizaje con el uso del laboratorio remoto VISIR

De forma análoga al tratamiento llevado a cabo en el anterior capítulo 4 sobre los resultados del rendimiento académico cognitivo y motor de los alumnos a lo largo de las experiencias que componen esta investigación, en este capítulo se evaluará la forma en que el alumnado ha utilizado el laboratorio remoto VISIR como recurso para la realización de las actividades.

En este capítulo se han utilizado herramientas de análisis mediante las cuales se ha podido observar con detalle el empleo de los diferentes dispositivos de medida por parte de todos los alumnos participantes en esta investigación.

De la misma forma que se ha particularizado los resultados según las diferentes experiencias, también se presentarán estos resultados de la analítica del aprendizaje a partir de dichas experiencias.

A fin de clarificar la forma de presentar los resultados, este capítulo se presenta en los siguientes apartados:

- Analítica del aprendizaje de la experiencia 1 para alumnos de 1º y 2º de ESO: empleo del laboratorio remoto VISIR en la experiencia de aprendizaje diseñado

en la taxonomía de Bloom-Anderson e interpretado por el modelo CMM para el aprendizaje de los fundamentos de los circuitos eléctricos.

- Análítica del aprendizaje de la experiencia 2 para alumnos de 1º y 2º de ESO: empleo del laboratorio remoto VISIR en la experiencia de aprendizaje basado en la taxonomía del modelo cognitivo-motor para el aprendizaje de los fundamentos de los circuitos eléctricos.
- Comparativa de analíticas entre las experiencias 1 y 2.
- Análítica del aprendizaje de la experiencia 3 para alumnos de 3º de ESO: Empleo del laboratorio remoto VISIR basado en la taxonomía del modelo cognitivo-motor para el aprendizaje de los fundamentos en el contexto del aprendizaje de los principios de la microelectrónica, del uso de diodos semiconductores y trabajo con las señales de alterna y su rectificación.
- Análítica del aprendizaje de la experiencia 4 para alumnos de 1º de ESO: Empleo del laboratorio remoto VISIR en la experiencia de aprendizaje basado en la taxonomía del modelo cognitivo-motor para el aprendizaje de los principios básicos de Electricidad y magnitudes eléctricas.

5.1. Metodología del análisis

Para llevar a cabo las diferentes analíticas se han utilizado diferentes registros cuantitativos mediante una herramienta desarrollada “*ad-hoc*”. Esta herramienta contabiliza cada uno de los accesos que realiza un usuario en cualquiera de los laboratorios diseñados desde el entorno de VISIR mediante el acceso a la base de datos de registros. Cada vez que un usuario accede a cualquiera de los laboratorios disponibles en VISIR, sus actividades son registradas en el sistema de forma que dicha información se registra en la base de datos. Mediante la interfaz de análisis, se accede directamente al servidor de base de datos, en el que se lanza una consulta de lo registrado en nombre del usuario. En la figura 76 se observan los componentes del ecosistema VISIR, en el que se ha resaltado los elementos que participan en el registro de los datos de las medidas.

Para conformar un aspecto funcional de la herramienta VISIR empleada en los experimentos de los diferentes cursos, el estudiante ha de acceder a su curso en el que se

han incluido diversos videos, documentación y acceso al propio laboratorio para realizar los experimentos propuestos.

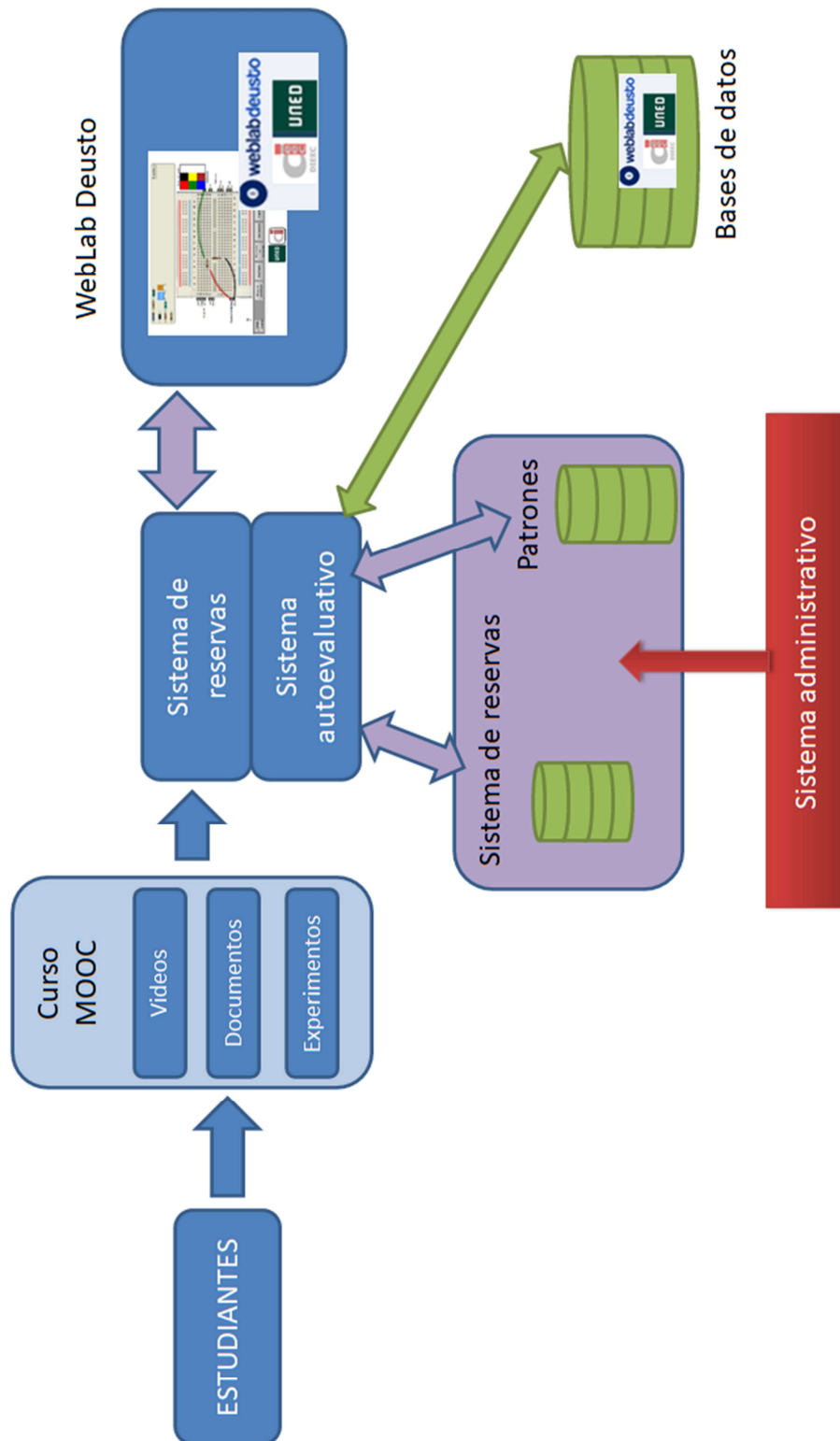


Figura 76. Ecosistema VISIR y componentes en el registro de datos de medidas con el laboratorio

De esta forma, los videos y la documentación están proporcionando la capa educativa que complementa a la actuación del docente, mientras que el laboratorio remoto VISIR proporciona la capa experimental donde los alumnos podrán comprobar la idoneidad o exactitud de sus cálculos teóricos y podrán contrastarlos desde el pensamiento crítico y reflexivo. Los sistemas de la capa educativa y de la capa experimental son independientes unos de otros. De forma interoperable, el acceso se realiza mediante “un sistema de reservas y un entorno evaluativo/autoevaluativo” (García-Loro, 2018, p.187) y, por tanto, el sistema del curso actúa como cliente del servicio mientras que el sistema de reservas y el entorno evaluativo/autoevaluativo actúan como proveedores del servicio. A partir de este punto, el laboratorio remoto VISIR es alojado en el sistema WebLab-Deusto, que es quien admite y almacena todas las solicitudes de acceso y proporciona las respuestas para el usuario del sistema (Orduña, 2013).

Internamente, en WebLab-Deusto se disponen de diversas bases de datos que dan servicio al usuario autenticado a partir del sistema de reservas. Así se dispone de bases de datos del sistema de reserva, del entorno administrativo y de las propias sesiones de prácticas. Toda la información que se almacena en estas bases de datos ha servido para observar el perfil de prácticas de cada estudiante y de esa forma, a partir de la información de sus accesos, tiempo de estancia en el experimento e instrumentos utilizados se puede establecer los parámetros para evaluar su actuación en el laboratorio. Se ha podido establecer ciertas relaciones entre estos parámetros y los elementos que definen el modelo cognitivo-motor para realizar un perfil para cada uno de los alumnos, lo que ha supuesto una ventaja a la hora de evaluar a cada estudiante.

Cada uno de los experimentos que el estudiante ha de realizar consistirán en el montaje de un circuito eléctrico y la incorporación de la instrumentación necesaria. Todo esto se puede llevar a cabo en la pantalla “Placa de prototipos”, o en su versión en inglés “*Breadboard*”, donde los estudiantes dispondrán de los componentes necesarios para realizar el montaje del circuito. En los diversos cursos, según el nivel técnico exigido, se dispondrá de multímetro y/o osciloscopio.

En la operativa habitual para la realización de un experimento, los estudiantes tendrán que, una vez realizado el montaje, aplicar el voltaje requerido mediante la pantalla de manipulación de la fuente de alimentación. A partir de este punto finaliza la fase preparatoria del experimento y se pasa a la parte manipulativa, donde los estudiantes tendrán que determinar qué instrumento utilizar, que magnitud han de seleccionar y en el caso específico del osciloscopio, qué escalas de tiempo y amplitud han de escoger para la lectura óptima de la señal que han de medir.

Por consiguiente, con el fin de recuperar los datos necesarios (Cuadros et al., 2020) para llevar a cabo el proceso de análisis de las actividades de los usuarios, los parámetros que se han empleado para las consultas realizadas en WebLab Deusto son:

- **Usuario** (*user_email*): Dato mediante el que se discriminan los datos de registro en la consulta.
- **Nombre del curso** (*course_name*): Identificación del curso registrado. Los cursos incluidos en esta investigación son *IESRMBasElec* y *visir_mooc* para los alumnos participantes en los contenidos de Electricidad básica y *IES-RMSemI* para los alumnos que han participado en el curso de introducción a la microelectrónica.
- **Identificación del experimento** (*experiment_id*): Cada laboratorio puede contener varios experimentos. En el caso de las experiencias 1, 2 y 4 se ha planteado un solo experimento (denominado *visir_M1*), pero para la experiencia 3 se han identificado tres diferentes experimentos (*visir_diod1*, *visir_diod2* y *visir_diod3*). Es muy recomendable diversificar el número de experimentos en un mismo curso para que la analítica posterior sea más precisa.
- **Reserva** (*booking_id*): Cada vez que un usuario quiere acceder al laboratorio se requiere la acción de una reserva. Esta puede ser requerida de forma manual por el usuario o bien puede establecerse de forma automática por el sistema (García-Loro, 2018, p191). Las capacidades del laboratorio, y con mayor motivo gracias a la federación PILAR, permiten el acceso simultáneo a un gran número de usuarios y se ha establecido para los cursos presenta-

dos en esta investigación que el sistema de reservas se realice de forma automática para mayor fluidez en el acceso a los laboratorios.

- **Localizador de la reserva** (*reservation_id weblab*): Identificación única de reserva para acceso a cualquier experimento.
- **Fecha de inicio** (*start_date*): Inicio del experimento
- **Fecha de final** (*last_action*): Fin del experimento.
- **Medidas totales** (*number of measures*): número de medidas totales sin contar si han sido efectivas o no, es decir, se acumulan las medidas repetitivas.
- **Medidas únicas** (*number of unique measures*): número de medidas totales únicas, es decir, no se han contado las veces que una misma medida se ha repetido.
- **Tiempo activo** (*active <450s (seconds)*): tiempo en segundos que el usuario ha estado activo utilizando el laboratorio. Este parámetro identifica que, entre peticiones de medida, el tiempo transcurrido ha sido inferior a 450 segundos. En caso contrario, el sistema reinicia el tiempo y se suma al tiempo empleado en la siguiente petición.
- **Medidas de multímetro** (*DMM connected*): número de veces que el multímetro (instrumento de medida de conexión en paralelo destinado a la medida de voltaje y de resistencia eléctrica) se ha utilizado en la reserva.
- **Medidas de amperímetro** (*IDMM connected*): número de veces que el amperímetro se ha utilizado en la reserva.
- **Medidas de osciloscopio** (*Osc connected*): número de veces que se ha conectado en la reserva el osciloscopio en un único canal.
- **Medidas de multímetro y amperímetro** (*DMM+IDMM connected*): número de veces que se han conectado en el mismo circuito el multímetro y el amperímetro.
- **Medidas de multímetro y osciloscopio** (*DMM+Osc connected*): número de veces que se han conectado en el mismo circuito el multímetro y el osciloscopio en un solo canal.

- **Medidas de amperímetro y osciloscopio** (*IDMM+Osc connected*): número de veces que se han conectado en el mismo circuito el amperímetro y el osciloscopio en un solo canal.
- **Medida triple** (*DMM+IDMM+Osc connected*): número de veces que se han conectado simultáneamente en el mismo circuito el amperímetro, el multímetro y el osciloscopio en un solo canal.
- **Instrumentación no conectada** (*none connected*): número de veces que no se han conectado en el mismo circuito ningún aparato de medida.
- **Medidas de osciloscopio en doble canal** (*Osc both probes*): número de veces que se ha conectado en la reserva el osciloscopio empleando sendos canales para la realización de una medida. Este tipo de medida se ha previsto que se lleve a cabo en el nivel 3 de la experiencia 3 para medir la señal obtenida en la carga de un circuito rectificador.

Para complementar estos datos, con el fin de personalizar la evaluación de la experiencia, se han incluido en los datos los campos que aluden a:

- Nombre del usuario.
- Apellidos del usuario.
- Género (M/F).

En previsión del tipo de software de tratamiento de datos que se va a utilizar, se ha procedido a modificar los valores de los campos de fecha de inicio y fecha de fin de experimento. Los datos serán tratados, como posteriormente se especifica, mediante un gestor de base de datos y una hoja de cálculo.

Los valores de fecha del sistema de VISIR se guardan en formato numérico, de forma que su significado se trata de la cantidad de segundos que han pasado desde el 1 de enero de 1970. Para el análisis general de empleo del laboratorio por los alumnos y alumnas, este dato no será necesario modificarlo ya que, lo que se va a emplear es el tiempo diferencial del experimento, es decir, el tiempo activo medido en segundos, pero cuando se quiere observar el historial de trabajo individual de un alumno, es importante llevar a cabo la transformación de los datos de fecha para detectar la distri-

bución de experimentos en el tiempo y la comprobación de su realización con anterioridad a la fecha límite que se haya impuesto en la realización del curso.

Así, para esta transformación, contando con que el dato numérico de valor 1 en el gestor de base de datos y en la hoja de cálculo corresponde con el 1 de enero de 1900, el número de días hasta el 31 de diciembre de 1970 es 25568. Por tanto, habrá que añadir al dato ofrecido por el sistema de VISIR, esta cifra en segundos, es decir:

$$\text{Fecha tratada} = (25526 \times 24 \times 60 \times 60) \times \text{Fecha del sistema VISIR}$$

Toda la información registrada en los campos anteriormente ha sido accesible de forma individualizada para cada alumno participante en todas las experiencias gracias a la automatización de la consulta realizada al gestor de Base de Datos del sistema. De esta forma, se accede a la consulta en la que el campo clave que se emplea es el correo electrónico del usuario. Al indicar este dato, el sistema devuelve el historial de accesos al laboratorio remoto VISIR de dicho usuario en una interfaz donde se indican todos los campos anteriormente descritos. Un aspecto de esta interfaz se ha representado en la figura 77.

En esta figura se observa que, tras lanzar una consulta, se muestran todos los registros de acceso relativos a la actuación del usuario. De esta forma, es posible conocer las acciones del usuario cada vez que ha efectuado medidas en sesiones diferentes distinguidas por la fecha. Entre los datos accesibles se encuentra la duración de la sesión, el número de medidas brutas, el número de medidas no repetitivas, el tiempo en segundos que el usuario ha permanecido activo, el número de medidas llevadas a cabo con el multímetro en configuración de óhmetro o de voltímetro (DMM), el número de medidas realizadas con el amperímetro (IDMM), la cantidad de medidas simultáneas utilizando DMM e IDMM, las medidas realizadas con el osciloscopio y las medidas realizadas de forma simultánea con el osciloscopio y DMM.

La consulta se ha automatizado para la agrupación de estos datos por la utilidad que estos parámetros tienen para la realización de la posterior analítica del uso del laboratorio remoto VISIR, que, entre otras razones, servirá para que el docente pueda com-

probar la verosimilitud de las medidas declaradas por los estudiantes. El seguimiento de su progreso se torna, entonces, exhaustivo y preciso, ya que se incorpora en el proceso de evaluación un elemento de comprobación de la realización de las prácticas a través de las medidas llevadas a cabo.

user_email	course_name	experiment_id	booking_id	reservation_id	start_date	last_action	number of measures	number of unique measures	active <450s (seconds)	DMM connected	IDMM connected	Osr cor
mbiazquez@ieec.uned.es	visir_m00c	visir_M1	2314	a56bd47-2aca-42c1-af6c-ff6bea0fc20	1492756102.0824	1492756549.7574	6	5	447.65679597855	0	1	0
mbiazquez@ieec.uned.es	visir_m00c	visir_M1	2315	80385886-deb4-4193-ac38-bb907f6abacc	1492756682.6916	1492760149.6836	1	1	33.174132823944	1	0	0
mbiazquez@ieec.uned.es	visir_m00c	visir_M1	2680	8f0e379d-ed6b-485d-8913-778c-616d4f92	1493886155.5277	1493886486.4151	6	6	330.87577414513	3	2	0
mbiazquez@ieec.uned.es	visir_m00c	visir_M1	2684	48ec29a-5bdb-4f96-9d22-306212fa367a	1493889153.9551	1493889415.7024	2	2	261.73358297348	1	1	0
mbiazquez@ieec.uned.es	visir_m00c	visir_M1	2804	da14f6ef-624b-4bb1-8c13-35963cf8862	1493974864.4625	1493975023.0324	8	5	168.56113815308	5	0	0
mbiazquez@ieec.uned.es	visir_m00c	visir_M1	3174	0e0858a9-0d01-42bc-a344-7ac1c8a9b397	1495103764.0687	1495103925.0993	2	2	161.01683402061	2	0	0
mbiazquez@ieec.uned.es	visir_m00c	visir_M1	3175	3f8d4e51-f0b1-48b0-bd79-e7f9b4e11687	1495179385.8159	1495182866.3953	4	4	676.28228998184	3	1	0
mbiazquez@ieec.uned.es	visir_m00c	visir_M1	3180	136ed80e-7c1c-4e7e-aed1-206750999618	1495547181.9327	1495547607.862	0	0	425.91077518463	0	0	0
mbiazquez@ieec.uned.es	visir_m00c	visir_M1	3181	0ed3b0c0-7596-4155-8c0e-de7629aacf24	1495622722.9684	1495623078.7002	0	0	355.72495388985	0	0	0
mbiazquez@ieec.uned.es	visir_m00c	visir_M1	3183	12da37d5-df81-4e64-ab12-5d6863c89dec	1495730762.1684	1495733450.9288	7	6	702.85743975639	5	1	0
mbiazquez@ieec.uned.es	visir_m00c	visir_M1	3198	f092c21f-dd4e-4888-b4a1-5f6f3473bbbb	1496129883.6069	1496130612.2833	6	6	728.67123389244	6	0	0
mbiazquez@ieec.uned.es	visir_m00c	visir_M1	3204	4095793d-9956-46da-b493-330e16d48e29	1496997101.9991	1496997235.8645	0	0	133.78493189812	0	0	0
mbiazquez@ieec.uned.es	visir_m00c	visir_M1	3207	05021129-a033-4a39-9703-49584386c35f	1497009050.8499	1497009185.6896	0	0	134.82246112823	0	0	0
mbiazquez@ieec.uned.es	visir_m00c	visir_M1	3207	9ef34aea-20ba-4a52-a0f1-cdb727473085	1497009216.7096	1497009225.7856	0	0	9.0596480369568	0	0	0

Figura 77. Interfaz de registros de VISIR sobre el uso del laboratorio y resultado de una consulta

Con los datos proporcionados por la herramienta de consulta se ha accedido a todos los datos de cada uno de los usuarios participantes y se han recuperado en una hoja de cálculo para cada uno de los usuarios registrados en cada una de las experiencias. Se puede observar que cada uno de los usuarios ha realizado múltiples reservas para completar las actividades propuestas en cada curso, con lo que se ha realizado una exportación de las diferentes hojas de cálculo a una base de datos. Para el procesado de la exportación se han empleado la hoja de cálculo *Excel* y el gestor de bases de datos *Access*, ambos de *Microsoft Corporation*.

En la exportación de los datos reunidos en la hoja de cálculo de cada experiencia se ha contado con dos tablas de datos: los datos personales y de contacto de cada alumno y los datos de acceso al laboratorio remoto VISIR. Ambas tablas han sido conectadas mediante el campo clave del email del usuario y se ha procedido a la realización de una consulta, con el fin de agrupar los registros de cada usuario y de esta forma, configurar un perfil de empleo del laboratorio remoto. En la figura 78 se ha representado el esquema de la vista de diseño de una de las consultas llevadas a cabo para recuperar y agrupar los datos del empleo de la instrumentación del laboratorio, en el caso de ejemplo para conocer el grado de empleo simultaneo de amperímetro (IDMM) y voltímetro (DMM).

Así, mediante el tratamiento sucesivo de los datos entre la hoja de datos y su agrupamiento mediante la base de datos de agrupación de datos, se han reunido todos los datos de las medidas de todos los usuarios registrados, llevados a cabo en los experimentos de las cuatro experiencias. De esta forma, se han podido finalmente reunir, en una única hoja de cálculo por experiencia, todos los datos para realizar la analítica del aprendizaje de cada usuario en cada experiencia.

Para el propósito de evaluación del uso del laboratorio en las diferentes experiencias, se han desarrollado los apartados 5.2 en adelante, aunque a continuación se expone, a modo de ejemplo, el proceso de análisis de los datos de un alumno en particular, lo

que ha servido para poder evaluar las destrezas motoras del alumno en el contexto de la experiencia.

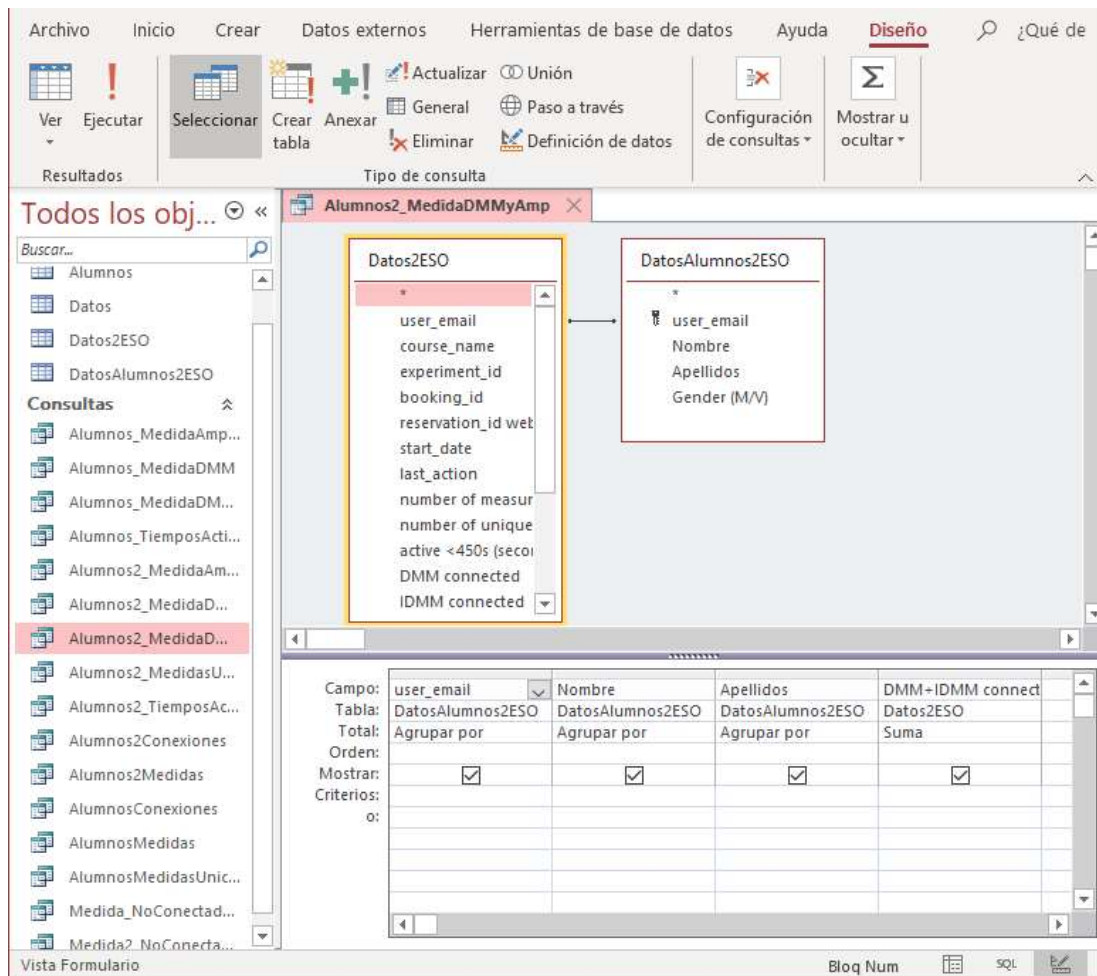


Figura 78. Vista de diseño de consulta de agrupamiento de datos de empleo del laboratorio remoto VISIR

La herramienta desarrollada, permite monitorizar la actividad de un alumno o alumna concreta en el laboratorio remoto VISIR. A modo de ejemplo, se ha seleccionado tres ejemplos de alumnos del curso de la experiencia 3, en la que se utilizan la mayor parte de la instrumentación:

- DMM: Medida de óhmetro o voltímetro.
- IDMM: Medida del amperímetro.
- OSC: Medida del osciloscopio empleado una sola sonda.
- OSC-2Ch: Medida del osciloscopio empleado simultáneamente las dos sondas.

En este curso, tal y como se ha definido en anteriores apartados, los alumnos han de llevar a cabo tres fases o niveles:

Nivel 1

Los alumnos han de utilizar un diodo semiconductor y utilizar montajes sencillos con un voltaje dado en la fuente de alimentación conectado a un resistor y un diodo semiconductor. El objetivo de este nivel es poder identificar el estado de funcionamiento del diodo mediante la medida de voltaje en el resistor y la medida de corriente eléctrica que circula por el circuito. Además, en el contexto de identificar diferentes puntos de trabajo que permita a los alumnos conocer la tensión umbral del diodo para diferentes polarizaciones se pide que midan voltaje y corriente por el circuito para distintos valores.

Finalmente, utilizando el amperímetro y el voltímetro, se identifican una serie de 18 puntos de trabajo a partir de los cuales, el alumno o alumna puede realizar una gráfica de la característica funcional del diodo semiconductor (V_d , I_d). A modo de ejemplo, en la figura 79 se ha representado la información obtenida desde el registro de las actividades de un alumno de 3º de ESO participante en el curso MOOC *“Introduction to Microelectronics”* desde la base de datos de VISIR posteriormente tratada.

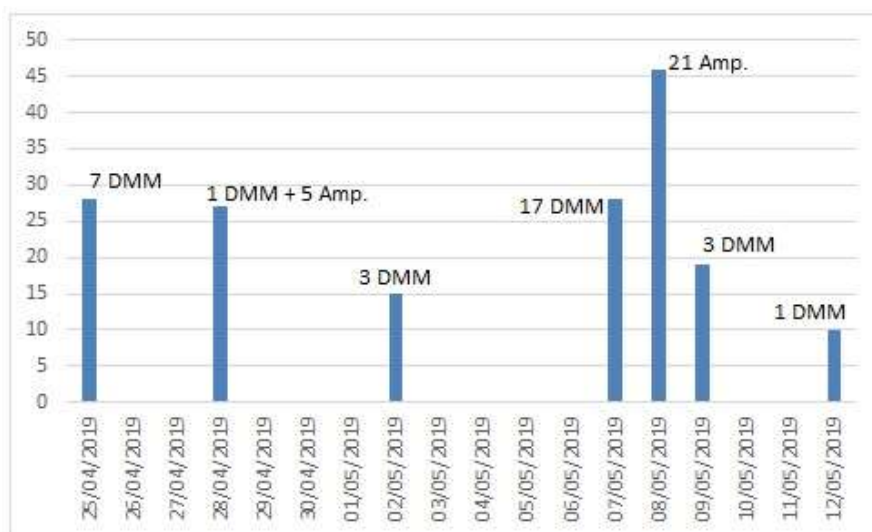


Figura 79. Ejemplo de analítica individualizada para un alumno en el nivel 1 de la experiencia 3

En esta gráfica, se observa que la actividad del alumno se ha prolongado a lo largo de tres semanas, indicándose en el eje de abscisas las fechas entre el 25 de abril y 12 de mayo. Se observa un trabajo irregular y demasiado extenso para lo que se ha requerido en el MOOC. En cierto modo, esta extensión se entiende normal al principio del nivel, ya que el alumno ha tenido que revisar y asimilar los conceptos teóricos. Se observa una mayor concentración de medidas en la última semana de trabajo, que corresponden con las medidas enfocadas a la obtención de la característica de la curva del diodo.

La duración de las medidas también atiende a cierta asimetría, ya que el alumno emplea mucho más tiempo para realizar las primeras medidas, mientras que su curva de aprendizaje se reduce según avanza en la práctica de las medidas, también debido a que los experimentos propuestos son de complejidad similar y su aprendizaje se enfoca con progresividad. Las primeras 7 medidas las ha realizado en una sesión de media hora, mientras que el alumno ha acumulado series de 17 y 21 medidas en el último tramo del nivel.

En definitiva, este ejemplo sirve perfectamente para identificar la potencia analítica de las herramientas desarrolladas a fin de poder identificar el grado de asimilación de los conceptos teóricos desde el dominio cognitivo y su influencia en la práctica de las medidas en el dominio motor.

Nivel 2:

Este nivel se ha previsto para que los alumnos aprendan la naturaleza de las ondas eléctricas y se familiaricen con la práctica del empleo del osciloscopio. El nivel contiene una sola práctica de medida con el osciloscopio de una señal, que los alumnos han de reproducirla, identificar sus parámetros de periodo y amplitud y representarla en una plantilla de visualizador del osciloscopio. En la figura 80 se ha representado el interfaz del osciloscopio con las indicaciones que se sirven al alumnado para su uso, es decir, los mandos que el alumno o alumna ha de manipular para dar con el encuadre correcto.

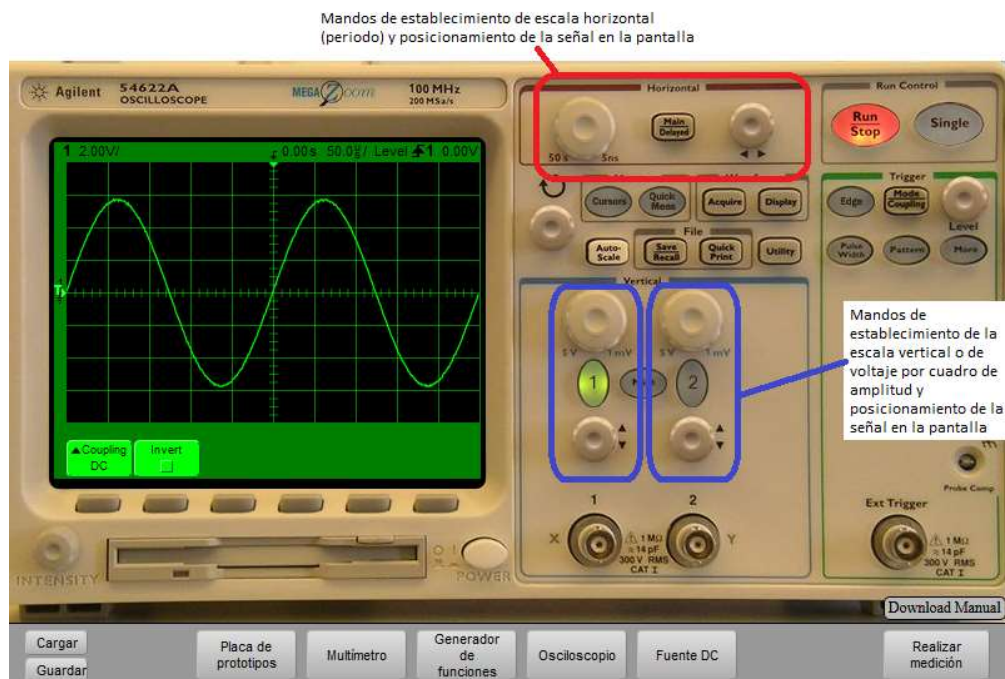


Figura 80. Interfaz del laboratorio con detalle de mandos de manipulación del osciloscopio

En este caso, la medida de una señal implica diversas actividades de conexión y uso de instrumentación, ya que no consiste únicamente en realizar el montaje de un circuito y llevar a cabo una medida, sino que el alumnado tiene que practicar con el uso adecuado de las escalas.

Se ha observado el grupo estudiado ha empleado una media de 12,75 medidas para llevar a cabo esta primera medida, es decir, veces que se pulsa el botón de “Realizar medición” en el interfaz del laboratorio. Con esto, se observa que, para ellos, en su primer contacto con el osciloscopio, además de las conexiones erróneas, se realizan medidas repetitivas para llevar a cabo el cambio de escala horizontal (segundos/división) y de escala vertical (voltios/división), para encuadrar adecuadamente la señal que se pretende medir.

En cierto modo, se ha detectado que, en general, el alumnado, no comprende adecuadamente el empleo de las escalas, por lo que utilizan estos mandos por ensayo y error, formando esto parte del proceso de aprendizaje en el dominio del laboratorio. Algunas de estos fallos y errores, tanto de concepto como de manejo de VISIR, se observa como habituales en el proceso de aprendizaje (García-Zubia et al., 2019).

Se ha elegido al azar una alumna de este curso y se ha aplicado la herramienta de analítica del uso del laboratorio. En la figura 81, observa que dicha alumna ha realizado dos series de intentos. Uno primero, representado a la derecha en el que ha empleado 19 minutos en explorar el interfaz y sus posibilidades para realizar 3 medidas con el osciloscopio. Posteriormente, ha llevado a cabo un segundo intento con 16 medidas en las que ha invertido 15 minutos. Este es un clásico ejemplo de proceso de mejora en las actividades de asimilación de las destrezas motoras en el empleo de este instrumento de medida.

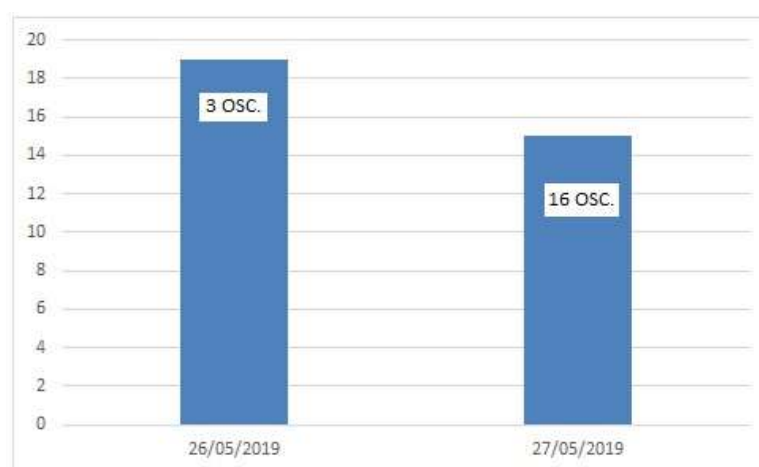


Figura 81. Ejemplo de analítica individualizada para un alumno en el nivel 2 de la experiencia 3

Nivel 3:

Por último, este nivel del laboratorio del curso de *“Microelectronics: diodes and signals”* es el más complejo, ya que se exige el empleo del laboratorio para la identificación de diversas ondas que se generan a partir de su manipulación con un circuito rectificador de media onda, un circuito rectificador de doble onda con puente de diodos, con rectificador integrado y otros circuitos en los que se les añaden diversos filtros capacitivos.

En total, en este nivel, es necesario realizar un total de 10 medidas, de las cuales 2 de ellas se destinan a la medida de voltaje en la carga del circuito, 2 de ellas se realizan utilizando el osciloscopio con una sola sonda y 6 de ellas en las que es necesario el empleo de las dos sondas para la obtención de la señal diferencial en la carga del circuito rectificador en sus diferentes configuraciones.

En la figura 82 se observa que un alumno elegido al azar ha realizado las actividades de este nivel a lo largo de dos semanas. Se observa que en ningún momento ha llevado a cabo la medida con el voltímetro, pero sí ha llevado a cabo un primer grupo de medidas de señales con el osciloscopio utilizando una sonda en dos intentos, de duración proporcional, y una segunda tanda con un total de 163 intentos de medida en 5 ocasiones.

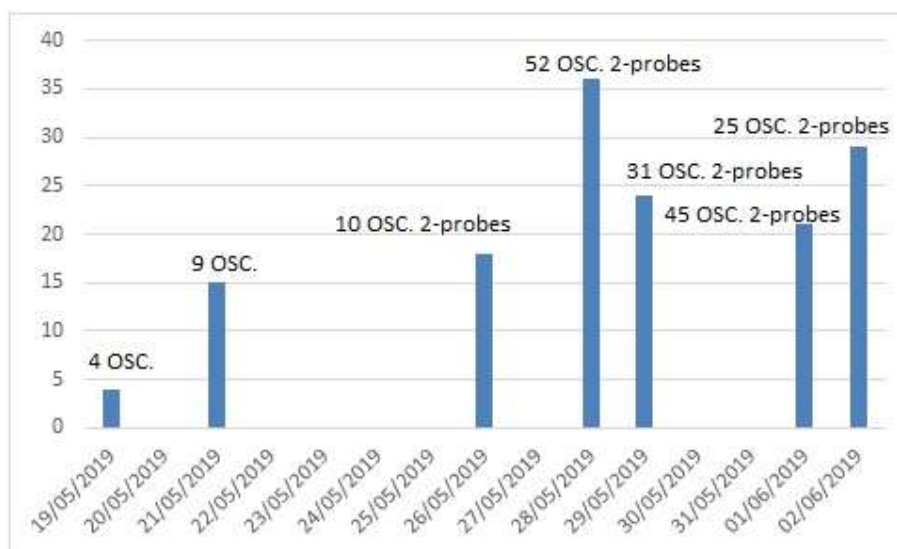


Figura 82. Ejemplo de analítica individualizada para un alumno en el nivel 3 de la experiencia 3

Quizá pueda parecer un número de intentos excesivo para llevar a cabo 6 medidas, pero se observa la acumulación de situaciones derivadas de montajes erróneos, dada su complejidad, mala selección de la escala óptima y ajustes finos para realizar la medida visual de los parámetros de la onda en la pantalla del osciloscopio. Si observamos los datos del grupo en general, en esta serie de medidas con el osciloscopio conectado con las dos sondas simultáneamente, un 56% han realizado más de 6 intentos, es decir, un 44% de los alumnos y alumnas no han realizado suficientes intentos para realizar las 6 medidas requeridas, lo que es indicativo de la complejidad de este proceso para alumnos de esta edad. Además, el grupo ha empleado 48 medidas de promedio para finalizar las actividades que implican el empleo de las dos sondas simultáneamente.

5.2. Analítica del aprendizaje de la experiencia 1

En la experiencia 1, el número total de alumnos que han utilizado el laboratorio remoto VISIR para la realización de medidas y prácticas con el laboratorio remoto VISIR han sido en total 67 alumnos de 1º de ESO y 15 alumnos de 2º de ESO.

5.2.1. Analítica específica en alumnos del curso de 1º de ESO

De forma general, en la tabla 35 se muestran datos generales de acceso del grupo de alumnos de 1º de ESO. En esta experiencia, se ha propuesto a los participantes la realización de diversos circuitos (indicados en el capítulo 4 de la presente investigación) que da lugar a la realización de 10 medidas, 9 de ellas utilizando únicamente el voltímetro/óhmetro (DMM) y 1 medida utilizando el amperímetro (IDMM).

En dicha tabla 35 se han representado valores totales de uso del laboratorio. Los 67 alumnos han proporcionado más de 6.500 medidas, en las que no se distinguen aquellas que hayan resultado eficaces de aquellas que han resultado nulas. Se observa que los alumnos han tenido de forma global un grado de repetición por medida de casi 3 unidades.

Tabla 35. Datos generales de acceso de los alumnos y alumnas de 1º de ESO de la primera experiencia

	Totales	Promedios	Desviación Estándar	Valor máximo	Valor mínimo
Medidas totales	6570	98,0597	88,6486	341	0
Medidas únicas	2675	39,925	35,966	162	0
Reservas	666	9,9403	7,4912	32	1
DMM conectado	1998	29,821	28,561	141	0
IDMM conectado	208	3,1045	6,5808	38	0
Circuitos o instrumentación no conectada	377	5,6269	11,335	76	0
Conexión simultánea de DMM e IDMM	92	1,3731	4,7381	38	0
Tiempo activo (s)	275589	4113,3	3161,3	12236	3,995

Como consecuencia de los datos, se ha procedido a obtener los siguientes parámetros consecuentes de los indicados en la tabla 35:

- **Tiempo operativo (T.op.):** Tiempo operativo, que indica cuál es el tiempo medio (en segundos) empleado por cada participante en la realización de una actuación en el laboratorio remoto.
- **Tiempo eficiente (T.ef.):** Tiempo eficiente, que indica la duración media, en segundos, de cada participante en la realización de una medida única en el laboratorio remoto. Este parámetro difiere del tiempo operativo en ser más realista a la hora de definir el tiempo real empleado para llevar a cabo una medida útil.
- **Eficacia:** parámetro que determina la relación entre el tiempo total empleado por participante y el número de medidas indicadas por cada participante. Este valor de medidas indicadas ha variado entre un valor mínimo de 0 cuando no han realizado o finalizado ninguna medida y 10 cuando han declarado realizar la totalidad de las medidas.

Del análisis de la actuación de los participantes, en la tabla 36 se muestran los valores generales del grupo de la experiencia, en la cual se observa por un lado, que aproximadamente la mitad del tiempo invertido en la realización de las prácticas y medidas ha sido totalmente ineficaz, es decir, no ha servido para realizar una medida, pero, por otro lado, hay que tener en cuenta que esta es una buena medida del tiempo que estos alumnos han requerido para familiarizarse en el manejo del laboratorio remoto.

Tabla 36. Datos generales del análisis de las medidas de los alumnos de 1º de ESO en la primera experiencia

	Tiempo operativo (s)	Tiempo eficiente (s)	Eficacia (s)	Medidas totales (Max 10)	DMM (Max 9)	IDMM (Max 1)
Valor promedio	79,67	152,15	584,41	7,82	7,10	0,72
Desviación estándar	134,90	169,47	501,69	2,16	1,81	0,45
Valor máximo	783,06	1032,26	2209,78	10	9	1
Valor mínimo	0,00	0,00	0,80	2	2	0

Es interesante comparar el tiempo operativo con el parámetro de eficacia, ya que, en el promedio del grupo, la eficacia ha sido más de 7 veces superior al tiempo operativo. Esto significa que los alumnos han empleado de promedio 79,67 segundos en realizar

las medidas (cuyo total en el grupo ha sido de 6570 con un promedio por alumno de 98,0597 medidas).

La eficacia es un parámetro que tiene en cuenta, no las medidas realizadas por los alumnos, sino los resultados esperados. Se observa una desproporción exagerada en el empleo del laboratorio remoto, achacable en todo momento a la falta de experiencia y familiaridad con el mismo.

Asimismo, se ha establecido el parámetro M1 para referir la relación entre las veces que se ha declarado una medida con el voltímetro/óhmetro (DMM) y las veces que se ha utilizado dicha instrumentación. Este parámetro indica, por tanto, el grado de veracidad en el uso del aparato de medida. De forma adicional, se ha extendido esta misma relación al empleo del amperímetro (IDMM) con la formalización del parámetro M2. De estos parámetros M1 y M2, se da cuenta en la tabla 37.

Un valor ideal para estos parámetros, M1 y M2, sería la unidad, que refiere a que el participante ha utilizado la instrumentación para el propósito declarado. Un valor superior a la unidad indicará que el alumno ha utilizado el instrumento más de lo necesario y un valor inferior a 1 es indicativo de que el alumno ha inventado datos declarados de medida al haber realizado de forma efectiva menos de las que ha indicado como realizadas.

Tabla 37. Parámetros M1 y M2 de los alumnos de 1º de ESO en la experiencia 1

	M1	M2
Promedios	0,871	0,115
Desviación estándar	1,907	0,272
Máximo	9	1
Mínimo	0	0

Extendiendo estos valores a todo el grupo de alumnos se han obtenido los valores paramétricos de la tabla 37, que indican que, en promedio, se han infrutilizado los aparatos de medida. En cualquier caso, gracias al análisis de estos datos, se pueden contrastar dos tipos diferentes de información: la declarada por los alumnos en su cuaderno de actividades y la realizada realmente en el laboratorio. Si se agrupan y conta-

bilizan los datos del análisis de estos parámetros, se han obtenido los siguientes datos representados en la tabla 38.

Tabla 38. Datos en detalle del empleo del laboratorio de los alumnos de 1º de ESO en la experiencia 1

	Todos		Alumnos		Alumnas	
Alumnos con medidas realizadas	27	40,3%	15	42,9%	12	37,5%
Alumnos con medidas en V inventadas	7	10,4%	5	14,3%	2	6,3%
Alumnos con medidas A inventadas	17	25,4%	11	31,4%	6	18,8%
Alumnos con todo inventado	16	23,9%	4	11,4%	12	37,5%
Total	67		35		32	

Se ha detectado, por tanto, que en total casi un 60% del alumnado ha inventado los datos, es decir, ha declarado haber hecho al menos una medida sin haber utilizado adecuadamente el instrumento debido o incluso sin haber montado el circuito.

En el grupo de alumnos con medidas realizadas, los casos mayoritarios son los de aquellos que han utilizado correctamente el instrumento adecuado y han montado correctamente el circuito requerido, a los que hay que sumar aquellos alumnos que no han medido y han declarado no haber hecho medidas. Se observa que de la suma de alumnos (27 +17) que han utilizado adecuadamente el voltímetro/óhmetro (DMM), la totalidad lo han empleado adecuadamente, mientras que en el grupo que no ha inventado medidas con el amperímetro, un 35,3% no han sabido emplear el amperímetro (IDMM) y han ofrecido una actividad nula. Con el fin de estudiar el empleo efectivo del laboratorio, independientemente de lo declarado en las actividades, se ha proporcionado un resumen analítico que se representa en la tabla 39. En esta tabla, se han analizado los datos distinguiendo los alumnos de las alumnas y se indican los siguientes parámetros:

- **Promedios M1 y M2**, indicativos de la ratio de eficiencia de las medidas de los alumnos para respectivamente, el empleo del DMM y del IDMM.
- **Tiempo de operación**, o tiempo medio bruto empleado por los alumnos para realizar una medida.
- **Tiempo medio eficiente (Tme)**, o tiempo medio eficiente, es decir, el tiempo medio empleado para llevar a cabo una medida única no repetitiva. Se recuerda que, tanto para el tiempo de operación como para el Tme, se han empleado res-

pectivamente el valor de medidas totales realizadas por el alumno y medidas únicas empleadas por el alumno.

- **Eficacia**, o resultado de calcular el tiempo de conexión del alumno en el laboratorio por las medidas requeridas en la experiencia (máximo 10 medidas)

Tabla 39. Análisis de los parámetros más significativos del uso del laboratorio de los alumnos de 1º de ESO en la experiencia 1

	Todos	Alumnos	Alumnas
Promedio M1	0,87	1,27	0,43
Promedio M2	0,115	0,11	0,12
Tiempo de operación (s)	79,67	79,92	79,38
Tiempo de operación (min)	1,33	1,33	1,32
Tme (s)	152,15	158,26	145,47
Tme (min)	2,54	2,64	2,42
Eficacia (s)	584,41	523,52	651,01
Eficacia (m)	9,74	8,73	10,85

Para poder relacionar el grado de aprendizaje que los alumnos han obtenido del empleo del laboratorio remoto se han cruzado los datos relativos a los resultados de analizar las destrezas cognitivas de los alumnos, según el modelo CMM y los datos procedentes del empleo individual del laboratorio. Las destrezas que se han analizado han sido las destrezas SC y HC (respectivamente las destrezas cognitivas simples y complejas). Para ello, se han tenido en cuenta los parámetros M1 y M2 anteriormente expuestos sobre el uso del voltímetro/óhmetro (DMM) y del amperímetro (IDMM) con los citados parámetros de destrezas cognitivas.

Se han relacionado los datos procedentes de estos dos ámbitos, dando lugar a cuatro indicadores:

- Indicador **Ds**=DMM / SC, que relaciona el empleo del voltímetro/óhmetro con la medida de desarrollo de la destreza cognitiva simple del alumno.
- Indicador **Dh**=DMM / HC, que relaciona el empleo del voltímetro/óhmetro con la medida de desarrollo de la destreza cognitiva compleja del alumno.
- Indicador **As**=IDMM/ SC, que relaciona el empleo del amperímetro con la medida de desarrollo de la destreza cognitiva simple del alumno.

- Indicador $Ah = IDMM / HC$, que relaciona el empleo del amperímetro con la medida de desarrollo de la destreza cognitiva compleja del alumno.

Con el fin de observar la relación entre estos indicadores se han representado sendas gráficas D_s versus D_h (en la figura 83) y A_s versus A_h (en la figura 84), agrupando únicamente los datos de los alumnos que no han inventado los datos, es decir, que han realizado las medidas esperadas independientemente de los intentos que han empleado para ello. En ambas gráficas se observa una tendencia lineal entre los parámetros estudiados. Se ha procedido al cálculo de correlación entre ambos pares de datos y se han obtenido los valores de los coeficientes de correlación de Pearson:

- Entre distribuciones de valores D_s y D_h : 0,8392.
- Entre distribuciones de valores A_s y A_h : 0,9449.

Ambos coeficientes son muy cercanos a la unidad, lo que es indicativo de una fuerte correlación entre ambos pares de indicadores. Se interpreta, por tanto, que el grado de influencia del empleo del laboratorio remoto ha sido significativo a la hora de desarrollar las destrezas cognitivas.

De ambas gráficas de las figuras 83 y 84, se observa en la nube de puntos una mayor acumulación de casos en el entorno de valores cercanos al rango del área establecida entre las coordenadas (0;0) y (0,1;0,1). Se ha de interpretar que estos casos son aquellos en los que los alumnos han obtenido una valoración elevada en su desarrollo cognitivo, es decir, que la influencia del empleo del laboratorio ha sido grande, mientras que aquellos puntos dispersos hacia el extremo superior derecho de la gráfica son indicativos de los casos en los que la influencia del laboratorio en su desarrollo cognitivo ha sido menor. Se puede considerar, en grandes rasgos que, en ambos tipos de medidas, el laboratorio ha servido como instrumento útil para el aprendizaje y la adquisición de destrezas cognitivas. Se han de excluir de esta interpretación los casos acumulados de puntos que se encuentran en el origen de coordenadas en los que los alumnos no han realizado ni declarado medida alguna, obsérvese que únicamente en el caso del amperímetro.

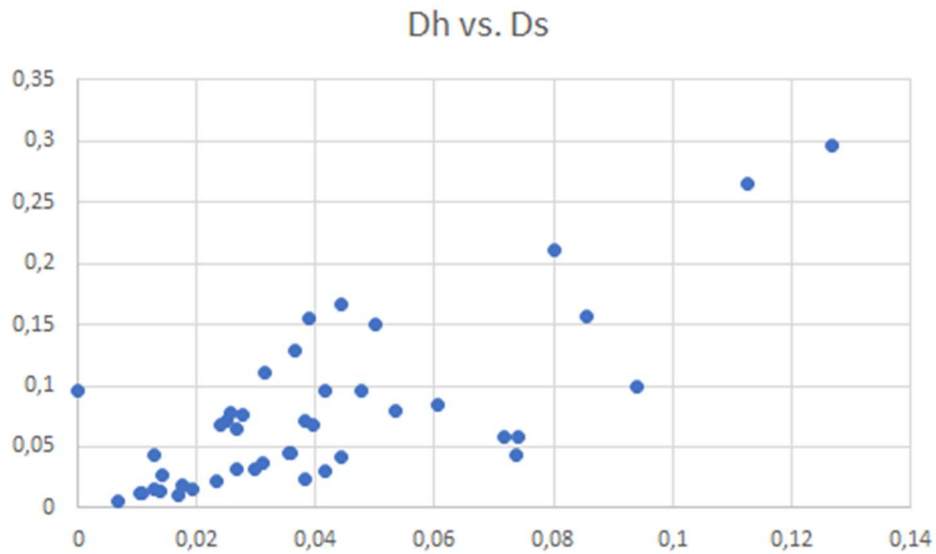


Figura 83. Relación entre indicadores del empleo del voltímetro/óhmetro (DMM) respecto a las destrezas cognitivas (1º de ESO experiencia 1)

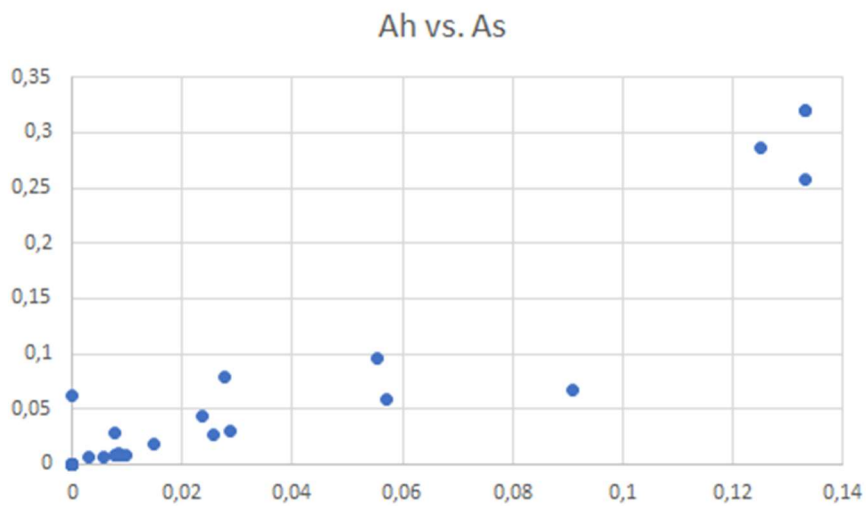


Figura 84. Relación entre indicadores del empleo del IDMM respecto a las destrezas cognitivas (1º de ESO experiencia 1)

A modo de reflexión, a tenor de los datos ofrecidos en el análisis del modelo CMM en el anterior capítulo, el circuito serie haya resultado más sencillo de aprender y de realizar su montaje que el circuito paralelo mientras que cuando se trata de medir una magnitud eléctrica, el voltímetro, cuya conexión se realiza en paralelo con el dispositivo a medir, haya sido empleado en mejor manera que el amperímetro, cuya conexión es en serie. Se observa, que esta situación paradójica se entiende desde el momento en que se observa que el alumno o alumna puede incorporar el voltímetro directamente al circuito para realizar la medida, mientras que el amperímetro requiere de la realización de un cambio en el circuito original, habida cuenta que se ha de realizar una

apertura en las conexiones de este para poder ser insertado en serie. Esta operación se detecta compleja para un número significativo de alumnos, con lo que es una cuestión para tener en cuenta por docentes e instructores.

5.2.2. Analítica específica en alumnos del curso de 2º de ESO

Para los alumnos de 2º de ESO que han empleado el laboratorio remoto VISIR en el marco de la experiencia 1, los datos recopilados de su actuación en el laboratorio se exponen en la tabla 40, donde se han representado valores totales de uso del laboratorio. Se ha de tener en cuenta que la muestra es muy pequeña (15 alumnos y alumnas) por lo que los datos obtenidos pueden resultar no tan significativos como los obtenidos para los alumnos de 1º de ESO. En esta experiencia, se ha propuesto a los participantes la realización de los mismos circuitos que los proporcionados en el anterior apartado para los alumnos de 1º curso, esto es, los circuitos que dan lugar a la realización de 10 medidas, 9 de ellas utilizando únicamente el voltímetro/óhmetro (DMM) y 1 medida utilizando el amperímetro (IDMM).

Los 15 alumnos han proporcionado más de 1000 medidas, en las que no se distinguen aquellas que hayan resultado eficaces de aquellas que han resultado nulas. Se observa que los alumnos han tenido de forma global un grado de repetición por medida ligeramente superior a 3 repeticiones por medida.

Tabla 40. Datos generales de acceso de los alumnos y alumnas de 1º de ESO de la experiencia 1

	Totales	Promedios	Desviación Estándar	Valor máximo	Valor mínimo
Medidas totales	1072	71,47	48,42	161	3
Medidas únicas	350	23,30	15,50	55	2
Reservas	169	11,30	6,25	28	3
DMM conectado	281	18,70	13,20	52	0
IDMM conectado	15	1,00	1,81	5	0
Circuitos o instrumentación no conectada	33	2,20	2,81	8	0
Conexión simultanea de DMM e IDMM	21	1,40	2,38	7	0
Tiempo activo (s)	58097	3837,2	2125,30	6830,3	675,8

Como consecuencia de los datos, se ha procedido a emplear los parámetros de tiempo operativo y tiempo eficaz, en los mismos términos que se han descrito anteriormente, además del parámetro de Eficacia, también empleado en el anterior apartado, como determinante de la relación entre el tiempo total empleado por participante y el número de medidas indicadas por cada participante. Este valor de medidas indicadas ha variado entre un valor mínimo de 0 cuando no han realizado o finalizado ninguna medida y 10 cuando han declarado realizar la totalidad de las medidas. Del análisis de la actuación de los participantes, en la tabla 41 se muestran los valores generales del grupo de la experiencia:

Tabla 41. Datos generales del análisis de las medidas de los alumnos de 2º de ESO en la experiencia 1

	Tiempo operativo (s)	Tiempo eficiente (s)	Eficacia (s)	Medidas totales (Max 10)	DMM (Max 9)	IDMM (Max 1)
Valor promedio	89,52	211,99	713,94	8,47	6,733	0,33
Desviación estándar	94,45	116,96	1175,76	2,875	1,67	0,62
Valor máximo	376,19	564,28	4902,86	10	9	1
Valor mínimo	0,00	0,00	0,80	0	0	0

Se observa que más de la mitad del tiempo invertido en la realización de las prácticas y medidas ha sido totalmente ineficaz, pero de nuevo se puede achacar esta ineficacia al tiempo invertido en familiarizarse con el laboratorio. Al comparar el tiempo operativo con el parámetro de eficacia se observa que esta última ha sido casi 10 veces superior al tiempo operativo, un valor superior al empleado por los alumnos de 1º de ESO. Dada la reducida muestra, esta cifra no es concluyente ni significativa, pero da una idea de la elevada curva de aprendizaje que estos alumnos han empleado en el uso del laboratorio.

De forma adicional, se han calculado los parámetros M1 y M2, en los mismos términos que en la experiencia llevada a cabo por los alumnos de 1º de ESO, que se representan en la tabla 42. Al comparar los datos con los compañeros de 1º de ESO, se observa menor valor en el parámetro M1, relativo al empleo del DMM y ligeramente superior en M2, que se relaciona con el empleo del IDMM:

Tabla 42. Parámetros M1 y M2 en alumnos de 2º de ESO de la experiencia 1

	M1	M2
Promedios	0,646	0,182
Desviación estándar	0,780	0,340
Máximo	3,000	1,000
Mínimo	0,000	0,000

De la misma forma que para los alumnos de 1º de ESO, tras el análisis de estos datos, se ha contrastado la información declarada por los alumnos y la que en realidad han llevado a cabo en el laboratorio. Al agrupar los datos del análisis de estos parámetros, se han obtenido los siguientes datos representados en la tabla 43.

Tabla 43. Datos en detalle del empleo del laboratorio de alumnos de 2º de ESO en la experiencia 1

	Todos		Alumnos		Alumnas	
Alumnos con medidas realizadas	11	73,3%	4	66,7%	7	77,8%
Alumnos con medidas en V inventadas	4	26,7%	2	33,3%	2	22,2%
Alumnos con medidas A inventadas	0	0,0%	0	0%	0	0%
Alumnos con todo inventado	0	0,0%	0	0%	0	0%
Total	15		6		9	

En este caso, un porcentaje elevado de los alumnos han realizado el proceso de medida según lo que han declarado. Aproximadamente una cuarta parte de estos han inventado la medida de voltaje, es decir, habiendo declarado una cifra de medida en el protocolo de las prácticas, han debido de inventarla o de copiarla de algún compañero ya que no existen registros de medida alguna. Finalmente, ningún estudiante ha inventado o copiado ninguna medida relativa al empleo del amperímetro.

Siguiendo el mismo modelo de información indicado para los alumnos de 1º de ESO, se ha reunido la información de promedios de M1 y M2, de tiempo de operación, de **Tme** o tiempo medio eficiente y de eficacia de las actividades de medida de los alumnos de 2º de ESO y se muestra en la tabla 44.

Además, se ha estudiado la correlación en el grupo de datos correspondientes a los alumnos de 2º de ESO participantes en la experiencia, obteniéndose sendos coeficientes de correlación de Pearson:

- Entre distribuciones de valores Ds y Dh: 0,8629
- Entre distribuciones de valores As y Ah: 0,9872

Ambos coeficientes son muy cercanos a la unidad, lo que es indicativo de una fuerte correlación entre ambos pares de indicadores. Se interpreta, por tanto, que el grado de influencia del empleo del laboratorio remoto ha sido significativo a la hora de desarrollar las destrezas cognitivas.

Tabla 44. Análisis de los parámetros más significativos del uso del laboratorio de alumnos de 2º de ESO en la experiencia 1

	Todos	Alumnos	Alumnas
Promedio M1	0,65	0,75	0,57
Promedio M2	0,18	0,00	0,30
Tiempo de operación (s)	89,53	80,10	95,81
Tiempo de operación (min)	1,49	1,33	1,60
Tmu (s)	212,00	203,09	217,94
Tmu (min)	3,53	3,38	3,63
Eficacia (s)	713,94	390,58	929,51
Eficacia (m)	11,90	6,51	15,49

Para poder relacionar el grado de aprendizaje que los alumnos han obtenido del empleo del laboratorio remoto respecto a las destrezas cognitivas de estos según el modelo se han cruzado los datos procedentes de las destrezas SC y HC (respectivamente las destrezas cognitivas simples y complejas) con los datos paramétricos M1 y M2 de empleo de la instrumentación del laboratorio.

Esto se ha realizado en los mismos términos que en el grupo de alumnos de 1º de ESO anteriormente expuesto. Así, en las figuras 85 y 86 se muestran la nube de puntos que relacionan los parámetros Ds versus Dh y los parámetros As versus Ah.

De ambas gráficas, se observa en la nube de puntos una mayor acumulación de casos en el entorno de valores cercanos al rango del área establecida entre las coordenadas (0;0) y (0,1;0,1), muy similar a los obtenidos con los alumnos de 1º de ESO, con la salvedad de la menor afluencia de participantes en este grupo. De la misma forma, se puede interpretar estos casos como aquellos que han obtenido una valoración elevada en su desarrollo cognitivo, es decir, que la influencia del empleo del laboratorio ha sido

grande. En esta agrupación, se puede decir que los alumnos y alumnas han sacado buen partido del uso del laboratorio para los propósitos de aprendizaje.

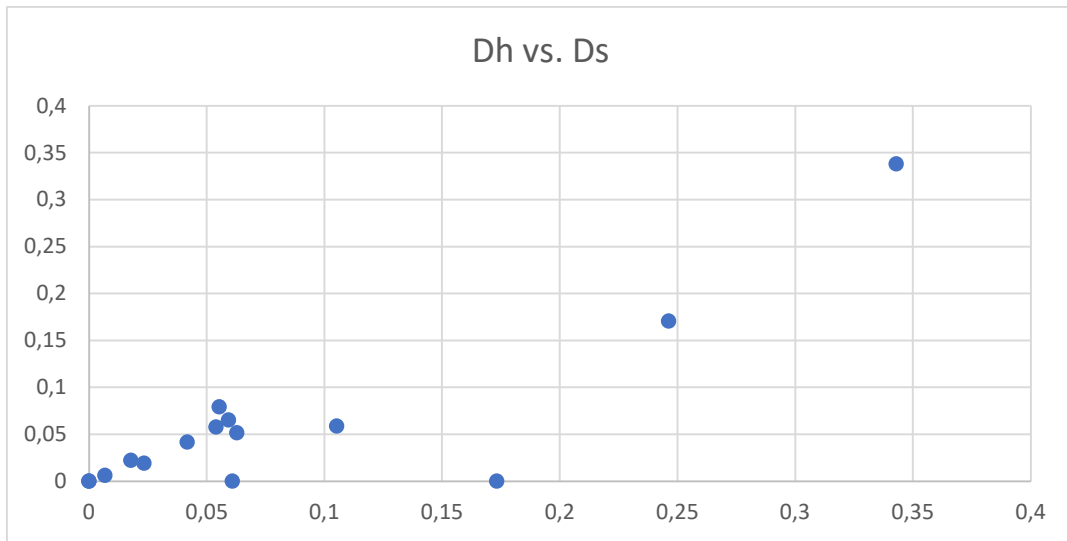


Figura 85. Relación entre indicadores del empleo del voltímetro/óhmetro (DMM) respecto a las destrezas cognitivas en los alumnos de 2º de ESO de la primera experiencia

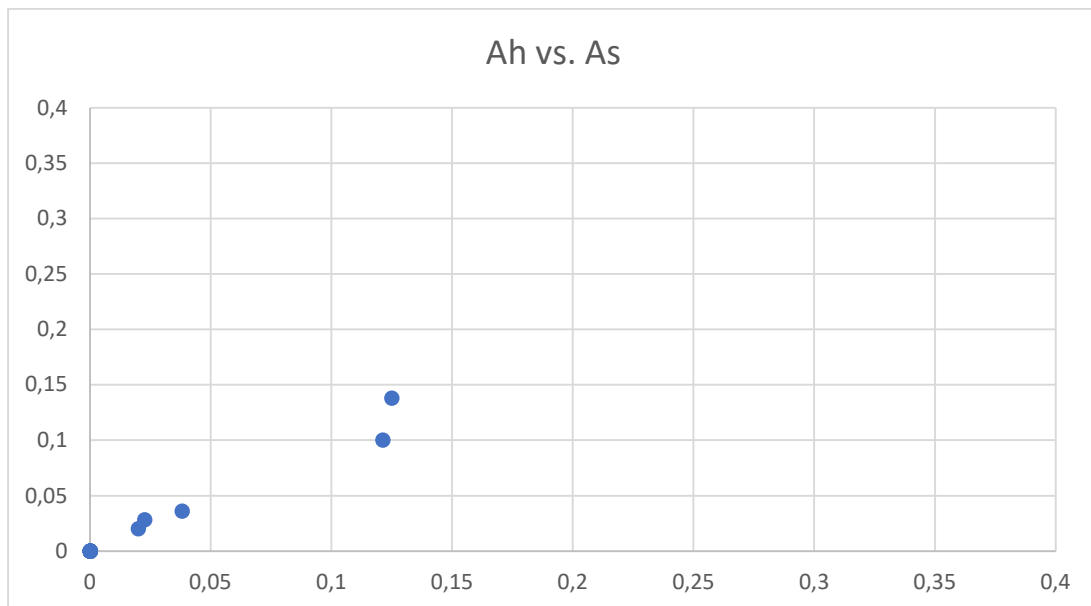


Figura 86. Relación entre indicadores del empleo del IDMM respecto a las destrezas cognitivas en los alumnos de 2º de ESO de la primera experiencia

En la gráfica de la figura 86 se observan una cantidad muy baja de puntos, ya que se da el efecto de acumulación en el origen de coordenadas, significativo de nulas medidas con este aparato de medida en una cantidad significativa de alumnos y alumnas.

5.3. Analítica del aprendizaje de la experiencia 2

En la experiencia 2, los alumnos participantes son 115 de los cuales 69 son chicos y 46 son alumnas, todos pertenecientes al curso de 1º de ESO. Esta experiencia se realiza a tenor de lo indicado en anteriores capítulos y que aquí recordamos de nuevo. El objetivo fundamental de la experiencia 1 era la de poder comprobar que los alumnos y alumnas son capaces de asimilar de forma más eficaz los conocimientos relativos a la Electricidad básica.

Se eligió para la experiencia 1 el desarrollo taxonómico de Bloom y una vez terminada la experiencia se pensó que este planteamiento permitía el diseño de la experiencia desde el plano cognitivo, dominio en el que se desarrolla la taxonomía de Bloom. A tal efecto, se pensó en el diseño de una nueva taxonomía que contemplara ambos planos, el cognitivo y el motor. De esta forma, se ha realizado un rediseño de la estructura del curso a raíz del nuevo planteamiento taxonómico del modelo Cognitivo-Motor, CMM, actualmente en uso para alumnos de la etapa de secundaria.

En este apartado se han utilizado las mismas métricas que las utilizadas en la experiencia 1, lo que va a permitir comparar el rendimiento de los alumnos según cada planteamiento taxonómico expuesto. El diseño del curso se ha modificado en su aspecto formal respecto al empleado en la primera experiencia, pero desde el punto de vista de las prácticas, se han mantenido el tipo y número de medidas, así como el empleo que se hace de la instrumentación (DMM y IDMM). Se mantiene, pues, la propuesta de realización de diversos circuitos que dan lugar a la realización de 10 medidas, 9 de ellas utilizando únicamente el voltímetro/óhmetro (DMM) y 1 medida utilizando el amperímetro (IDMM).

En la tabla 45 se han representado valores totales de uso del laboratorio. Los 115 alumnos han proporcionado más de 8400 medidas, en las que no se distinguen aquellas que hayan resultado eficaces de aquellas que han resultado nulas. Sí que se distingue aquellas que se han realizado de forma repetida y aquellas que se consideran medidas únicas, es decir, sobre un mismo circuito y conexión de instrumentación. De esta

forma, si un alumno pulsa tres veces el botón de “Realizar medida” en un mismo circuito, sobre el que no se realiza ninguna modificación en el montaje o en la configuración de los instrumentos, se contarán 3 medidas totales, pero solo 1 medida única. De esta forma se observa como el grado de repetición de las medidas se eleva a un factor de 2,63 repeticiones por medida.

Tabla 45. Datos generales de acceso de los alumnos y alumnas de la experiencia 2

	Totales	Promedios	Desviación Estándar	Valor máximo
Medidas totales	8405	73,08	70,81	362
Medidas únicas	3187	27,71	23,74	121
Reservas	1565	13,61	9,13	45
DMM conectado	2687	23,37	21,54	117
IDMM conectado	208	1,81	3,31	21
Circuitos o instrumentación no conectada	212	1,84	2,62	14
Conexión simultanea de DMM e IDMM	68	0,59	1,65	10
Tiempo activo (s)	491058	4270,1	3015,6	15333

De la misma forma que en la anterior experiencia, en esta experiencia 2, se han utilizado tres parámetros indicativos del uso del laboratorio remoto VISIR:

- a) el tiempo operativo o tiempo utilizado por cada participante en la realización de una actuación en el laboratorio remoto,
- b) el tiempo eficiente, indicativo de la duración media, en segundos, de cada participante en la realización de una medida única en el laboratorio remoto y
- c) la Eficacia, parámetro que determina la relación entre el tiempo total empleado por participante y el número de medidas indicadas por cada uno.

Este valor de medidas indicadas ha variado entre un valor mínimo de 0 cuando no han realizado o finalizado ninguna medida y 10 cuando han declarado realizar la totalidad de las medidas.

Del análisis de la actuación de los participantes, en la tabla 46, se muestran los valores generales del grupo de la experiencia. De nuevo, se observa que aproximadamente la mitad del tiempo invertido en la realización de las prácticas y medidas ha sido totalmente ineficaz, es decir, no ha servido para realizar una medida.

No obstante, este dato es interesante para considerar que el grupo de alumnos, de forma muy similar a los alumnos participantes en la experiencia 1, requieren duplicar el número de actuaciones para familiarizarse con la instrumentación y el entorno de VISIR. Es interesante comparar el tiempo operativo con el parámetro de eficacia, ya que, en el promedio del grupo, la eficacia ha sido aproximadamente 6 veces superior al tiempo operativo.

Tabla 46. Datos generales del análisis de las medidas de los alumnos de 1º de ESO en la experiencia 2

	Tiempo operativo (s)	Tiempo eficiente (s)	Eficacia (s)	Medidas totales (Max 10)	DMM (Max 9)	IDMM (Max 1)
Valor promedio	110,35	220,01	694,35	7,44	6,90	0,53
Desviación estándar	167,19	252,55	722,18	2,89	2,62	0,49
Valor máximo	1090,69	2156,98	4444,85	10	9	1
Valor mínimo	0	0	0	0	0	0

Esto significa que los alumnos han empleado de promedio 110 segundos en realizar las medidas (cuyo total en el grupo ha sido de 8405 medida con un promedio de 73 medidas por alumno). La eficacia es un parámetro que tiene en cuenta, no las medidas realizadas por los alumnos, sino los resultados esperados.

Se observa una desproporción exagerada en el empleo del laboratorio remoto, también similar a lo realizado en la experiencia 1, debido a la falta de experiencia y usabilidad del entorno VISIR, que provoca que los estudiantes ejecuten acciones de medida múltiple para un solo valor.

Siguiendo la pauta de métricas establecidas en la experiencia 1, se ha establecido el parámetro M1 para referir la relación entre las veces que se ha declarado una medida con el voltímetro/óhmetro (DMM) y las veces que se ha utilizado dicha instrumentación. Este parámetro indica, por tanto, el grado de veracidad en el uso del aparato de medida. De forma adicional, se ha extendido esta misma relación al empleo del amperímetro (IDMM) con la formalización del parámetro M2.

Un valor ideal para estos parámetros sería la unidad, que refiere a que el participante ha utilizado la instrumentación para el propósito declarado. Un valor superior a la unidad indicará que el alumno ha utilizado el instrumento más de lo necesario y un valor inferior a 1 es indicativo de que el alumno ha inventado datos declarados de medida al haber realizado de forma efectiva menos de las que ha indicado como realizadas. Los valores paramétricos obtenidos se exponen en la tabla 47.

Tabla 47. Parámetros M1 y M2 de los alumnos en la experiencia 2

	M1	M2
Promedios	0,79	0,163
Desviación estándar	1,48	0,302
Máximo	9	1
Mínimo	0	0

Tras el análisis de estos datos, se presentan dos tipos de información, que no siempre es igual: la declarada como hecha por parte de los alumnos y la realizada objetivamente con los datos de registro en el uso del laboratorio. Al agrupar estos datos, se obtienen la siguiente contabilidad de veracidad de la información entregada por los alumnos, que se presenta en la tabla 48.

Tabla 48. Datos en detalle del empleo del laboratorio de los alumnos en la experiencia 2

	Todos		Alumnos		Alumnas	
Alumnos con medidas realizadas	63	54,8%	35	50,7%	28	60,9%
Alumnos con medidas en V inventadas	10	8,7%	8	11,6%	2	4,3%
Alumnos con medidas A inventadas	13	11,3%	7	10,1%	6	13,0%
Alumnos con todo inventado	29	25,2%	19	27,5%	10	21,7%
Total	115		69		46	

Siguiendo una línea similar que en la experiencia 1, se observa que, seguramente por causa de la prisa en la entrega de ejercicios y cierto grado de procrastinación, entre algunas razones que se nos puedan ocurrir para identificar las razones de porqué los alumnos inventan los datos, el hecho es que aproximadamente un 45% del alumnado inventa la información, es decir, indica una medida cuando en realidad no la ha realizado.

Este efecto es mayor en el caso de los alumnos que de las alumnas, en una diferencia nada desdeñable de 10 puntos porcentuales. Es preferible pensar que más de la mitad

del alumnado ha realizado las medidas o al menos, no ha indicado medida alguna cuando no han procedido al uso de la instrumentación.

Con el fin de estudiar el empleo efectivo del laboratorio, independientemente de lo declarado en las actividades, se ha proporcionado un resumen analítico que se representa en la tabla 49.

En esta tabla, se han analizado, de la misma forma que en la anterior experiencia 1, los promedios de los valores M1 y M2, indicativos de la ratio de eficiencia de las medidas de los alumnos para respectivamente, el empleo del DMM y del IDMM, del tiempo de operación o tiempo medio bruto empleado por los alumnos para realizar una medida, parámetro temporal **Tme**, o tiempo medio eficiente, empleado para llevar a cabo una medida única no repetitiva, y finalmente la valoración de la eficacia como resultado del cálculo del tiempo de conexión del alumno en el laboratorio por las medidas requeridas en la experiencia, que como máximo han sido 10.

Tabla 49. Análisis de los parámetros más significativos del uso del laboratorio en la experiencia 2

	Todos	Alumnos	Alumnas
Promedio M1	0,31	0,31	0,30
Promedio M2	0,30	0,30	0,29
Tiempo de operación (s)	86,76	91,56	80,75
Tiempo de operación (min)	1,45	1,53	1,35
Tmu (s)	176,99	188,93	162,06
Tmu (min)	2,95	3,15	2,70
Eficacia (s)	814,06	841,99	779,15
Eficacia (m)	13,57	14,03	12,99

Para completar este estudio de analítica del aprendizaje en esta segunda experiencia, se ha pensado que, igual que en la anterior experiencia, se realice un estudio cruzado de datos del empleo del laboratorio con los resultados medidos mediante el modelo cognitivo motor.

La cuestión que se persigue es observar hasta qué grado el empleo del laboratorio remoto ha mejorado el rendimiento cognitivo de los alumnos, es decir, si existe cierta correlación entre el empleo del laboratorio en la mejora de la asimilación de los contenidos conceptuales. Las destrezas que se han analizado han sido las destrezas SC y

HC (respectivamente las destrezas cognitivas simples y complejas). Para ello, se han tenido en cuenta los parámetros M1 y M2 anteriormente expuestos sobre el uso del voltímetro/óhmetro (DMM) y del amperímetro (IDMM) con los citados parámetros de destrezas cognitivas. De igual forma que en la experiencia 1, el análisis utilizará los mismos cuatro indicadores, esto es:

- Indicador **Ds** = DMM / SC, que relaciona el empleo del voltímetro/óhmetro con la medida de desarrollo de la destreza cognitiva simple del alumno.
- Indicador **Dh** = DMM / HC, que relaciona el empleo del voltímetro/óhmetro con la medida de desarrollo de la destreza cognitiva compleja del alumno.
- Indicador **As** = IDMM / SC, que relaciona el empleo del amperímetro con la medida de desarrollo de la destreza cognitiva simple del alumno.
- Indicador **Ah** = IDMM / HC, que relaciona el empleo del amperímetro con la medida de desarrollo de la destreza cognitiva compleja del alumno.

A partir de estas relaciones, se han representado dos gráficas que permiten observar, mediante una nube de puntos, la situación relativa de los parámetros del instrumento DMM (D_s versus D_h , en la figura 87) y del instrumento IDMM (A_s versus A_h , en la figura 88). Se han incorporado los datos de aquellos alumnos que no han inventado los datos, es decir, que han realizado las medidas esperadas independientemente de los intentos que han empleado para ello.

En ambas gráficas, de forma similar a lo acontecido en la experiencia 1, se observa una tendencia lineal entre los parámetros estudiados, lo que identifica un alto grado de correlación. De forma adicional, se ha estudiado la correlación entre ambos pares de datos, obteniéndose los siguientes coeficientes de correlación de Pearson:

- Entre distribuciones de valores D_s y D_h : 0,8612.
- Entre distribuciones de valores A_s y A_h : 0,9437.

Ambos coeficientes son muy cercanos a la unidad, lo que es indicativo de una fuerte correlación entre ambos pares de indicadores. Se interpreta, por tanto, que el grado

de influencia del empleo del laboratorio remoto ha sido significativo a la hora de desarrollar las destrezas cognitivas.

De ambas gráficas, se observa en la nube de puntos una mayor acumulación de casos en el entorno de valores cercanos al rango del área establecida entre las coordenadas (0;0) y (0,2;0,2). Esta acumulación de puntos en esta área cercana al origen de coordenadas se interpreta como que los alumnos han podido sacar partido del empleo del laboratorio remoto para la asimilación de conceptos, lo que ha permitido la mejora de su desarrollo cognitivo.

Esto concuerda con los datos obtenidos en anteriores capítulos en los que se ha observado una fuerte influencia de la práctica motora en el desarrollo cognitivo. Se puede considerar, en grandes rasgos que, en ambos tipos de medidas, el laboratorio ha servido como instrumento útil para el aprendizaje y la adquisición de destrezas cognitivas.

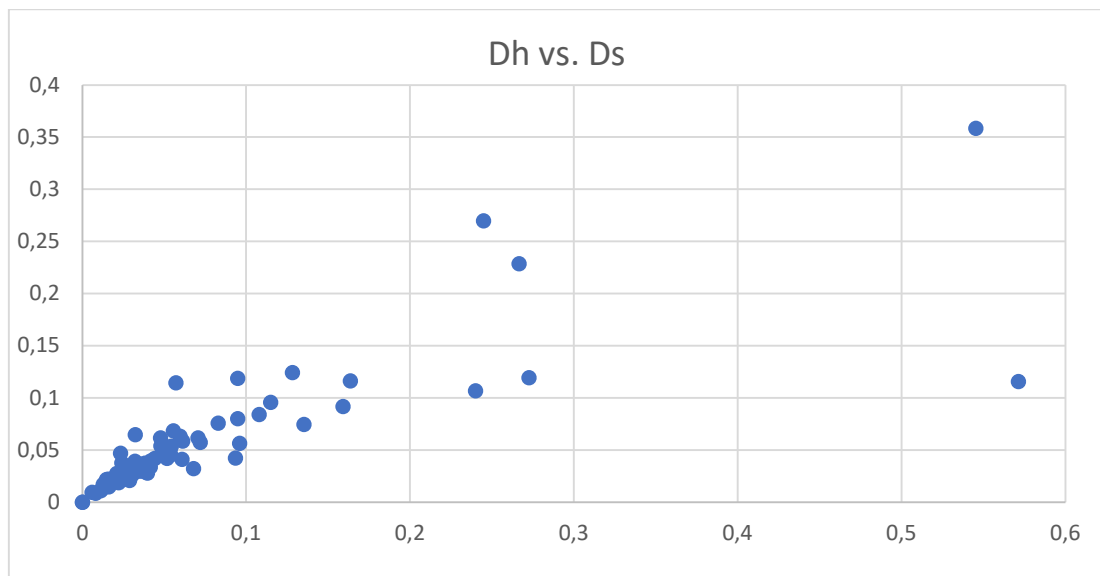


Figura 87. Relación entre indicadores del empleo del voltímetro/óhmetro (DMM) respecto a las destrezas cognitivas en la experiencia 2

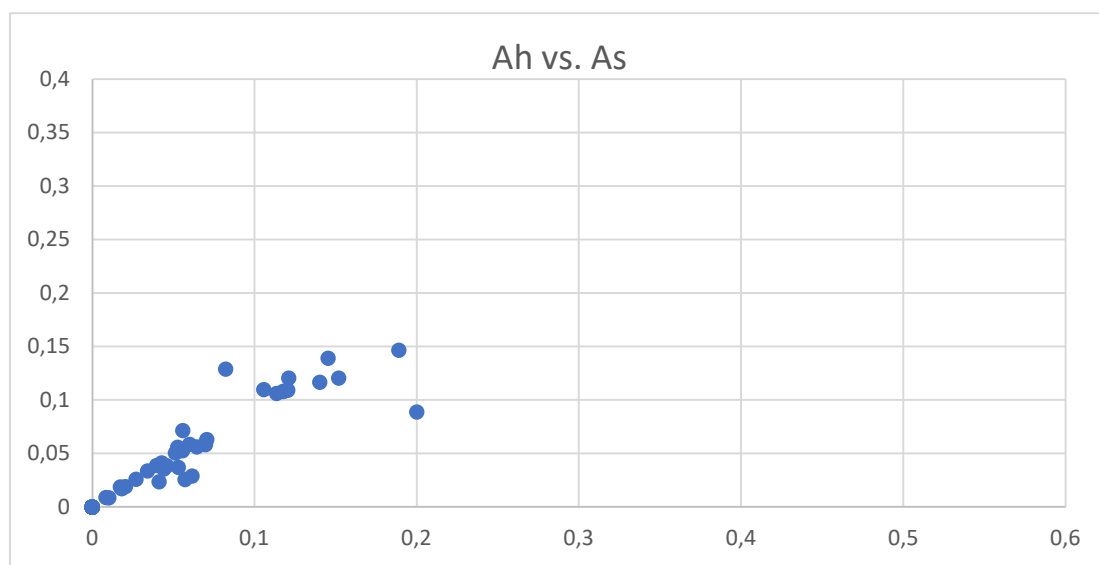


Figura 88. Relación entre indicadores del empleo del IDMM respecto a las destrezas cognitivas en la experiencia 2

A modo de reflexión, a tenor de los datos ofrecidos en el análisis del modelo CMM en el anterior capítulo, en esta experiencia al igual que en la experiencia anterior, el circuito serie ha resultado más sencillo de aprender y de realizar su montaje que el circuito paralelo mientras que cuando se trata de medir una magnitud eléctrica, el voltímetro, cuya conexión se realiza en paralelo con el dispositivo a medir, haya sido empleado en mejor manera que el amperímetro, cuya conexión es en serie. De nuevo, aludimos a la paradoja que supone la facilidad en el uso del voltímetro respecto al amperímetro, que contrasta con la mayor dificultad en el cálculo de dichas magnitudes.

5.3.1 Comparativa de las experiencias 1 y 2

Es conveniente, llegado a este punto, comparar ambas experiencias 1 y 2, las cuales han sido llevadas a cabo por un número diferente de alumnos de igual edad, han sido llevadas a cabo con un curso lectivo de diferencia en la realización de las actividades y en esencia, han tenido un factor diferencial, el empleo de diferentes taxonomías en el diseño de las actividades que componen cada una de ellas. De esta forma, es posible contemplar qué parámetros son similares y cuales difieren. Como punto de partida, parece apropiado realizar una comparativa sobre el comportamiento de ambos grupos de participantes, los de la experiencia 1 y los de la experiencia 2 relativo al grado de veracidad de su trabajo. Este grado de veracidad se ha presentado anteriormente co-

mo el porcentaje de alumnos que declaran haber realizado un trabajo con la entrega de datos y valores derivados de las medidas. Se han tenido en cuenta 4 categorías:

- **Categoría A:** Los participantes que han declarado haber realizado las medidas y las han realizado de forma efectiva.
- **Categoría B:** Los participantes que habiendo declarado haber realizado las medidas de voltaje, no las han realizado con lo que han copiado de otro compañero o simplemente las han inventado.
- **Categoría C:** Los participantes que habiendo declarado haber realizado las medidas de intensidad eléctrica, no las han realizado con lo que han copiado de otro compañero o simplemente las han inventado.
- **Categoría D:** Los participantes que han copiado de otro compañero o simplemente han inventado la totalidad de las medidas declaradas.

En la siguiente tabla 50, se muestran los porcentajes de participantes de cada categoría donde se observan cifras superiores en la categoría A. Por otro lado, es interesante observar cómo los valores de la categoría B son inferiores a los de la categoría C, lo que denota mayor dificultad en la realización de las prácticas de medida de corriente eléctrica que de voltaje eléctrico, tal y como se ha intuido de los datos analizados de cada experiencia.

Tabla 50. Porcentajes de veracidad de medidas en el laboratorio VISIR de los participantes en las experiencias 1 y 2

	Todos		Alumnos		Alumnas	
	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 1	Exp. 2
Categoría A	40,3%	54,8%	42,9%	50,7%	37,5%	60,9%
Categoría B	10,4%	8,7%	14,3%	11,6%	6,3%	4,3%
Categoría C	25,4%	11,3%	31,4%	10,1%	18,8%	13,0%
Categoría D	23,9%	25,2%	11,4%	27,5%	37,5%	21,7%

De la práctica docente, hemos interpretado que los alumnos de la categoría D son alumnos que, en su mayoría, no han mostrado interés por realizar las prácticas. Es significativo que la cifra de esta categoría se aproxime a una cuarta parte del alumnado participante, de forma muy similar en ambos grupos participantes.

En todas las categorías se observa un incremento en los resultados positivos, lo que se puede interpretar como una mayor participación honesta de los alumnos de la experiencia 2. Teniendo en cuenta que no se espera que, de muestras tan numerosas, la población tenga un cambio de actitud, es decir, suponiendo que la predisposición del alumnado es constante o aproximadamente constante en todos los cursos, se puede achacar dicha mejora a mayor motivación por el enfoque taxonómico del modelo CMM.

De forma adicional, se han representado estos porcentajes en las figuras 89, 90 y 91 donde se exponen respectivamente y de forma relacionada los porcentajes de cada experiencia, mostrándose, en el anillo interior de las gráficas los valores correspondientes a la experiencia 1 y en el anillo exterior los valores de la experiencia 2.



Figura 89. Comparativa de porcentajes de veracidad de las actividades de medida de los participantes en experiencias 1 y 2

Alumnado masculino

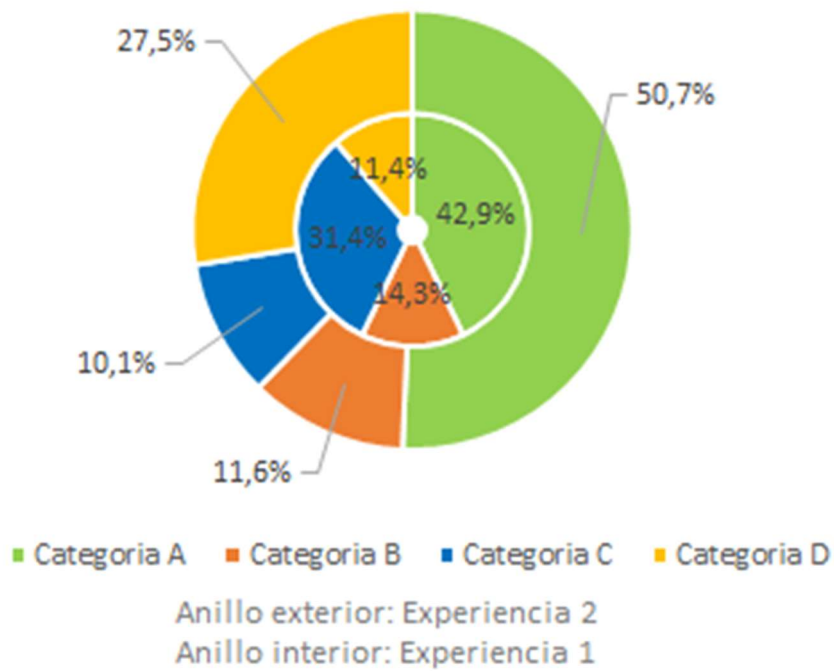


Figura 90. Comparativa de porcentajes de veracidad de las actividades de medida de los participantes de género masculino en sendas experiencias 1 y 2

Alumnado femenino

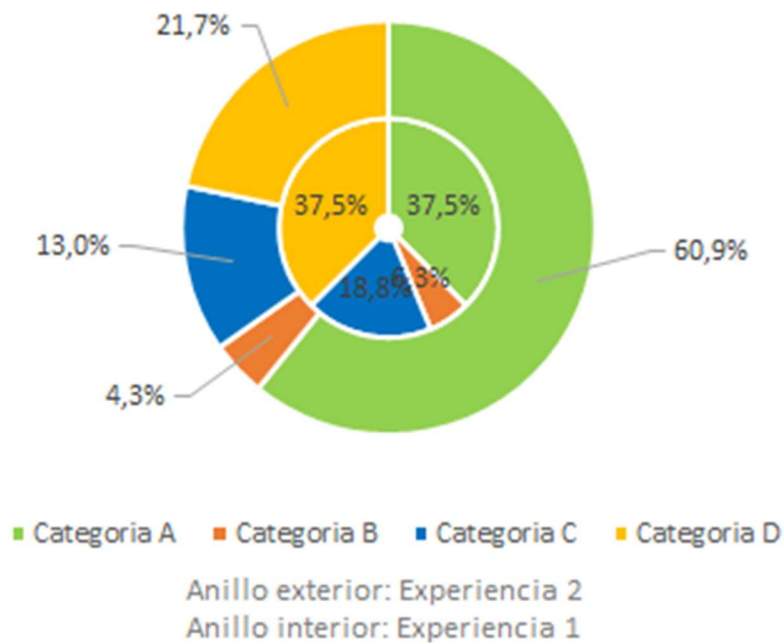


Figura 91. Comparativa de porcentajes de veracidad de las actividades de medida de los participantes de género femenino en sendas experiencias 1 y 2

Esta quizá sea una forma más visual de relacionar la información proporcionada en la tabla 50. Así, en los datos generales que comparan ambas experiencias se observa mejor participación de los alumnos en la segunda experiencia en la que un 54,8% de estos han realizado las prácticas con corrección. El resto tiene un reparto desigual entre las categorías. Se observa, no obstante, que el porcentaje de alumnos que no ha hecho las prácticas pero que han declarado haberlas realizado es similar en ambas experiencias.

Respecto a la comparativa que se hace entre ambas experiencias según el género de los participantes, ambos grupos de chicos y chicas de la segunda experiencia han tenido un mayor rendimiento en la experiencia llevada a cabo con la taxonomía del modelo CMM frente a los grupos de alumnos y alumnas de la experiencia 1 donde se diseñó empleando la taxonomía de Bloom. Es significativa la diferencia entre las participantes femeninas en ambas experiencias, donde un 37,5% de las chicas de la experiencia 1 realizaron correctamente las prácticas, frente a un 60,9% de alumnas que tuvieron un buen rendimiento y comportamiento en la experiencia 2.

Para complementar estos datos, se han volcado en la tabla 51 los parámetros relativos al empleo del laboratorio remoto VISIR. Se recuerda que el significado de estos parámetros es:

- **Promedios M1 y M2**, indicativos de la ratio de eficiencia de las medidas de los alumnos para respectivamente, el empleo del DMM y del IDMM.
- **Tiempo de operación**, o tiempo medio bruto empleado por los alumnos para realizar una medida.
- **Tme**, o tiempo medio eficiente, es decir, el tiempo medio empleado para llevar a cabo una medida única no repetitiva.
- **Eficacia**, o resultado de calcular el tiempo de conexión del alumno en el laboratorio por las medidas requeridas en la experiencia (máximo 10 medidas).

En la comparativa de ambas experiencias, ambos grupos en general (Todos) han tenido un rendimiento desigual. Por ejemplo, en el caso del parámetro de promedio M1, se observa que los alumnos de la experiencia 1 han necesitado de 10 intentos para reali-

zar 8,71 medidas con el voltímetro, mientras que los alumnos de la experiencia 2 han requerido 10 intentos para conseguir 3,05 valores.

Tabla 51. Análisis de alumnos con rendimiento correcto en el laboratorio VISIR de los participantes en las experiencias 1 y 2

	EXPERIENCIA 1			EXPERIENCIA 2		
	Todos	Alumnos	Alumnas	Todos	Alumnos	Alumnas
Promedio M1	0,87	1,27	0,43	0,31	0,31	0,30
Promedio M2	0,12	0,11	0,12	0,30	0,30	0,29
Tiempo de operación (s)	79,66	79,92	79,38	86,75	91,56	80,75
Tiempo de operación (min.)	1,32	1,33	1,32	1,45	1,53	1,35
Tmu (s)	152,15	158,26	145,46	176,98	188,92	162,06
Tmu (min.)	2,53	2,63	2,42	2,95	3,15	2,70
Eficacia (s)	584,41	523,52	651,00	814,06	841,99	779,15
Eficacia (min.)	9,74	8,72	10,85	13,57	14,03	12,99

En este caso, el rendimiento de los alumnos de la experiencia 1 ha sido más eficaz. A la hora de utilizar el amperímetro, los alumnos de la experiencia 1 han llevado a cabo 10 intentos para conseguir realizar 1,15 medidas, en contraste con los 10 intentos realizados por los participantes en la experiencia 2 con los que han obtenido casi 3 medidas.

Se ha de destacar que los valores de M1 son muy similares entre los grupos de alumnas y alumnos en la segunda experiencia, mientras que son muy diferentes en el caso de la experiencia 2. En el caso de las medidas con el amperímetro, ambos grupos de chicos y chicas se han mostrado de forma homogénea entre sí, es decir, se observa, atendiendo a los valores, que la conexión de un amperímetro es igualmente compleja para ambos grupos, mientras que el empleo del voltímetro da lugar a diferentes grados de entendimiento y aplicación.

Los tiempos de operación y Tmu, son muy similares tanto entre grupos de género como comparando experiencias, aunque el parámetro de eficacia en la medida es bastante superior en el caso de la experiencia 2, en la que los alumnos han necesitado de mayor tiempo para completar las medidas requeridas en la experiencia.

5.4. Analítica del aprendizaje de la experiencia 3

En la experiencia 3, los alumnos participantes, en un total de 109, pertenecen al curso de 3º de ESO, con una edad de entre 14 y 15 años. La mayoría de los alumnos tienen experiencia en VISIR, ya que parte del alumnado ha participado anteriormente en la experiencia 2. En este sentido, se cuenta con un mayor grado de familiaridad con el empleo del laboratorio remoto y con el tipo de actividades diseñadas en el contexto de la taxonomía CMM.

El curso que se ha diseñado para estos alumnos en el seno de la experiencia 3 se ha enfocado al conocimiento y estudio de la Microelectrónica y más concretamente, al empleo de los diodos semiconductores. Para ello, tal y como se ha definido en anteriores capítulos, el curso consta de tres niveles:

- El nivel 1 en el que los alumnos conocerán la física del diodo de silicio, su funcionamiento y características frente a señales de DC;
- El nivel 2 en el que se presentan la naturaleza de las ondas alternas (AC) y su medida mediante un osciloscopio y;
- El nivel 3 en el que se desarrollan los diferentes circuitos rectificadores con la finalidad de que los alumnos observen el efecto de conversión de las corrientes alternas a señales de corriente continua.

El curso consta de tres documentos en los que los alumnos encontrarán la teoría y actividades de cálculo y desarrollo analítico necesarios para asimilar los contenidos relacionados con la materia desarrollada en los tres niveles y para complementar esta asimilación se han diseminado una serie de prácticas de medida con el laboratorio remoto VISIR para consolidar el conocimiento del funcionamiento del diodo semiconductor en diferentes entornos de trabajo.

En la siguiente tabla 52 se muestran el número de medidas requeridas a lo largo de la experiencia y el tipo de instrumentación que se habrá de emplear para ello. En la tabla se observa que los alumnos habrán de utilizar el multímetro en configuración de voltí-

metro (DMM), el amperímetro (IDMM) y tendrán que realizar medidas empleando ambos dispositivos simultáneamente (DMM+IDMM).

Además, para el reconocimiento de las señales de alterna y aquellas derivadas de los efectos de la rectificación, se empleará el osciloscopio para medidas con un canal único (OSC) y para medidas con las dos sondas simultáneamente (OSC-2CH).

Tabla 52. Medidas requeridas en la experiencia 3 con referencia a la instrumentación empleada

	DMM	IDMM	OSC	OSC-2CH	Total
NIVEL 1	28	25			53
NIVEL 2			1		1
NIVEL 3	2		2	6	10
TOTAL	30	25	3	6	64

En la tabla 53, se han reunido las cifras globales de uso del laboratorio VISIR en toda la experiencia por parte de los 109 alumnos participantes.

A lo largo de la experiencia se han realizado muchas más medidas de las esperadas, en total 20146 medidas brutas, de las que se han contabilizado 10540 medidas únicas, es decir, no repetitivas, entre las que se incluyen aquellas que corresponden con conexiones fallidas, erróneas y repetidas para una misma medida.

Tabla 53. Datos globales del laboratorio remoto VISIR en la experiencia 3

Laboratorio	Reservas	Tiempo empleado (s)	Medidas DMM	Medidas IDMM	Medidas OSC (1 ch)	Medidas OSC (2 ch)	Conexiones fallidas o erróneas
Nivel 1	705	345586	3267	1529	0	0	89
Nivel 2	327	119153	96	12	766	71	174
Nivel 3	888	421718	121	25	4170	3148	195
Total	1920	886459	3484	1566	4936	3219	458

Estas cifras globales se ofrecen en la tabla 54 de forma unitaria como el valor medio por alumno de cada uno de los parámetros ofrecidos en la tabla 53.

Tabla 54. Datos promedio del laboratorio remoto VISIR en la experiencia 3

Laboratorio	Reservas	Tiempo empleado (s)	Medidas DMM	Medidas IDMM	Medidas OSC (1 ch)	Medidas OSC (2 ch)	Conexiones fallidas o erróneas
Nivel 1	6,47	3170,52	29,97	14,03	0,00	0,00	0,82
Nivel 2	3,00	1093,16	0,88	0,11	7,03	0,65	1,60
Nivel 3	8,15	3868,98	1,11	0,23	38,26	28,88	1,79
Total	17,61	8132,66	31,96	14,37	45,28	29,53	4,20

Comparando los datos sobre las medidas promedio realmente efectuadas por los alumnos de la experiencia con las requeridas para completar la misma, se observa, por un lado, un uso suficiente del voltímetro (31,96 medidas para 30 requeridas) y del osciloscopio en sus dos configuraciones de medida (45,28 medidas para 3 visualizaciones de señal de alterna con el osciloscopio conectado con una sonda y 29,53 medidas del osciloscopio conectando las dos sondas simultáneamente para 6 visualizaciones de señal).

Se observa que la cifra de medidas del voltímetro (DMM) están bastante ajustadas a las requeridas, cuestión que atiende a la familiaridad que han desarrollado los alumnos con el uso de este aparato de medida.

En el caso del osciloscopio se observa un uso exagerado del mismo para la poca cantidad de medidas requeridas y esto puede explicarse, por un lado, por la novedad de este aparato de medida de cierta complejidad en su uso y por el sistema de medidas que el laboratorio aplica a las medidas del osciloscopio. Se ha observado que, en la mayoría de las señales, los alumnos no establecen inicialmente la escala apropiada (tanto de amplitud como de tiempo), por lo que realizan la medición correspondiente que luego tendrá que ser retocada y ajustada para poder observar con suficiente nitidez y claridad las ondas originadas. Esta cuestión multiplica por varios factores las veces que se realiza una medida sobre la misma magnitud.

En el caso del amperímetro, se observa un comportamiento totalmente contrario, denotándose una cierta insuficiencia en su utilización. Los alumnos deberían haber llevado a cabo un total de 25 medidas requeridas y como promedio han realizado realmen-

te tan solo 14,37 medidas. Esta infrutilización y mal aprendizaje en el uso del amperímetro, se ha observado en anteriores experiencias.

Los alumnos y alumnas aprenden fácilmente a conectar dispositivos que no requieran una modificación en el circuito original, por ejemplo, la conexión del voltímetro en bornas de un determinado dispositivo o parte de un circuito. Se ha observado que con el osciloscopio ocurre algo similar, ya que tanto por el uso de una sonda como por la conexión simultánea de las dos sondas, ésta se realiza sin tener que modificar el circuito.

En cambio, medir corriente eléctrica en un determinado punto del circuito requiere insertar el aparato de medida. Esta acción no ha sido suficientemente aprendida por una parte significativa del alumnado y supone una llamada de atención para el personal docente a la hora de diseñar protocolos de prácticas de uso de instrumentación.

5.4.1 Análisis del empleo de VISIR en el nivel 1

En el nivel 1 se enfoca hacia el conocimiento del funcionamiento de un diodo semiconductor de silicio. Se realizan diversas medidas y cálculos para establecer mediante determinados circuitos el estado del diodo y su punto de trabajo.

Los alumnos aprenden a distinguir entre el punto de trabajo teórico a partir de los datos proporcionados en un problema de cálculo analítico y el punto de trabajo que se puede obtener mediante el empleo de la curva característica del diodo.

En este sentido, se han establecido una serie de actividades relacionadas con el reconocimiento de la polarización de un diodo mediante un sencillo circuito serie con una fuente de alimentación y un resistor. Del carácter lineal de estos dispositivos se establece la recta de carga del diodo que se incorpora en la curva de funcionamiento del diodo, proporcionada habitualmente por el fabricante de este.

Del corte de ambas, recta de carga y curva característica, el alumno aprende a obtener el punto de trabajo. Este punto de trabajo, además se habrá de comprobar mediante el empleo de voltímetro y amperímetro que permita reconocer los parámetros prácticos de funcionamiento de un diodo.

Estas actividades están enfocadas a que los alumnos sean capaces de operar en circunstancia en las que se carece de la curva característica, por lo que se propone la medida múltiple de valores de corriente de diodo (I_d) y voltaje en bornas de este (V_d) para diversos valores de alimentación (V_{cc}).

En total, se propone la obtención de la curva característica a partir de una veintena de valores diferentes de alimentación para lo que se propone el montaje simultáneo de un circuito de medida a partir de los circuitos propuestos representados en la figura 92, en la que se observa que se emplea una carga compuesta por tres resistores formando un circuito mixto con una resistencia equivalente de $3,3\text{ k}\Omega$. El circuito de medida se conecta a la fuente de alimentación que se variará de 0 a 6 voltios para determinar los diversos puntos de trabajo que compondrán la curva característica.

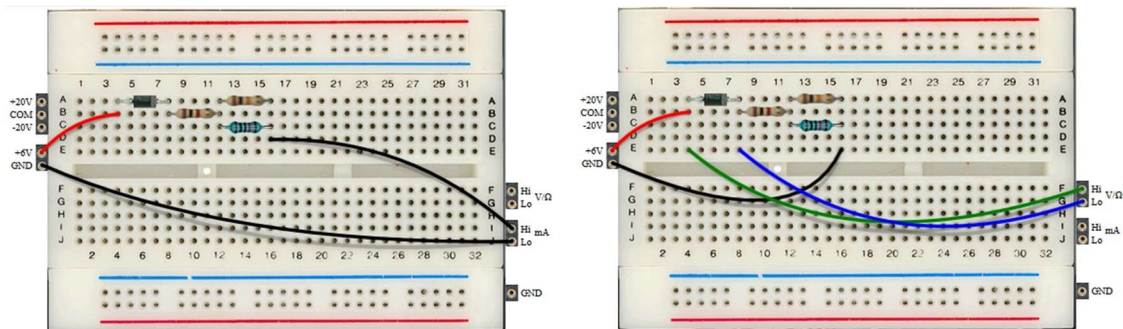


Figura 92. Montajes básicos para la obtención de coordenadas que determinen la curva característica de un diodo semiconductor.

Del análisis de la actividad entregada por los alumnos y su contraste con los datos que se pueden obtener del propio laboratorio de forma particularizada a cada alumno, se ha podido saber que no todos los alumnos han realizado esta práctica. De hecho, un número significativo de alumnos y alumnas no lo han conseguido, aunque también un porcentaje importante han preferido inventarse la curva sin realizar ninguna medida.

En el cuadro de la tabla 55 se pueden observar las cifras absolutas y porcentuales de valoración de esta actividad, de las cuales se puede concluir que la mayoría de los alumnos y alumnas no han realizado la práctica de forma exitosa. Tan solo un 28% de los participantes han terminado el ejercicio de forma completa. Llama la atención el número tan elevado de alumnos que no han intentado la práctica, bien por inacción (31,2%) o bien porque la han inventado (25,7%).

Tabla 55. Grado de consecución de la curva característica del diodo semiconductor por parte de los participantes en la experiencia 3.

	TODOS	Alumnos	Alumnas	TODOS	Alumnos	Alumnas
Gráfica Correcta	31	17	14	28,4%	27,0%	30,4%
Gráfica inventada	28	17	11	25,7%	27,0%	23,9%
Errores en la medida	16	4	12	14,7%	6,3%	26,1%
Práctica no intentada	34	25	9	31,2%	39,7%	19,6%
Total	109	63	46			

Con posterioridad a la realización de las actividades de tipo analítico y de las prácticas se indicó a los participantes que realizaran una prueba objetiva sobre los conocimientos asimilados tras la finalización de este nivel 1.

De la analítica del empleo del laboratorio remoto se puede obtener cifras sobre el grado de pericia en el manejo de la instrumentación gracias a las prácticas, pero se ha querido analizar precisamente si el empleo de la instrumentación ha supuesto una influencia positiva para la asimilación de contenidos teóricos. En definitiva, se ha analizado, alumno por alumno sobre el empleo del voltímetro y del amperímetro respectivamente y se han relacionado estos datos con la valoración de las preguntas Q5 y Q8 de la prueba objetiva, específicamente diseñados para comprobar el grado de asimilación cognitiva de los contenidos trabajados.

En las tablas 56 y 57 se puede observar el resultado de este análisis, en los que se ha contabilizado los casos en los que la práctica ha influido en la asimilación cognitiva de los contenidos, aquellos casos en los que no ha sucedido y aquellos casos en los que el alumno o alumna no ha realizado medida alguna y/o no ha contestado a las preguntas de la prueba objetiva.

Tabla 56. Valoraciones sobre si ha influido el uso del voltímetro en la asimilación de los contenidos teóricos relativos al funcionamiento de un diodo semiconductor. (nivel 1- experiencia 3)

DMM	TODOS	Alumnos	Alumnas
Sí	51	30	21
No	49	26	23
Nulo	9	7	2
Total	109	63	46

DMM	TODOS	Alumnos	Alumnas
Sí	46,8%	47,6%	45,7%
No	45,0%	41,3%	50,0%
Nulo	8,3%	11,1%	4,3%

Tabla 57. Valoraciones sobre si ha influido el uso del amperímetro en la asimilación de los contenidos teóricos relativos al funcionamiento de un diodo semiconductor. (nivel 1- experiencia 3).

IDMM	TODOS	Alumnos	Alumnas
Sí	50	27	23
No	50	31	19
Nulo	9	5	4
Total	109	63	46

IDMM	TODOS	Alumnos	Alumnas
Sí	45,9%	42,9%	50,0%
No	45,9%	49,2%	41,3%
Nulo	8,3%	7,9%	8,7%

Siguiendo la línea de investigación propuesta en anteriores experiencias, se han recuperado los datos de cada alumno obtenidos del análisis del modelo cognitivo-motor (CMM) sobre la medida de las destrezas empleadas por los participantes y se han relacionado con las valoraciones obtenidas del empleo de la instrumentación para la experiencia específica de toma de medidas para construir la curva característica del diodo semiconductor.

Así, de la misma forma que en el anterior apartado, se han utilizado los parámetros Ds y Dh para identificar las destrezas cognitivas simples y complejas respectivamente con el empleo del multímetro en sus configuraciones de óhmetro y voltímetro y los parámetros As y Ah, para relacionar las destrezas cognitivas simple y compleja con el empleo del amperímetro. De los cálculos relacionales de estos dos dominios, el empleado en el modelo CMM y el practico del empleo del laboratorio remoto VISIR, se han representado los parámetros Ds versus Dh en la figura 93 y los parámetros As versus Ah en la figura 94.

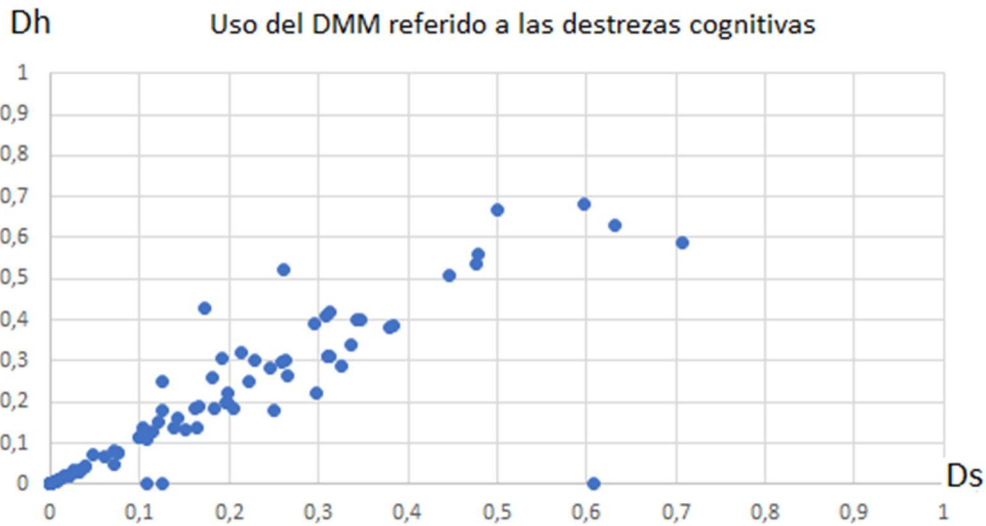


Figura 93. Relación entre indicadores del empleo del voltímetro (DMM) respecto a las destrezas cognitivas en la experiencia 3

De estas gráficas se interpretan fundamentalmente que se observa una marcada relación lineal entre ambos pares de parámetros, ya que se observa que la nube de puntos evoluciona por la bisectriz del área propuesta. Para la obtención de los citados parámetros se han ecualizado los datos de valoración del uso del aparato de medida por parte del alumno estudiado respecto a la valoración que éste obtuvo desde el modelo cognitivo-motor.

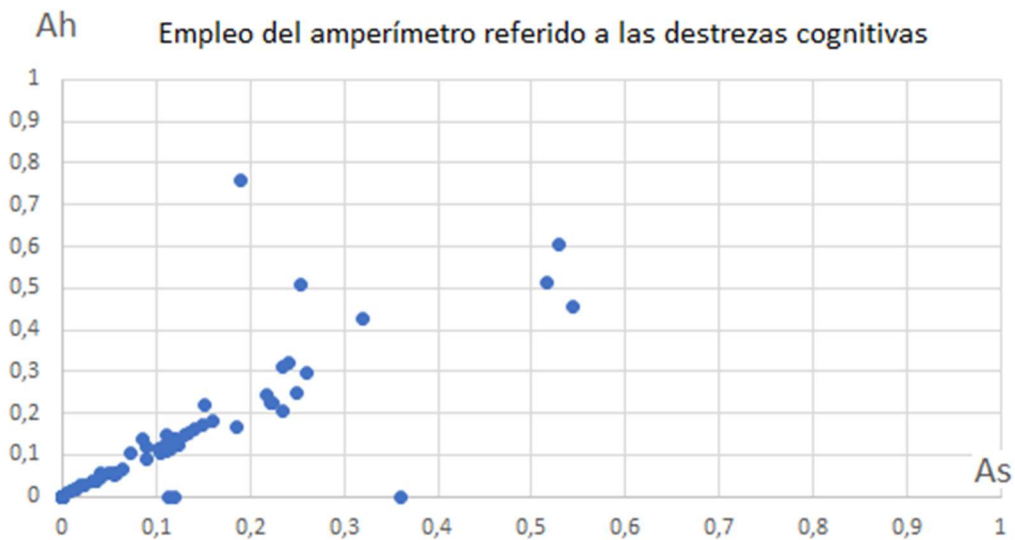


Figura 94. Relación entre indicadores del empleo del IDMM respecto a las destrezas cognitivas en la experiencia 3

Así, analizando la procedencia de estos parámetros, se observa que la medida de destreza en el uso del voltímetro (DMM) y del amperímetro (IDMM) se ha establecido a partir de las medidas correctas llevadas a cabo por el participante. Dado que cada participante ha necesitado de un número variable de medidas, en las que no se ha puesto límite a cuántas puede necesitar para realizar las prácticas, la acción de ecualización del modelo CMM se ha aplicado para reducir todas las destrezas a una misma referencia.

En las gráficas de las figuras 95 y 96 se observa una gran acumulación de puntos en el rango inferior a la coordenada ($D_s = D_h = 0,4$). Se entiende que esta acumulación es debida a la situación de que el participante ha necesitado pocas medidas para dominar el instrumento, habiendo obtenido una buena valoración cognitiva.

Este es un dato positivo, porque es indicativo de una buena realimentación entre la asimilación conceptual y el empleo práctico del instrumento. Un dato negativo sería que un alumno con poco desempeño cognitivo hubiera necesitado de una gran cantidad de medidas para dominar el instrumento, lo que se reflejaría en valores de D_h y D_s muy superiores a la unidad. Por tanto, se observa que en general los participantes han sacado buen partido del diseño de la experiencia que ha servido para que sus destrezas cognitivas y motoras funcionen de forma sincronizada.

Con el fin de cuantificar la relación entre los parámetros representados, se ha calculado los coeficientes de correlación de Pearson para la pareja de valores D_s - D_h y A_s - A_h respectivamente. En el primer caso el coeficiente r de Pearson para D_s - D_h es de 0,89 y en el segundo caso, el de la pareja de parámetros A_s - A_h , ha resultado de 0,82. En ambos casos, se observa una relación muy fuerte.

En el anterior estudio, el análisis se ha centrado en el empleo de la instrumentación para la consecución de la curva característica del diodo y en el que se muestra a continuación se ha extendido a la destreza en el uso de los aparatos de medida, voltímetro (DMM) y del amperímetro (IDMM), en todas las actividades del nivel 1.

A partir de las valoraciones se han cruzado los datos de cuantificación del empleo de los instrumentos con las valoraciones de las destrezas cognitivas simples y complejas, de forma que se han obtenido los siguientes parámetros:

- T_{dmm}/SC : Utilización del DMM e influencia en el desarrollo cognitivo simple.
- T_{ddm}/HC : Utilización del DMM e influencia en el desarrollo cognitivo complejo.
- T_{amp}/SC : Utilización del IDMM e influencia en el desarrollo cognitivo simple .
- T_{amp}/HC : Utilización del IDMM e influencia en el desarrollo cognitivo complejo.

Estos valores paramétricos se han calculado para cada uno de los participantes y se ha tratado de relacionar para observar la influencia del empleo de cada aparato de medida y se han reunido las siguientes estadísticas en la tabla 58:

Tabla 58. Empleo de cada instrumento en el desarrollo cognitivo (nivel 1- experiencia 3)

	T_{dmm}/SC	T_{ddm}/HC	T_{amp}/SC	T_{amp}/HC
Valor máximo	5	10	5	5
Valor mínimo	0	0	0	0
Valor medio	0,9010	1,1187	0,9011	1,2898
Desviación estándar	0,7675	1,5225	0,7675	0,8978
% participantes valorados < 1.00	46	49	46	16
% participantes valorados > 1.00	56	59	56	82

De forma complementaria se han representado en las figuras 95 y 96, las gráficas que representan la relación entre el desarrollo cognitivo simple y complejo bajo la práctica del DMM y del IDMM respectivamente.



Figura 95. Relación entre destrezas cognitivas con el uso del DMM en la experiencia 3 (nivel 1)

Se quiere poner de manifiesto en qué grado la práctica con estos instrumentos tiene algún tipo de influencia en las destrezas cognitivas de los participantes.

Analizando estas dos nubes de puntos de las valoraciones individuales de cada participante, se observa una forma desigual en cada una de ellas. En la gráfica de la figura 95, que alude al empleo del DMM, se observa una tendencia en abanico, con un marcado carácter lineal para los valores inferiores a 1,5, existiendo una dispersión homogénea para el resto de los valores siguiendo un cierto patrón de linealidad. En este caso, el coeficiente de correlación de Pearson entre ambos parámetros ha sido de (0,567), lo que indica una fuerte relación entre ambas destrezas cognitivas bajo la influencia del uso del DMM.

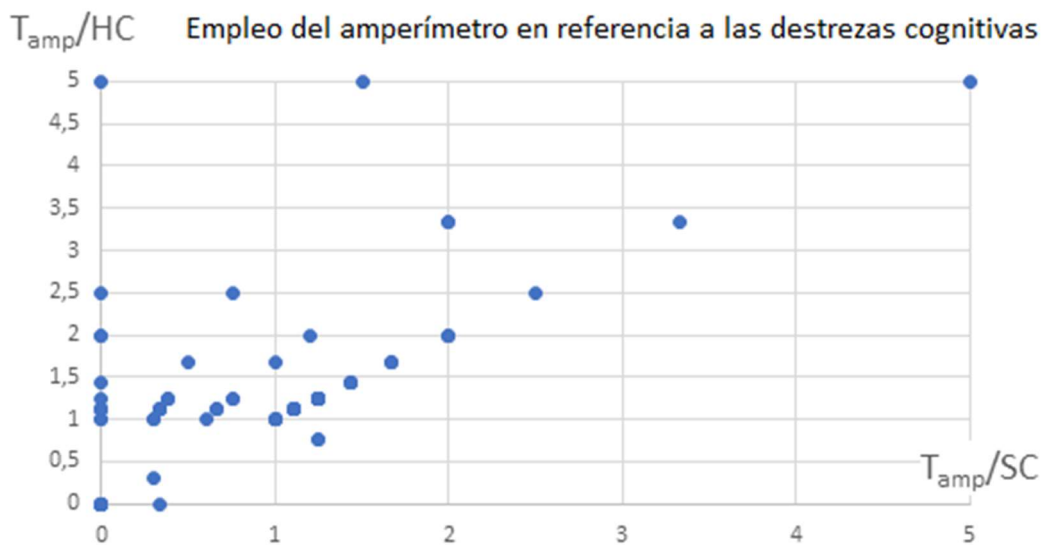


Figura 96. Relación entre destrezas cognitivas con el uso del IDMM en la experiencia 3 (nivel 1)

Por otro lado, en la gráfica 96 de influencia del empleo del amperímetro (IDMM) en el desarrollo de destrezas cognitivas, más que una nube de puntos con mayor o menor heterogeneidad, se observan ciertos patrones de relación entre las destrezas cognitivas simple y compleja a modo de trazas lineales. En este caso, el coeficiente de Pearson obtenido ha sido de (0,5871), también representativo de una fuerte influencia mutua.

5.4.2 Análisis del empleo de VISIR en el nivel 2

El nivel 2 está diseñado para presentar e instruir a los participantes en el conocimiento de las señales de alterna, en la generación de estas mediante un generador de funciones y en el uso del osciloscopio como instrumentación para la medida de las señales. En previsión de que en el nivel 3, el alumnado tendrá que utilizar el osciloscopio como principal instrumento de medida, se ha previsto que en el nivel 2 realicen un montaje sencillo, en el que se conecte la sonda de uno de los canales a punto medio entre los dos resistores que componen un circuito serie conectado al generador de funciones, tal y como se muestra en la figura 97.

Por lo tanto, lo que se espera de los alumnos es que accedan al laboratorio remoto VISIR, realicen el montaje propuesto, conecten un resistor al generador de funciones, configuren éste con una amplitud y frecuencia determinadas y conecten la sonda del osciloscopio para realizar una medida única, que podrán observar en la pantalla del osciloscopio. Posteriormente, habrán de representar la señal obtenida en el osciloscopio, de forma similar a como se ha obtenido en la figura 98, en el cuaderno de respuestas. En definitiva, lo que se pretende medir con este experimento es la capacidad de los alumnos a manejar la instrumentación y su habilidad para reproducir e interpretar la señal que aparece en la pantalla del osciloscopio, tratando de elegir las escalas de amplitud y tiempo más adecuadas.

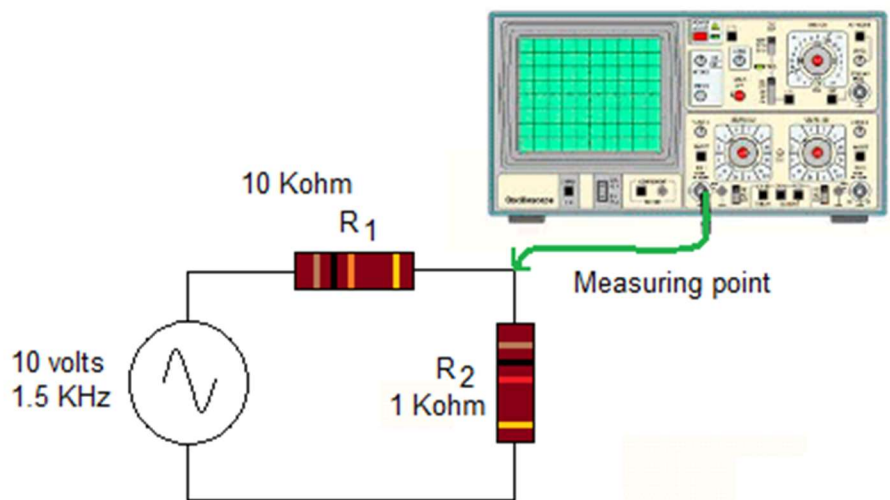


Figura 97. Montaje de generador de funciones a circuito simple y medida con osciloscopio en la experiencia 3 (nivel 2)

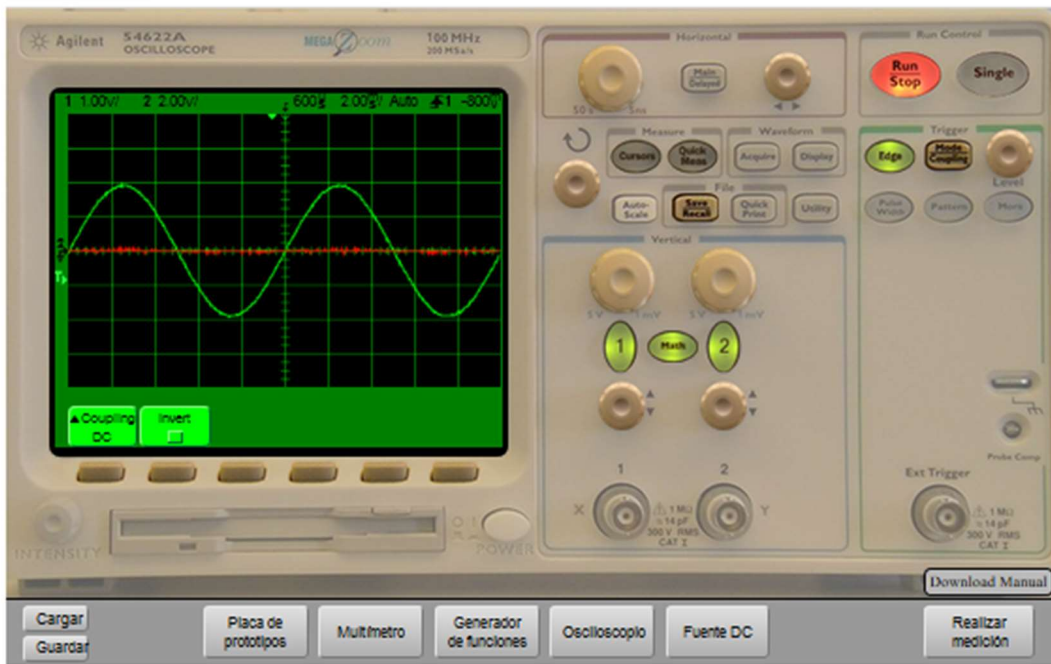


Figura 98. Medida objetivo de uso del osciloscopio en la experiencia 3 (nivel 2)

Tras el análisis de los resultados de los cuadernos de respuestas entregados por los alumnos y del acceso y empleo del instrumento de medida en VISIR, se ha observado que prácticamente la mitad del alumnado ha realizado correctamente el procedimiento de medida.

En la tabla 59 se han expuesto además los datos de su actuación distinguiendo el género:

Tabla 59. Uso de la instrumentación en la experiencia 3 – nivel 2

	Todos	Alumnos	Alumnas	Todos	Alumnos	Alumnas
Uso correcto del OSC	56	29	27	51,4%	46,0%	58,7%
Uso incorrecto del OSC	53	34	19	48,6%	54,0%	41,3%
	109	63	46			

Tabla 60. Causas de incorrección en la ejecución de las medidas en la experiencia 3 - nivel 2

	Todos	Alumnos	Alumnas
Inventan las medidas	33,0%	34,9%	30,4%
Uso innecesario del OSC utilizando dos sondas simultáneamente	12,8%	11,1%	15,2%
Uso y conexión innecesaria del DMM	12,8%	11,1%	15,2%
Uso y conexión innecesaria del IDMM	3,7%	3,2%	4,3%
No utilización del OSC	42,2%	49,2%	32,6%

Profundizando en las causas que han supuesto un uso incorrecto de la instrumentación, se han contabilizado las causas que se presentan de forma porcentual en la siguiente tabla 60, en la que hay que tener en cuenta que algunos alumnos han sido contabilizados en más de una categoría por haber cometido más de una incorrección:

Con posterioridad a la ejecución del experimento, los alumnos y alumnas han realizado una prueba de conocimientos (disponible en el capítulo de Anexos) en los que se ha tratado de determinar su destreza en el cálculo de magnitudes como la frecuencia y el periodo de una onda y en la lectura e interpretación de una señal en la pantalla del osciloscopio a partir de unas imágenes reales.

La corrección de esta prueba ha dado lugar a unas valoraciones que han sido relacionadas con las obtenidas de la propia experiencia de montaje y medida, para dilucidar en qué medida la práctica con VISIR ha servido para que los alumnos y alumnas asimilen la teoría subyacente sobre ondas y señales de alterna.

Se ha supuesto asimilada la teoría con suficiencia si el alumno ha logrado contestar correctamente a un 50% de las preguntas de la prueba. Estos datos se ofrecen con distinción de género en la tabla 61.

Tabla 61. Grado de asimilación de teoría a partir de la práctica en experiencia 3 - nivel 2

	Todos	Alumnos	Alumnas	Todos	Alumnos	Alumnas
Si	57	30	27	52,3%	47,6%	58,7%
No	45	27	18	41,3%	42,9%	39,1%
Prueba nula	7	6	1	6,4%	9,5%	2,2%
Totales	109	63	46			

Por consiguiente, se observa que un porcentaje ligeramente superior al cincuenta por ciento han asimilado la teoría correctamente a partir de la práctica, siendo mucho mayor este porcentaje entre las chicas que en los chicos, los cuales han tenido una tasa mayor de nulidad en la prueba.

Finalmente, recuperando las valoraciones obtenidas por los alumnos y alumnas en la fase de evaluación de sus destrezas según el modelo CMM, se han utilizado los datos apreciados de la práctica y se han relacionado estos con las valoraciones aplicadas res-

pecto a su destreza cognitiva simple (SC) y compleja (HC). De esta forma, se han generado dos parámetros:

- Osc/SC: Calidad en el empleo del osciloscopio respecto a la valoración de la destreza cognitiva simple.
- Osc/HC: Calidad en el empleo del osciloscopio respecto a la valoración de la destreza cognitiva compleja.

Como calidad en el empleo del osciloscopio se han incluido elementos de valoración que incluyen la cantidad de intentos que han necesitado realizar para llevar a cabo una medida, la precisión de la medida a la hora de utilizar la escala correcta y la corrección en la interpretación de los valores obtenidos en el osciloscopio.

Entre la multiplicidad de situaciones, se encuentran los alumnos que no han sabido o no han querido realizar la práctica, los cuales han obtenido una valoración nula en ambos parámetros independientemente de la valoración que hayan tenido en la medida de sus destrezas cognitivas.

Por tanto, excluyendo a este tipo de alumnos, el resto han obtenido un valor que, de resultar similar a la unidad, se entiende como que su destreza cognitiva ha sido valorada de forma similar a su pericia en el uso del osciloscopio.

Un valor muy superior a la unidad se entiende como que el alumno ha tenido un buen rendimiento en la práctica, pero no ha obtenido una buena valoración en su destreza cognitiva. Por último, cuanto más cercano sea el parámetro a cero, peor habrá sido su valoración práctica.

Así, al contrastar ambos parámetros entre sí, se ha obtenido la gráfica de la figura 99, donde se observa una nube de puntos cercana a la unidad (coordenada {1,1}) con una fuerte tendencia lineal, lo que da a entender una fuerte correlación entre ambos parámetros. De hecho, del cálculo de los coeficientes de correlación de Pearson se ha obtenido un valor de 0,8354.

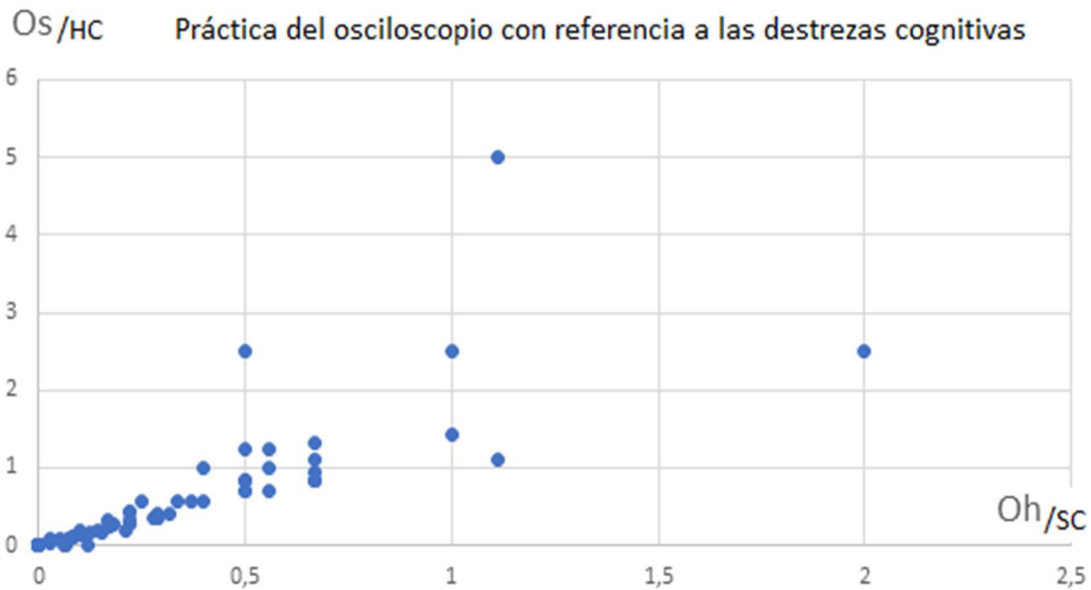


Figura 99. Relación de parámetros que relacionan la práctica del osciloscopio con la valoración de las destrezas cognitivas en la experiencia 3 (nivel 2)

5.4.2 Análisis del empleo de VISIR en el nivel 3

Por último, para concluir la experiencia se ha diseñado el nivel 3 con el enfoque puesto en la dinámica de funcionamiento de los diodos rectificadores frente a señales alternas. Este nivel pretende dar una idea clara de cómo, de forma progresiva, se puede modificar una señal de alterna y convertirla en una señal de corriente continua.

A modo de recomendación docente es muy importante que los alumnos y alumnas conozcan, antes de iniciar las actividades del nivel cual es el principal objetivo de este nivel y mostrárselo como algo cercano. Así, se debería de presentar el nivel como aquel mediante el que el alumnado podrá construir el cargador de un móvil, de un portátil o de cualquier juguete que funcione con baterías. Esto da una dimensión de horizonte, que permitirá que los alumnos y alumnas entiendan cada paso en que consiste el nivel y que se lista a continuación:

- a) Efecto de un diodo rectificador en un resistor de un circuito simple alimentado con una onda senoidal constituyendo un rectificador de media onda. Para esta medida se solicitará la realización de 2 medidas con un único canal del

osciloscopio situando la sonda en la carga. Esto constituirá la práctica 6 (figura 100) y tendrá como objetivo la medida de una señal similar (figura 101)

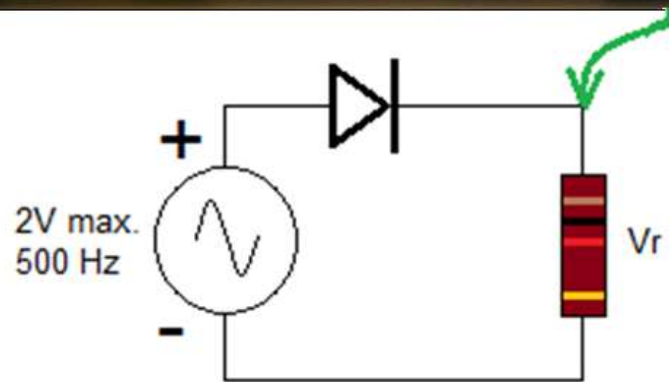
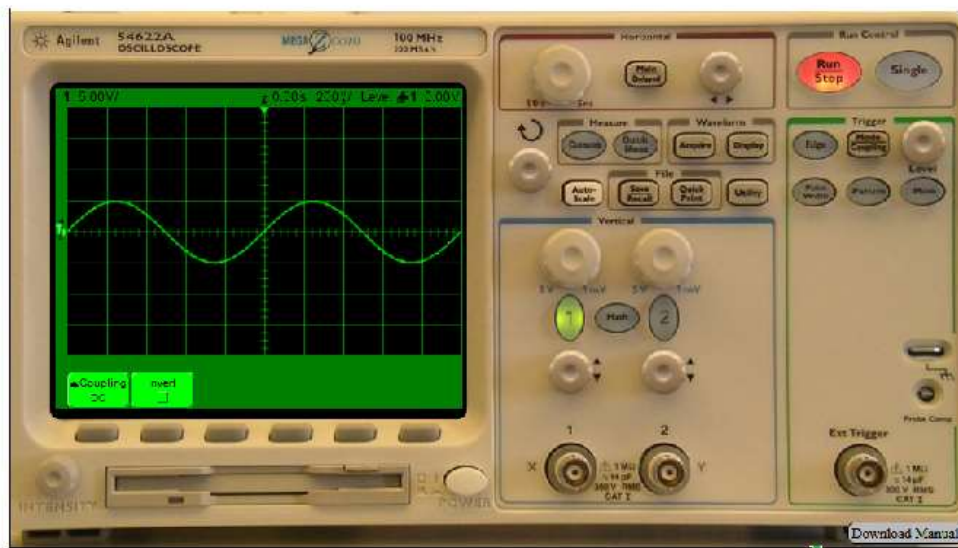


Figura 100. Montaje para la medida de rectificador de media onda (nivel 3 – experiencia 3)

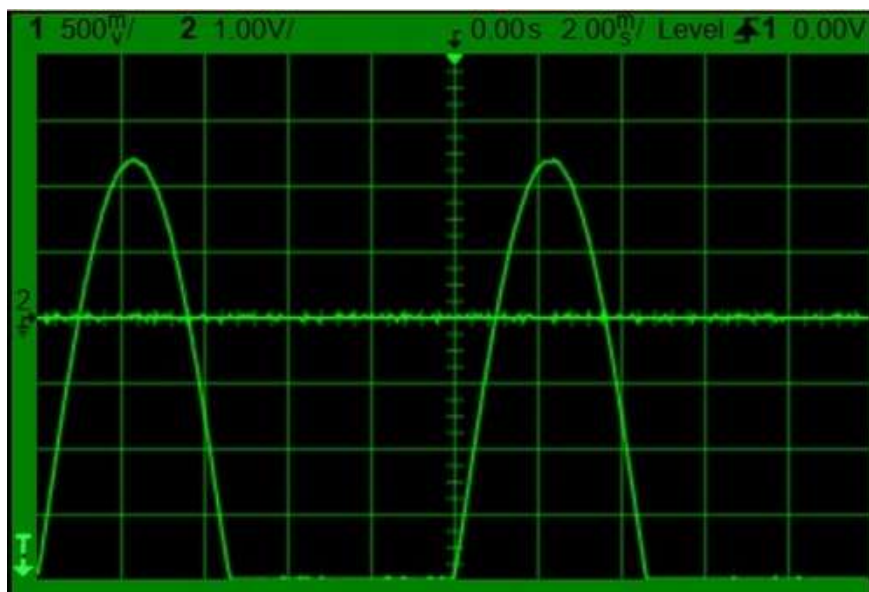


Figura 101. Señal esperada para la medida de rectificador de media onda (nivel 3 – experiencia 3)

b) Reconocimiento, montaje y medida de un puente de diodos para la obtención de una onda doblemente rectificada en un resistor que actúe como carga. En este caso, se realizará una única medida en la que se utilizará la función diferencial del osciloscopio conectando las sondas en ambos extremos de la carga. En estas condiciones se realizará la práctica 7, de las que a continuación se ha representado el montaje en VISIR que se espera que realicen los alumnos (figura 102) y la consecuente apariencia de la pantalla del osciloscopio para la medida diferencial con ambas sondas del osciloscopio en un circuito rectificador de doble onda (figura 103).

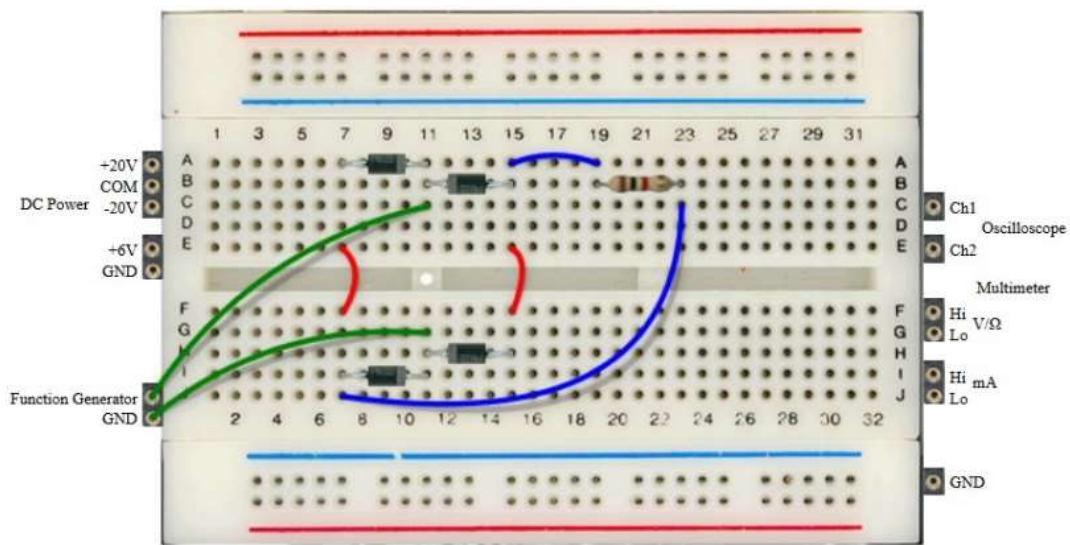


Figura 102. Montaje en VISIR para la medida de rectificador de doble onda en experiencia 3 (nivel 3)

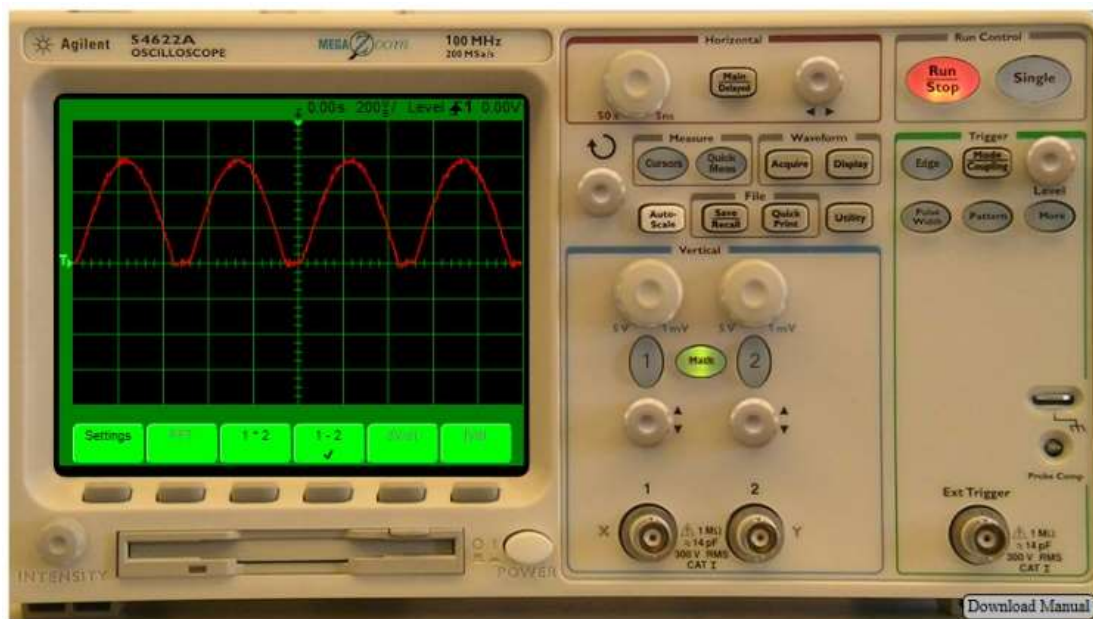


Figura 103. Medida diferencial en el circuito rectificador de doble onda en experiencia 3 (nivel 3)

- c) Modificación del puente de diodos por un puente rectificador integrado y reconocimiento del efecto de doble rectificación en la carga. A fin de que los alumnos entiendan las ventajas del empleo de un circuito integrado rectificador, se realizará una medida en las mismas condiciones que en la práctica 7, constituyéndose así la práctica 8, cuyo procedimiento y montaje se indica en la figura 104.

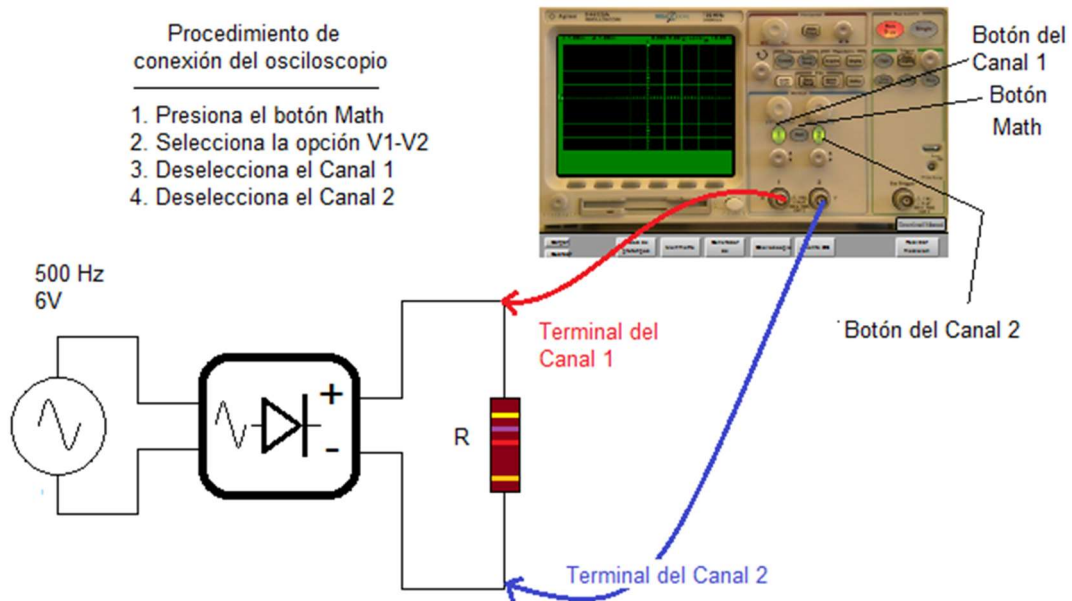


Figura 104. Montaje del circuito con rectificador de doble onda integrado en experiencia 3 (nivel 3)

- d) Variación del tipo de señal obtenida al incorporar un filtro capacitivo y reconocimiento de las diversas formas de alisado de la señal y reducción de rizado según el tipo y valor de capacidad del condensador que constituye el filtro. Así, a partir del montaje de un circuito rectificador con un puente integrado, los alumnos procederán a conectar el osciloscopio con ambas sondas simultáneas para realizar la medida de señal diferencial en la carga. En primer lugar, realizarán 2 medidas con el osciloscopio en la práctica 9 al conectar dos condensadores no polarizados diferentes y seguirán con otras 2 medidas para cada uno de los dos condensadores electrolíticos propuestos que constituirán la práctica 10, de la que su procedimiento y circuito propuesto se expone en la figura 105. Se acompañará estas medidas de otras dos adicionales en las que se conectará el voltímetro en modo corriente continua para identificar el valor medio que se obtiene en la señal.

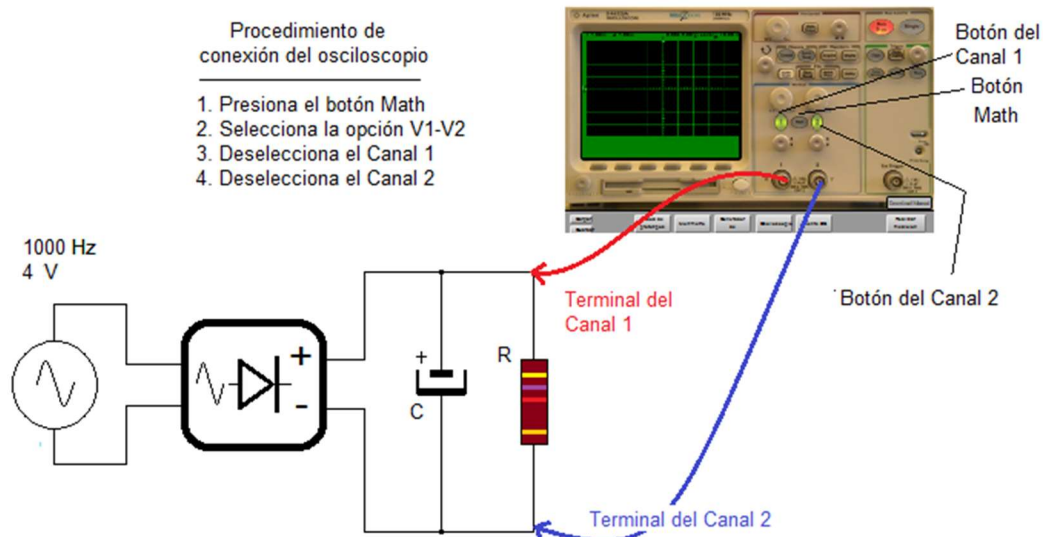


Figura 105. Montaje del circuito rectificador integrado de doble onda con filtro capacitivo en la experiencia 3 (nivel 3)

De esta forma, revisando las prácticas que componen el nivel 3, se realizarán los siguientes tipos y número de medidas:

- OSC_{1CH}: 2 medidas con el osciloscopio utilizando una sonda.
- OSC_{2CH}: 6 medidas con el osciloscopio utilizando dos sondas.
- DMM: 2 medidas con el voltímetro en configuración de corriente continua.

De la misma forma que en el nivel 2, se ha observado que no todos los alumnos han logrado terminar las prácticas, si bien un número significativo de alumnos han podido acabarlas. En este caso, También en este caso, además de los alumnos que han realizado las medidas y han expuesto sus resultados, se han observado de la analítica de los datos del laboratorio, que algunos han preferido inventarse o suponer las medidas, reflejando datos falsos. En las tablas siguientes (tablas 62 y 63) se han representado los datos de rendimiento y valoración de este nivel, primero respecto al uso del DMM y después respecto al empleo del osciloscopio tanto para la medida mediante una sonda (OSC_{1CH}) como para la serie de medidas que requieren el empleo de las dos sondas respectivamente (OSC_{2CH}).

En las cifras expuestas en las tablas 62 y 63, se observa un pobre uso del laboratorio en este caso, achacable a la dificultad de la unidad que compone este nivel.

Tabla 62. Estadísticas respecto al uso del DMM en las prácticas de medida de señales rectificadas en la experiencia 3 – nivel 3

DMM	Todos	Alumnos	Alumnas
DMM no utilizado	93	53	41
Errores usando IDMM	5	2	3

DMM	Todos	Alumnos	Alumnas
DMM no utilizado	85,3%	84,1%	89,1%
Errores usando IDMM	4,6%	3,2%	6,5%

DMM	Todos	Alumnos	Alumnas
Medida correcta	16	10	6
No ha medido	28	19	9
Medida inventada	65	34	31

DMM	Todos	Alumnos	Alumnas
Medida correcta	14,7%	15,9%	13,0%
No ha medido	25,7%	30,2%	19,6%
Medida inventada	59,6%	54,0%	67,4%

Tabla 63. Estadísticas respecto al uso del osciloscopio en las medidas de señales rectificadas en la experiencia 3 – nivel 3

OSC - 1CH	Todos	Alumnos	Alumnas
Uso insuficiente	46	28	18
Uso normal	31	21	10
Uso excesivo	32	14	18
TOTAL	109	63	46

OSC - 1CH	Todos	Alumnos	Alumnas
Uso insuficiente	42,2%	44,4%	39,1%
Uso normal	28,4%	33,3%	21,7%
Uso excesivo	29,4%	22,2%	39,1%

OSC - 2CH	Todos	Alumnos	Alumnas
Uso insuficiente	61	42	19
Uso normal	25	10	15
Uso excesivo	23	11	12
TOTAL	109	63	46

OSC - 2CH	Todos	Alumnos	Alumnas
Uso insuficiente	56,0%	66,7%	41,3%
Uso normal	22,9%	15,9%	32,6%
Uso excesivo	21,1%	17,5%	26,1%

El uso del voltímetro se realiza en las últimas medidas y hasta ese punto han logrado llegar un 14,7% de los participantes, con cifras muy similares para alumnos que para alumnas. Una cuarta parte de los alumnos han declarado no haber realizado ninguna medida con el DMM mientras que el resto, una significativa cifra de alumnos y alumnas (aproximadamente un 60%) han preferido inventarse las medidas.

Esto se ha podido saber por contraste de lo que han indicado los alumnos en su cuaderno de prácticas y al observar en los datos del laboratorio que no han realizado ninguna medida con el DMM. Una cifra muy pequeña (un 4,6%, de los que son el doble de alumnas que alumnos) se han equivocado en la conexión del DMM y han tratado de medir con el IDMM, medida que no estaba prevista en este nivel.

Respecto al empleo del osciloscopio, del que se recuerda que se esperaban 2 medidas con el osciloscopio mediante una sonda (OSC_{1CH}) y 6 medidas empleando ambas sondas simultáneamente (OSC_{2CH}), las cifras mejoran ligeramente. En este caso, han realizado bien las medidas del OSC_{1CH} aproximadamente 6 de cada 10 participantes, de los que aproximadamente 3 de cada 10 han necesitado una cantidad excesiva de medidas para dar con la correcta.

Observando a los alumnos y alumnas en su ejecución, se ha constatado que la mayoría de estos intentos fallidos previos son debidos a una falta de atención en situar el dial de la escala de amplitud o de tiempo en el osciloscopio por ensayo y error, en lugar de reflexionar sobre cual habría de ser la posición correcta de ambos selectores. En menor medida, se han observado medidas fallidas por errores de conexión en el circuito.

Llegado este punto en el que se emplea el circuito rectificador integrado con un resistor y un condensador se reducen enormemente las posibilidades de fallo en la conexión. En cualquier caso, la cifra de participantes que no han utilizado el osciloscopio o han realizado una cantidad insuficiente de intentos (menos de 2 para el OSC_{1CH} y menos de 6 para el OSC_{2CH}) es significativamente alta, constatando de nuevo la dificultad que ha supuesto para los participantes llegar a este punto de la experiencia. El porcentaje de este grupo es de 42.4% para el caso de OSC_{1CH} , siendo superior en el caso del empleo del OSC_{2CH} , un 56%.

Tras realizar las prácticas, los alumnos fueron dirigidos a la realización de una prueba objetiva sumativa de este nivel 3. Esta prueba objetiva, disponible en el capítulo de Anexos, trata de descubrir cuatro factores del aprendizaje:

- El dominio del empleo del osciloscopio con una sonda.
- El dominio del empleo del osciloscopio con dos sondas simultáneamente.
- El cálculo de las señales en corriente continua (DC) en los rectificadores.
- Aprendizaje en el uso de VISIR para el montaje de circuitos.

Se han establecido cuatro puntos de alcance para medir estos parámetros, siendo el primero el de aquellos participantes que han asimilado la teoría de circuitos rectifica-

dores. Del resto de alumnos, se han observado varias causas como son que, seguramente por no haber asimilado suficientemente la teoría, han seleccionado las respuestas al azar dado su pobre actuación en el laboratorio: o que por la misma razón no han practicado suficientemente. En un último rango de resultados se han incluido aquellos alumnos cuyo aprendizaje no ha sido asimilado por encontrar serias incoherencias entre las respuestas y su actuación en el laboratorio. Para observar las diferentes distribuciones para este análisis, se han incluido datos numéricos en las tablas 64 y 65.

Tabla 64. Estadísticas respecto al uso del osciloscopio en las medidas de señales rectificadas (nivel 3 - experiencia 3)

Aprendizaje del uso del Osciloscopio Ch1	TODOS	Alumnos	Alumnas	TODOS	Alumnos	Alumnas
Aprendizaje asimilado	37	21	16	33,9%	33,3%	34,0%
Posible selección al azar de la respuesta	47	25	22	43,1%	39,7%	46,8%
No ha practicado suficiente	11	7	5	10,1%	11,1%	10,6%
Aprendizaje no asimilado	14	10	4	12,8%	15,9%	8,5%
TOTAL	109	63	47			

Aprendizaje del uso del Osciloscopio Ch2	TODOS	Alumnos	Alumnas	TODOS	Alumnos	Alumnas
Aprendizaje asimilado	26	15	11	23,9%	23,8%	23,4%
Posible selección al azar de la respuesta	42	21	21	38,5%	33,3%	44,7%
No ha practicado suficiente	27	17	11	24,8%	27,0%	23,4%
Aprendizaje no asimilado	14	10	4	12,8%	15,9%	8,5%
TOTAL	109	63	47			

Las cifras obtenidas a partir del análisis de la actuación de los participantes en el laboratorio y de sus respuestas en la prueba objetiva, se observa que casi la mitad de los alumnos ha aprendido a realizar el montaje de circuitos. Respecto a la conexión correcta de la instrumentación, las cifras son coherentes con las expuestas anteriormente, siendo mayor el porcentaje de alumnos que han aprendido a utilizar el osciloscopio con una sonda (un 33,9%) que con dos sondas simultaneas (23,9 %), lo que resulta lógico dado que esta última acción requiere de un procedimiento que conlleva más pasos.

El menor de los porcentajes de alumnos corresponde con la asimilación del concepto de señal rectificadas y filtradas. Se ha observado que la mayoría de los alumnos han en-

tendido el objetivo de la sucesión de niveles y prácticas, es decir, la obtención de una señal de corriente continua procedente de la rectificación de una señal de alterna. Tan solo un 11% han conseguido asimilar este concepto de forma integral. Observando con detalle los valores de uso del laboratorio de este grupo se observa que todos han realizado las medidas en el osciloscopio y en el DMM de forma correcta, habiendo realizado un promedio de 11,45 medidas para las 8 requeridas a lo largo del nivel, lo que demuestra suficiente pericia adquirida en el uso de la instrumentación.

Tabla 65. Estadísticas respecto al uso del osciloscopio en las medidas de señales rectificadas (nivel 3 - experiencia 3).
Continuación

Cálculo de señales en DC en el rectificador	TODOS	Alumnos	Alumnas	TODOS	Alumnos	Alumnas
Aprendizaje asimilado	12	10	2	11,0%	15,9%	4,3%
Posible selección al azar de la respuesta	68	32	37	62,4%	50,8%	78,7%
No ha practicado suficiente	25	18	7	22,9%	28,6%	14,9%
Aprendizaje no asimilado	4	3	1	3,7%	4,8%	2,1%
TOTAL	109	63	47			

Aprendizaje de VISIR - montaje de circuitos	TODOS	Alumnos	Alumnas	TODOS	Alumnos	Alumnas
Aprendizaje asimilado	45	27	19	41,3%	42,9%	40,4%
Posible selección al azar de la respuesta	26	10	16	23,9%	15,9%	34,0%
No ha practicado suficiente	15	6	9	13,8%	9,5%	19,1%
Aprendizaje no asimilado	23	20	3	21,1%	31,7%	6,4%
TOTAL	109	63	47			

En la línea de investigación propuesta en anteriores experiencias, también esta vez se han recuperado los datos de cada alumno obtenidos del análisis del modelo cognitivo-motor (CMM) en relación con la medida de las habilidades de los participantes. Así, esta evaluación de las habilidades se ha relacionado con las valoraciones obtenidas del empleo de la instrumentación.

Así, de la misma forma que en el anterior apartado, se han utilizado los parámetros SC y HC que identifican las destrezas cognitivas simple y compleja respectivamente, con las valoraciones en el empleo del osciloscopio con un canal O1ch y dos canales simultáneos O2ch, respectivamente. De los cálculos relacionales de estos dos dominios, el empleado en el modelo CMM y el práctico derivado del empleo del laboratorio remoto

VISIR, se han obtenido las gráficas representadas en las figuras 106 y 107, en las que se han representado las magnitudes O1ch/SC versus O1ch/SC (figura 106) y O2ch/SC versus O2ch/SC (figura 107).

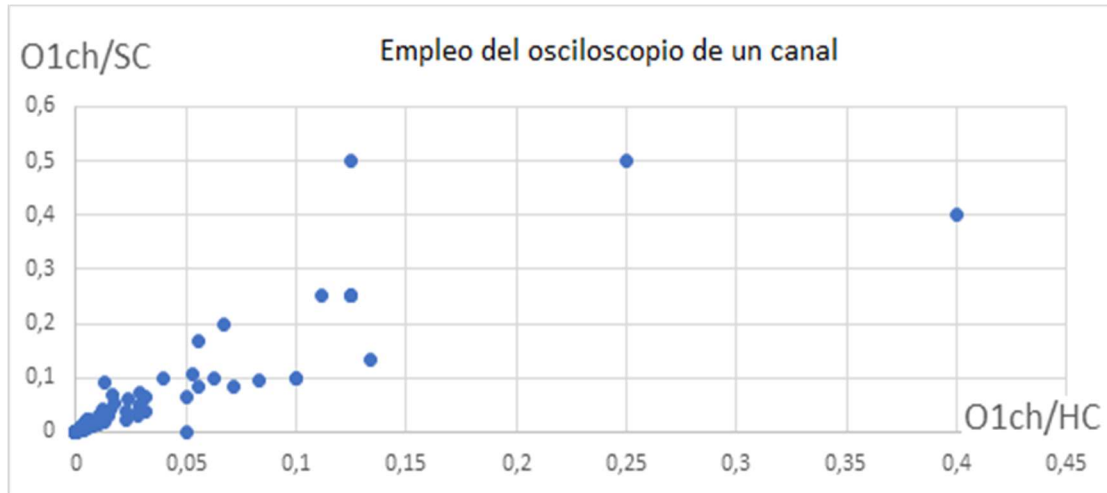


Figura 106. Relación entre indicadores del empleo del osciloscopio de un canal respecto a las destrezas cognitivas en la experiencia 3 (nivel 3)

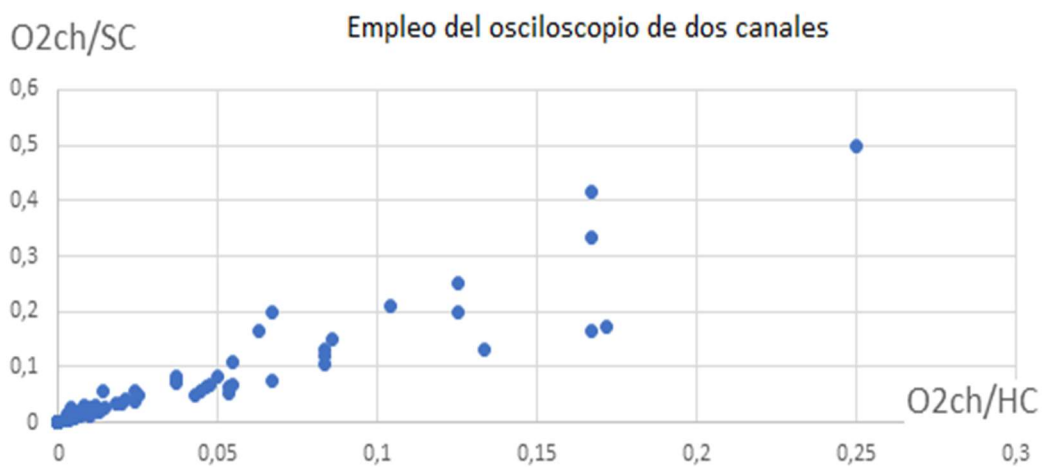


Figura 107. Relación entre indicadores del empleo del osciloscopio de dos canales simultáneos respecto a las destrezas cognitivas en la experiencia 3 (nivel 3)

Al observar ambas gráficas, se observa una fuerte relación lineal entre ambos pares de parámetros, ya que se observa que la nube de puntos evoluciona por la diagonal del rango propuesto.

Para la obtención de los citados parámetros se han ecualizado los datos de valoración del uso del aparato de medida por parte del alumno estudiado respecto a la valoración

que éste obtuvo desde el modelo cognitivo-motor. Se ha procedido a realizar el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson entre los pares de parámetros y se han obtenido unos valores que apuntan a una fuerte relación de proporcionalidad directa entre ambos:

- Correlación O1ch/SC versus O1ch/HC = 0,8734.
- Correlación O2ch/SC versus O2ch/HC = 0,9411.

De nuevo se interpreta de estas gráficas una información directa que ofrece una fuerte correlación entre lo practicado por los alumnos desde un ámbito sencillo y lo conseguido en escenarios más complejos, es decir, la importancia que han tenido la correcta realización de las prácticas en la asimilación conceptual correcta.

De nuevo, se observa la importancia que tiene un buen diseño de actividades para que los alumnos evolucionen en sus destrezas cognitivas.

5.5. Analítica del aprendizaje de la experiencia 4

Como punto de partida para llevar a cabo el análisis de esta experiencia 4, ya se ha indicado en anteriores capítulos de este trabajo, la necesidad que se observó tras la realización de la experiencia 1, de establecer dos cursos diferentes para los alumnos de 1º y de 2º de ESO. Se observó que el curso original podría llegar a ser complejo para los alumnos más pequeños (de 12 años) y se decidió diseñar un curso específico para estos que aquí se presenta como experiencia 4.

En el capítulo 4 (de presentación de experiencias) de este trabajo se han introducido su formato y características, que se han expuesto íntegramente en el capítulo de Anexos. En definitiva, en la experiencia 4 se ha pretendido ofrecer al alumnado un curso en el que se trabajen dos conceptos fundamentales:

- i) el reconocimiento y naturaleza de las principales magnitudes eléctricas y
- ii) la relación entre estas magnitudes mediante la ley de Ohm y su constatación mediante la realización de experimentos para su comprobación, llevados a cabo mediante el laboratorio remoto VISIR.

El curso, tal y como se ha presentado, en el que han participado 89 alumnos (44 chicos y 45 chicas) del curso de 1º de ESO (cuyas edades son de 12 años) consta de cuatro etapas, en las cuales la primera y la cuarta se han enfocado hacia el trabajo con las destrezas cognitivas simple y compleja. Por lo tanto, en estas dos etapas no se han incluido actividad alguna de acceso al laboratorio para la realización de medidas. Por lo tanto, el aprendizaje que aquí se analiza se centrará en los trabajos llevados a cabo en las etapas intermedias 2 y 3, enfocados al empleo del laboratorio remoto VISIR.

Las fases 1 y 4 son de carácter teórico, cuyo análisis ya se ha llevado a cabo según lo propuesto por la taxonomía del modelo CMM en el capítulo 5 de Resultados, por lo que queda excluido del análisis del aprendizaje a partir del uso del laboratorio remoto VISIR que aquí se expone.

De forma específica, en la fase 2, también llamada fase SM al centrarse en las tareas de desarrollo de la destreza motora simple, se han propuesto dos actividades prácticas:

- La medida de resistencia de 5 resistores disponibles en el laboratorio, a partir del reconocimiento visual de estos y su conexión al DMM en configuración de óhmetro y,
- El montaje de un circuito serie dotado de tres resistores en conexión a la fuente de alimentación.

Por otro lado, en la fase 3, también llamada fase HM al destinarse al desarrollo de las destrezas motoras complejas, se han propuesto tres actividades prácticas:

- La medida de la resistencia equivalente de un circuito compuesto de varios resistores en serie para lo cual utilizarán el circuito desconectado de la fuente de alimentación y en su lugar, conectado al DMM en configuración de óhmetro.
- La medida de la corriente eléctrica mediante la conexión del circuito a la fuente de alimentación y al amperímetro (IDMM).

Dada la información obtenida de anteriores experiencias e indicada en este trabajo de investigación, se ha preferido incorporar en esta experiencia básica el amperímetro como dispositivo de medida para que el alumnado entienda desde sus principios, la

complejidad que supone utilizar esta instrumentación, ya que, para conformar el circuito, es necesario alterarlo a partir del circuito sin instrumento. En general, a cualquier estudiante le resulta sencilla la conexión de un óhmetro, dado que la mecánica de los movimientos en la creación del circuito y las alteraciones que han de producirse son mínimas, al tratarse de un dispositivo de conexión en paralelo.

Esto se aprende desde las primeras prácticas y se realiza de forma natural cuando se realiza una medida de tensión eléctrica con un voltímetro. Pero se ha observado la importancia de familiarizarse con los cambios que se han de llevar a cabo con un amperímetro desde edades tempranas para que no sea una dificultad añadida en los siguientes cursos en los que se trabajarán con circuitos mixtos y circuitos dotados de semiconductores. Queda, por tanto, pendiente esta tarea de monitorizar la evolución de los alumnos participantes en esta experiencia en los siguientes cursos.

Los alumnos participantes han descargado dos documentos, cada uno de respuesta a cada etapa SM y HM, en los que han incluido las respuestas a las preguntas relacionadas con el uso del laboratorio remoto, además de las medidas llevadas a cabo en cada etapa. Con posterioridad se ha accedido a la base de datos del laboratorio para acceder a la información guardada sobre sus operaciones de conexión y medida en VISIR, a fin de contrastar si cada alumno ha realizado la medida que ha declarado haber hecho. Además, se han observado las medidas declaradas para verificar su validez.

Según la información descrita anteriormente, los participantes han tenido que realizar 6 medidas con el óhmetro y 1 con el amperímetro. Más adelante se observan en las estadísticas de estas medidas que de todas las actuaciones llevadas a cabo en el laboratorio se dan dos circunstancias extremas: aquellos estudiantes que no han llegado a realizar medidas y aquellos que han utilizado una cantidad exagerada de intentos para llevar a cabo las mismas.

Para determinar la destreza de los alumnos en el laboratorio se ha tenido en cuenta una metodología de análisis enfocada a la valoración de los siguientes parámetros, los

cuales se han contabilizado y representado en el conjunto del grupo y como promedio por participante:

- **Medidas totales:** cantidad total de ordenes de medida emitidas por el alumno o alumna al sistema VISIR mediante la pulsación del botón “Realizar medición” o “*Perform measurement*” en la versión en inglés.
- **Medidas efectivas:** cantidad total de ordenes de medida emitidas por el alumno o alumna al sistema VISIR mediante la pulsación del botón “Realizar medición” o “*Perform measurement*” en la versión en inglés, que no supongan una medida repetitiva.
- **Medidas con DMM conectado,** mediante el cual se ha observado el número de intentos de medida con el óhmetro
- **Medidas con IDMM conectado,** mediante el cual se ha observado el número de intentos de medida con el amperímetro.
- **Medidas con DMM y IDMM conectados:** considerado como conexión fallida al haber conectado en el mismo circuito un amperímetro y un óhmetro, cuando el circuito se hallaba conectado a la fuente de alimentación
- **Sin conexión,** o identificación de falta de conexión en alguno de los circuitos propuesto y considerado entonces como conexión fallida

A partir de aquí se han generado cuatro indicadores mediante los que se ha establecido el perfil de cada alumno. Estos indicadores son:

- **Ratio de medidas correctas,** o proporción de medidas correctas del total de medidas solicitadas por el alumno o alumna respecto al uso de todos los instrumentos.
- **Ratio de uso del DMM,** o relación de las medidas correctas realizadas con el DMM (configuración de óhmetro) del total de medidas llevadas a cabo por el alumno o alumna.
- **Ratio del uso del IDMM,** o relación de las medidas correctas realizadas con el amperímetro del total de medidas llevadas a cabo por el alumno o alumna.
- **Fallos en conexión o tasa de fallos** que relaciona una conexión o medida incorrecta del total de medidas efectivas.

Las estadísticas mostradas en la tabla 66 hacen referencia a 82 participantes del total de 89 convocados, dado que 7 alumnos no han realizado ninguna actuación tanto en el curso como en el laboratorio. Se ha de recordar que el laboratorio se ha utilizado para realizar 6 medidas con el óhmetro y 1 medida con el amperímetro.

De forma adicional, se ha pedido que los estudiantes lleven a cabo la construcción de dos circuitos para la práctica de ensamble en los que no se requería la realización de ninguna medida. Este dato es importante a la hora de interpretar los promedios, en concreto, las medidas con el óhmetro y las medidas con el amperímetro.

En función de estos valores calculados para cada alumno o alumna, se ha establecido un agrupamiento de 4 clases de alumnos o alumnas que determina si su perfil de actuación en el laboratorio demuestra cierta destreza en su correcto uso. Estas categorías son:

- **Grupo A:** alumnado con suficiente destreza en ambos instrumentos (DMM y IDMM)
- **Grupo B:** alumnado con suficiente destreza con el DMM, pero no con el IDMM
- **Grupo C:** alumnado con suficiente destreza con el IDMM, pero no con el DMM.
- **Grupo D:** alumnado sin destreza suficiente con ambos instrumentos.

Tabla 66. Estadísticas del uso del laboratorio remoto en la experiencia 4

	Totales	Promedios participantes
Medidas totales	5967	72,77
Medidas efectivas	2781	33,91
Reservas en laboratorios	1239	15,11
Tiempo Activo (horas)	87,78	1,07
Medidas con DMM conectado	1792	21,85
Medidas con IDMM conectado	475	5,79
Medidas erróneas con DMM y IDMM conectados	41	0,50
Medidas sin conexión	468	5,71
Ratio de medidas correctas	35,94	0,44
Ratio de uso del DMM	298,67	3,64
Ratio de uso del IDMM	475	5,79
Tasa de fallos	16,55%	

Se ha querido distinguir los alumnos que utilizan correctamente el óhmetro (categorías A y B) de los que han empleado con corrección el amperímetro (categorías A y C), dado que cada uno de los instrumentos requieren circuitos de conexión diferentes.

En la tabla 67, se han expuesto los resultados de la aplicación de la metodología de análisis en la que se puede observar que más de la mitad de los alumnos han alcanzado el perfil del Grupo A mientras que una quinta parte del grupo han sido encuadrados en el perfil de alumno del Grupo D.

Se observa que, de forma poco significativa, el porcentaje de alumnas es superior en el Grupo A y menor en el grupo D.

Tabla 67. Resultado de la analítica de encuadre entre los perfiles de destreza del uso del laboratorio remoto VISIR en la experiencia 4.

Grupo	Todos	Alumnos	Alumnas	Todos	Alumnos	Alumnas
A	51	24	27	57,3%	54,5%	60,0%
B	12	4	8	13,5%	9,1%	17,8%
C	7	6	1	7,9%	13,6%	2,2%
D	19	10	9	21,3%	22,7%	20,0%
TOTAL	89	44	45			

Una vez finalizadas las tareas prácticas que han conllevado el empleo del laboratorio remoto VISIR, se ha procedido a la realización de una prueba objetiva en la que se han realizado una serie de preguntas teóricas relacionadas con las magnitudes eléctricas y con el montaje de circuitos y medida de magnitudes en sus componentes.

A partir del análisis de esta prueba se han clasificado a los alumnos en 3 grupos: aquellos que han asimilado totalmente los conceptos, aquellos que han asimilado los conceptos de forma parcial y aquellos que no los han asimilado. En la tabla 68, se han mostrado los datos de esta valoración.

Dada la similitud en las cifras representadas en las tablas 67 de la analítica del rendimiento de los alumnos en el laboratorio y 68 de evaluación de la prueba objetiva de asimilación de la teoría de circuitos básicos, se han utilizado los indicadores de cada

estudiante y se ha procedido a realizar una consulta de datos cruzados entre estas dos valoraciones, que se ha representado en la tabla 69.

Tabla 68. Resultado de la prueba objetiva de asimilación de los conceptos básicos en la experiencia 4.

Teoría asimilada	Todos	Alumnos	Alumnas	Todos	Alumnos	Alumnas
Sí	51	24	27	57,3%	54,5%	60,0%
Parcialmente	19	10	9	21,3%	22,7%	20,0%
No	19	10	9	21,3%	22,7%	20,0%
TOTAL	89	44	45			

En esta tabla se puede observar como las cifras coinciden en su totalidad, es decir, los alumnos que han demostrado tener suficiente destreza en el empleo de VISIR con la formación de circuitos y empleo de la instrumentación han asimilado los contenidos, lo cual es indicativo de nuevo, de la importancia de incorporar en los planes de estudio formación práctica para la buena asimilación de la teoría y, por consiguiente, buen desarrollo de las destrezas cognitivas. También se observa alta relación mutua entre el desarrollo cognitivo y la aplicación motora a tenor de la coincidencia de estos datos:

Tabla 69. Resultados del cruce de datos entre la analítica del uso de VISIR y la asimilación de contenidos en la experiencia 4 de todos los participantes.

TODOS	A	B	C	D	TOTAL	TODOS	A	B	C	D
Sí	51	0	0	0	51	Sí	57,3%	0,0%	0,0%	0,0%
Parcialmente	0	12	7	0	19	Parcialmente	0,0%	13,5%	7,9%	0,0%
No	0	0	0	19	19	No	0,0%	0,0%	0,0%	21,3%
TOTAL	51	12	7	19	89					

Alumnos	A	B	C	D	TOTAL	Alumnos	A	B	C	D
Sí	24	0	0	0	24	Sí	54,5%	0,0%	0,0%	0,0%
Parcialmente	0	4	6	0	10	Parcialmente	0,0%	9,1%	13,6%	0,0%
No	0	0	0	10	10	No	0,0%	0,0%	0,0%	22,7%
TOTAL	24	4	6	10	44					

Alumnas	A	B	C	D	TOTAL	Alumnas	A	B	C	D
Sí	27	0	0	0	27	Sí	60,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Parcialmente	0	8	1	0	9	Parcialmente	0,0%	17,8%	2,2%	0,0%
No	0	0	0	9	9	No	0,0%	0,0%	0,0%	20,0%
TOTAL	27	8	1	9	45					

Para corroborar el dato reflejado de resultado de aprendizaje a partir de la valoración de la prueba objetiva indicado en la tabla 68, se han estudiado y promediado la cantidad de medidas y los tiempos activos por medida de cada grupo de alumnos, que se representan en la tabla 70.

Así, se ha calculado que el tiempo medio empleado por los alumnos que han asimilado los contenidos para completar las 7 medidas requeridas ha sido de 11,68 minutos. Para esto se han llevado a cabo 48 medidas, lo que ha supuesto invertir una media de casi 2 minutos por medida efectuada. Esto corresponde con un promedio de intentos por medida requerida de casi 7 medidas efectuadas por medida requerida. En este caso, se observa tiempo y dedicación a la práctica que les ha permitido asimilar los contenidos adecuadamente.

Por el contrario, el alumnado que ha asimilado los contenidos parcialmente ha empleado menos tiempo y ha realizado menor número de intentos para completar las prácticas, reduciendo éste a 2 intentos por medida requerida y un tiempo dedicado de 3 minutos para cada medida efectuada. Y finalmente el grupo de alumnos que no han asimilado los contenidos apenas han realizado intentos para completar alguna medida y el tiempo empleado ha sido mínimo. De forma resumida, en la tabla 70 se pueden comparar entre sí estos resultados:

Tabla 70. Promedios en tiempo e intentos realizados para completar las medidas de la experiencia 4

Asimilación de contenidos	Promedio de medidas efectuadas	Promedio de intentos por medida requerida	Tiempo medio por medida requerida (min)	Tiempo medio por medida efectuada (min)
No	2,0526	0,2932	1,7389	4,2637
Parcialmente	15,3158	2,1880	6,4833	3,1086
Sí	48,0588	6,8655	11,6894	1,9301

De igual forma que en anteriores experiencias, se han incorporado los datos obtenidos de la aplicación del modelo taxonómico cognitivo-motor (CMM) presentado en el anterior capítulo y se han analizado estos datos para cada uno de los alumnos con los obtenidos en la analítica de su rendimiento en el laboratorio remoto VISIR. Para llevar

a cabo esta relación se han establecido tres indicadores, T, P y W, de los cuales se indica a continuación su método de cálculo.

i) En primer lugar, se ha dimensionado el indicador T: a partir de los datos del grado de asimilación de los contenidos se han cuantificado cada categoría con un valor (0: no asimilado, 5: Parcialmente asimilado y 10: totalmente asimilado). A partir de asignar a cada alumno su valor de asimilación el indicador T se obtiene por división respectiva por las valoraciones SC (destreza cognitiva simple) y HC (destreza cognitiva compleja), por lo que se han obtenido los indicadores Ts y Th respectivamente. Una vez obtenidos estos dos indicadores se ha creado un mapa de puntos que se ha representado en la figura 108.



Figura 108. Relación de parámetros Th y Ts a partir de los datos de asimilación de contenidos para todos los participantes de la experiencia 4.

Se observa que se ha producido tres zonas de acumulación o “clusters”. En el primero alojado en torno a las coordenadas (0;0) se reúnen los alumnos y alumnas con nula asimilación de contenidos. El segundo “cluster” se acumula en el entorno de la coordenada (0,5; 0,5) siendo aquellos alumnos con una valoración de rendimiento cognitivo superior al grado de asimilación de la experiencia. Por último, el “clúster” que acumula mayor cantidad de participantes son aquellos que han tenido entre un 20 y un 50% de mejor valoración en la asimilación de contenidos en la experiencia

que en sus destrezas cognitivas. El coeficiente de correlación de Pearson entre ambas variables T_h y T_s es de (0,9224), lo que expresa un alto grado de linealidad entre estos.

- ii) En segundo lugar, se ha analizado el indicador P. Este indicador, que se ha utilizado para la valoración de la destreza con el empleo del laboratorio, se ha obtenido a partir de los datos de clasificación de los participantes expuestos en la tabla 67. A fin de cuantificar la actuación del alumnado, se ha asignado un valor numérico de 10 a aquellos incluidos en la clase A que identifican suficiente destreza en el manejo del laboratorio, un 6 a los incluidos en el grupo B, por haber demostrado tener suficiente dominio al menos de las medidas más numerosas relacionadas con el uso del óhmetro, un 3 a aquellos que no han demostrado suficiente destreza con el óhmetro pero sí han sabido llevar a cabo la medida del amperímetro por lo que se les ha encuadrado en el grupo C y un 0 a aquellos que no han demostrado destreza alguna con el laboratorio y por tanto, han sido incluidos en el grupo D. Una vez asignados estos valores numéricos, se ha procedido a obtener los indicadores relativos al dominio cognitivo SC y HC, al situarse estos como denominadores respectivos del indicador P.

De esta forma se han obtenido respectivamente P_s y P_h , los cuales se han relacionado en la misma gráfica para conocer la relación existente entre ellos, que pueda significar la actuación del grupo de participantes en general. Esta relación se ha representado en la figura 109.

Como se observa, la relación que existe entre estos dos parámetros posee dos características. Por un lado, se intuye un cierto grado de linealidad en el conjunto de los datos, apoyado por el dato del elevado valor en el coeficiente de correlación de Pearson de $r = 0.8276$.

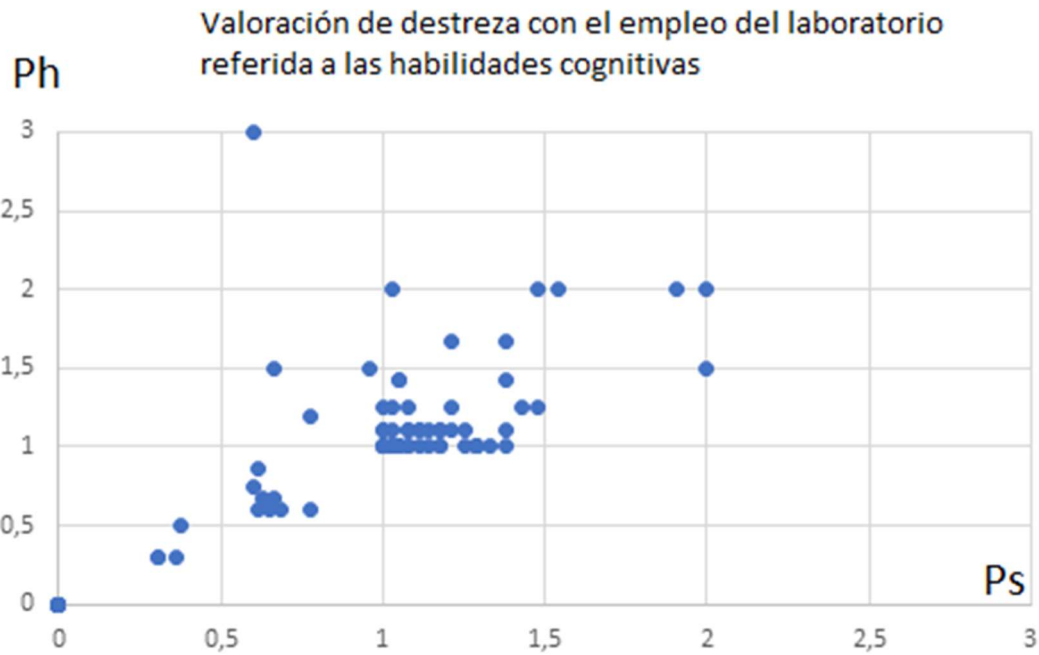


Figura 109. Relación de parámetros Ph y Ps a partir de los datos de destreza del uso del laboratorio VISIR para todos los participantes de la experiencia 4

Por otro lado, se observa una acumulación mayoritaria de puntos de la nube en torno al área próxima que rodea las coordenadas $P_s = P_h = 1,2$. Esto tiene su significado en que ha sido mejor la valoración de los participantes de la ejecución de sus prácticas cuando han empleado el laboratorio remoto que lo que ha detectado y medido el modelo CMM basándose en sus respuestas. En cualquier caso, se observa un alto grado de coherencia entre su rendimiento esperado y su rendimiento declarado. Todos los puntos que se encuentren por encima de esta área central han sido alumnos con mejor rendimiento en el laboratorio mientras que los que se encuentran en el área inferior han demostrado peor rendimiento al observar los datos de sus prácticas en profundidad.

- iii) Por último, se ha analizado el indicador W. Este indicador relaciona los conocimientos demostrados por los alumnos mediante la prueba objetiva realizada al finalizar la experiencia y su valoración según el modelo CMM. Esto ha dado lugar a los indicadores W_s y W_h , al dividir la calificación obtenida en la prueba objetiva por las valoraciones realizadas para alumno y alumna de las destrezas cognitivas SC y HC,

simple y compleja, respectivamente. Así, se han relacionado ambos indicadores mostrándose la nube de puntos representados en la figura 110.

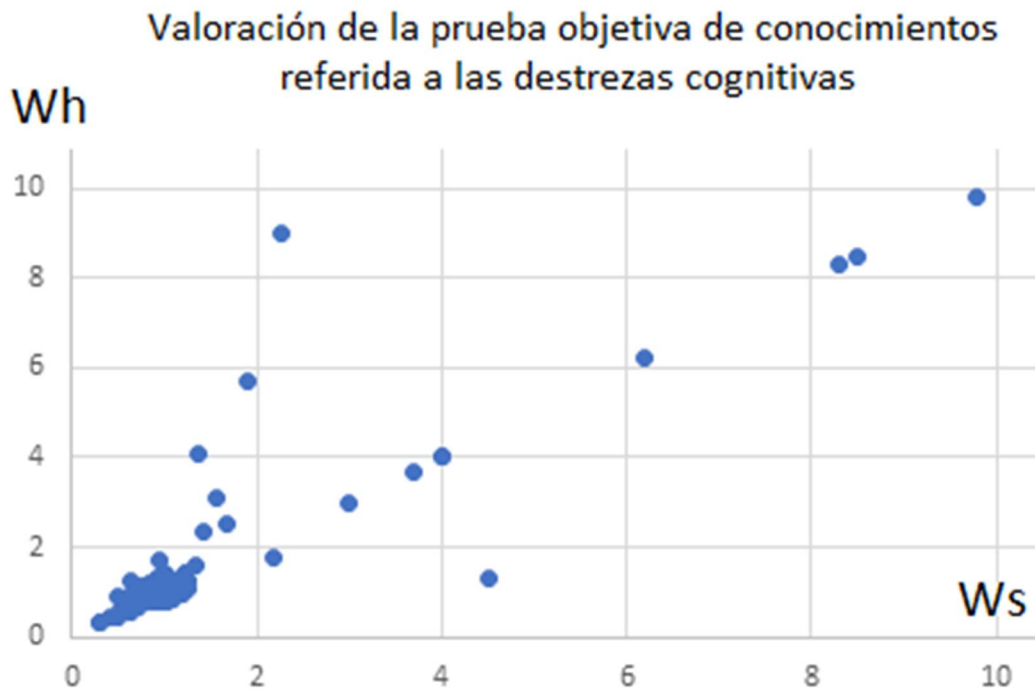


Figura 110. Relación de parámetros Wh y Ws a partir de los datos de valoración de la prueba objetiva para todos los participantes de la experiencia 4

La mayoría de los participantes forman parte de conjunto de puntos que forman una agrupación en torno a las coordenadas $Wh = Ws = 1$. En este punto se sitúan los alumnos que han recibido una valoración en la prueba objetiva similar a la valoración del modelo CMM para sus destrezas cognitivas. Para los que se encuentran fuera de este “cluster”, se observan dos sesgos o líneas de tendencia, una mantenida constante en torno al valor $Ws = 2$ y otro que sigue un patrón lineal de $Wh = Ws$.

El primer sesgo se explica con aquellos pocos casos en los que los alumnos han tenido una gran diferencia entre las valoraciones de sus capacidades cognitivas simples y complejas mientras que el segundo sesgo, el sesgo de divergencia lineal, se alinean aquellos alumnos que, habiendo tenido valoraciones bajas en sus habilidades cognitivas, han realizado una buena prueba objetiva. La mayoría de estos alumnos han tenido una actuación mínima en el laboratorio y han procedido a la realiza-

ción de la prueba, por lo que es posible que hayan sido otros factores los que les hayan ayudado en la obtención de una buena calificación de la prueba objetiva. Por lo tanto, no se tendrán en cuenta en el estudio relacional, aunque son datos muy útiles a la hora de la implementación de las pruebas objetivas para aquellos alumnos y alumnas que no hayan querido participar en el proceso, en muchas ocasiones por pereza o indolencia.

Si separamos estos casos divergentes y el análisis se centra en el estudio de 73 alumnos de los 89 participantes (es decir, un 82%), que han actuado honestamente realizando las actividades, se observan los resultados relacionales de la valoración de la prueba objetiva referida a las valoraciones de sus destrezas cognitivas. En este caso, en la figura 111 se puede observar una nube de puntos que se extiende linealmente, con un coeficiente de correlación de Pearson entre las variables Wh y Ws de 0,72, lo que indica una fuerte relación entre las habilidades cognitivas.

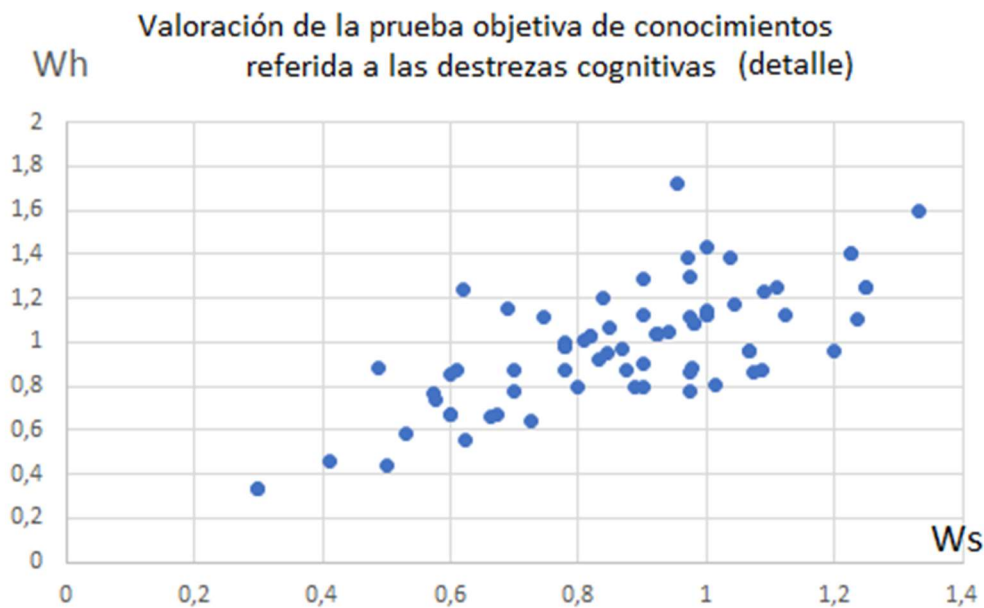


Figura 111. Detalle de la relación de parámetros Wh y Ws a partir de los datos de valoración de la prueba objetiva de los participantes honestos de la experiencia 4

De la analítica presentada en las cuatro experiencias que conforman este capítulo, se han podido observar que los alumnos y alumnas han mejorado sus capacidades motoras en el montaje y medida de circuitos utilizando el laboratorio remoto VISIR

y el diseño de los cursos han permitido al alumnado llevar a cabo un aprendizaje progresivo de los contenidos básicos de electricidad y electrónica.

La ventura va guiando nuestras cosas mejor de lo que acertáramos a desear; porque ves allí, amigo Sancho Panza, donde se descubren treinta o pocos más desaforados gigantes con quien pienso hacer batalla y quitarles a todos las vidas, con cuyos despojos comenzaremos a enriquecer; que esta es buena guerra, y es gran servicio de Dios quitar tan mala simiente de sobre la faz de la tierra.

(Miguel de Cervantes Saavedra de El ingenioso hidalgo Don Quijote de la Mancha, 1620)

6. Conclusiones y trabajos futuros

El trabajo que se ha presentado en esta tesis tiene como objeto mejorar el rendimiento de los alumnos en la materia de Electricidad y Electrónica básica, para lo que se ha diseñado el modelo cognitivo-motor, se ha aplicado en el desarrollo de cursos específicos para el estudio y práctica de la materia, se ha implementado en experiencias didácticas con alumnos de los cursos de 1º a 3º de ESO y se ha empleado para la valoración y análisis de los resultados de aprendizaje del alumnado.

Del análisis de los resultados, concluimos que las hipótesis planteadas se han confirmado en los siguientes términos:

- Ha sido posible establecer una metodología de optimización del aprendizaje a partir de la taxonomía del modelo cognitivo-motor mediante cuya aplicación se han trabajado las destrezas cognitivas y las habilidades motoras conjunta y coordinadamente.

En relación con la articulación de la hipótesis, con el fin de describir los logros de esta investigación con detalle, se da cuenta de los siguientes extremos:

- La taxonomía del modelo cognitivo-motor se ha revelado de gran utilidad en dos ámbitos: i) en el diseño de actividades y cursos para la adquisición de contenidos teóricos y para la práctica de los conceptos y ii) en la cuantificación y evaluación

del rendimiento de los alumnos en el ámbito cognitivo y en el ámbito motor y para el establecimiento de los canales de realimentación y relación mutua.

- El modelo taxonómico cognitivo-motor ha permitido la identificación de las estrategias de aprendizaje empleadas por grupos de alumnos para la asimilación de conocimientos y el desarrollo de destrezas.
- El modelo taxonómico cognitivo-motor es válido para asistir a los docentes en la creación y diseño de actividades didácticas, mediante las que se ha podido optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- El laboratorio remoto VISIR ha probado ser una herramienta de utilidad en el ámbito del aprendizaje y práctica de circuitos eléctricos y electrónicos en estudiantes de educación secundaria, observándose beneficios en su manejo como recurso técnico y en el ahorro para los departamentos educativos.
- Ambos, modelo CMM y laboratorio remoto VISIR, se alinean perfectamente en el diseño de los cursos y han formado un buen tándem para la mejora en el rendimiento y asimilación de contenidos en la mayoría de los alumnos.

En el proceso de validación de las hipótesis se han planteado diversos objetivos. Como objetivo principal se ha propuesto la creación del modelo taxonómico de aprendizaje, el cual ha sido diseñado a partir de un estudio de la optimización de los procesos de aprendizaje en el ámbito de la adquisición de conocimientos de electricidad y electrónica, según el currículo oficial de la asignatura, y del desarrollo de habilidades motoras de los alumnos en relación con las actividades prácticas de montaje y realización de circuitos eléctricos.

Para cumplir con el objetivo específico primero, tras establecer una revisión bibliográfica de las diferentes metodologías, tanto tradicionales como innovadoras que se han implementado en las aulas en las últimas décadas, se han establecido ciertas reflexiones sobre la enseñanza y el aprendizaje, de forma que se ha podido transmitir una visión histórica de las diferentes aproximaciones.

Así, a partir de modelos instruccionales tradicionales, se han presentado diversas iniciativas destacables en el mundo de la educación y la psicología que han contribuido

de forma notable en el desarrollo educativo. Se ha establecido la diferencia entre aquellas metodologías que consideraban al individuo como el producto del proceso de enseñanza-aprendizaje y aquellas que valoran la realidad subjetiva de cada individuo, es decir, aquellas que aceptan que cada aprendiente desarrolla sus propias estrategias de aprendizaje. En este sentido, se han revisado las propuestas en las que alienta al individuo a practicar los conocimientos de base, para ya después afrontar la fase instruccional, las teorías constructivistas preocupadas por un correcto diseño curricular, la teoría de cómo un individuo asimila los conocimientos y destrezas a través del propio descubrimiento de sus estrategias y las contribuciones que establecen como se organiza el aprendizaje mediante taxonomías y ciclos de aprendizaje.

En la línea del segundo objetivo específico, se ha procedido a realizar el diseño de los cursos presentados en esta tesis, y se han creado e implementado diversos cursos masivos abiertos online (MOOCs) en el seno del proyecto de producción de recursos y materiales didácticos para cubrir las necesidades curriculares de Electricidad y electrónica de los cursos del primer ciclo de enseñanza secundaria obligatoria, de 1º a 3º de ESO, habiéndose dispuesto tres cursos en castellano y tres cursos en inglés, totalmente operativos y disponibles para la comunidad educativa, y diseñados según la taxonomía del modelo cognitivo-motor (CMM).

El CMM, se ha ideado como entorno común para el diseño de actividades enfocadas a la adquisición de competencias cognitivas y motoras. Este marco común se ha particionado en el estudio de las destrezas cognitivas simples (*soft cognitive skills*), las destrezas cognitivas complejas (*hard cognitive skills*), las habilidades motoras simples (*soft motor skills*) y motoras complejas (*hard motor skills*).

Las actividades incluidas en los cursos se han diseñado a partir del establecimiento de los logros para cada una de estas habilidades y destrezas y han sido testados en base a los criterios de evaluación determinados para cada una de dichas destrezas.

Además, conscientes de que ninguna de las destrezas se desarrolla por sí sola, se ha establecido las bases de cuantificación de la interrelación entre ellas, asignando una

serie de parámetros con los que medir su mutua interdependencia. Como consecuencia, se ha observado que la aplicación de la taxonomía no solo ha permitido la medida y cuantificación de los resultados de aprendizaje, sino que se ha revelado como una buena herramienta para servir de guía al docente en el diseño y elaboración de experiencias didácticas.

Como objetivo específico tercero se ha previsto la inclusión del laboratorio remoto VISIR en las experiencias prácticas. En el contexto de las experiencias desarrolladas en esta investigación, en el que se ha empleado el laboratorio remoto VISIR de medidas eléctricas como el elemento tecnológico básico, se han revisado diferentes modelos de laboratorio no presencial y diversas experiencias en este contexto, tanto en la formación superior como en la enseñanza secundaria. Esto ha permitido establecer una base de conocimiento sobre el concepto y empleo de laboratorio remoto, a partir del cual se han revelado las grandes similitudes básicas con los laboratorios presenciales, que se concentran en el empleo de los instrumentos y el despliegue técnico necesario para llevar a cabo trabajos de investigación sobre dispositivos físicos reales.

Por tanto, con esta interpretación se ha establecido la diferencia de los laboratorios remotos respecto aquellos sistemas de simulación virtualizada. Se ha abordado la composición, constitución y configuración del laboratorio remoto VISIR a partir de las especificaciones de sus componentes, los estándares de la instrumentación, la configuración y conexiones de sus componentes principales y la interfaz virtualizada de usuario, mediante la cual se llevarán a cabo los experimentos. A partir de este punto, se han puesto de manifiesto la utilidad de los laboratorios remotos en el ámbito escolar y académico a partir de las experiencias de diversos autores.

Como consecuencia, se ha realizado un análisis y estudio de idoneidad del laboratorio remoto VISIR de medidas eléctricas como herramienta técnica empleada en las tareas, actividades y prácticas llevadas a cabo a lo largo de las experiencias didácticas, logrando el objetivo sexto y ha quedado patente la utilidad del laboratorio remoto VISIR en el contexto de la educación secundaria y de esencial importancia dadas las circunstancias acaecidas durante el curso 2019-2020 como consecuencia del confinamiento de marzo

a mayo de 2020 que las autoridades gubernamentales establecieron, a raíz de la pandemia de Sars-COV2.

Como objetivo específico cuarto se ha propuesto la integración de los activos metodológicos y técnicos en la realización de las experiencias. Los contenidos y experiencias de los cursos han podido implementarse en su totalidad en los cursos de la asignatura de Tecnología, Programación y Robótica con los alumnos del instituto de educación secundaria Ramiro de Maeztu de Madrid, España y sus resultados han servido para la elaboración de esta tesis.

Por último, para cumplir con el objetivo específico quinto, se ha llevado a cabo la implementación de un análisis de aprendizaje de las cuatro experiencias presentadas en este trabajo. Dicho análisis, tal y como se ha indicado anteriormente, se ha llevado a cabo a partir de las actuaciones del alumnado en las cuatro experiencias que han conformado este trabajo de investigación, las cuales se han extendido a lo largo de cuatro cursos escolares y se han aplicado a varios grupos de alumnos de cursos de 1º, 2º y 3º de Educación Secundaria Obligatoria. Las experiencias presentadas están destinadas al aprendizaje de los conceptos, magnitudes y fenómenos relacionados con la Electricidad y se ha empleado para la ejecución de los trabajos y actividades prácticas, el laboratorio remoto VISIR.

La primera de las experiencias se abordó aplicando la taxonomía de Bloom en la creación de un curso específico conjuntamente para estudiantes de 1º y 2º curso de ESO, del que se obtuvieron muy buenos resultados en el aspecto de la ejecución de las prácticas, lo que supuso tomar la decisión de utilizar el laboratorio remoto VISIR como el recurso técnico para el resto de experiencias. Se observó, por otro lado, que los contenidos teóricos se encontraban en el nivel del alumnado de 2º de ESO quienes obtuvieron una calificación cercana a 60 puntos sobre 100. En cambio, el promedio de los alumnos y alumnas de 1º de ESO no llegó a ser de 50 puntos sobre 100. Esta diferencia, estadísticamente significativa, de promedios dieron lugar a decidir crear un curso específico adaptado al nivel de los alumnos de 1º de ESO, en la que se trabajaran primordialmente la comprensión y asimilación de aspectos relacionados con las magnitu-

des eléctricas básicas y aplicación de la ley de Ohm en circuitos básicos. Esto ha supuesto una diferenciación esencial con los alumnos de 2º curso de ESO, quienes podrán abordar la naturaleza y estrategias de resolución de circuitos serie, paralelo y mixto.

Otra de las evidencias que se interpretó como básica a la hora de escindir los cursos residió en los resultados propios de la analítica del aprendizaje mediante la taxonomía de Bloom. Los alumnos de 1º de ESO obtuvieron una correlación baja entre las destrezas cognitivas de orden inferior (LOTS) y de orden superior (HOTS). Esta falta de correlación se interpreta como que los estudiantes no han conseguido desarrollar suficientemente sus habilidades cognitivas superiores. En cambio, los alumnos y alumnas de 2º de ESO han obtenido un grado de correlación muy elevado entre ambos niveles de destrezas cognitivas.

Estas evidencias, sumadas a la imposibilidad de observar y medir el desarrollo de las habilidades motoras como fuente de la asimilación del conocimiento basada en la experiencia, motivó dos grandes cambios en la investigación. Por un lado, los contenidos y prácticas debían de ser diferentes para ambos cursos y por otro, se hacía patente la necesidad de diseñar una nueva taxonomía que pudiera contemplar ambos tipos de destrezas, cognitiva y motora.

Como consecuencia, como parte de la investigación documental de este trabajo, se abordó un estudio sobre metodologías taxonómicas y recursos pedagógicos, con la finalidad de diseñar la taxonomía resultado de esta investigación, el modelo cognitivo-motor o CMM, que incluye el estudio y análisis tanto de destrezas cognitivas como de destrezas manipulativas y motoras. Por lo tanto, la taxonomía CMM ha servido de guía en el diseño de las experiencias segunda, tercera y cuarta.

Se han expuesto diversos resultados de aprendizaje, fruto del análisis de estas tres experiencias en dos ámbitos. Por un lado, se ha llevado a cabo un estudio del rendimiento de los participantes en la experiencia. Para ello, se han establecido elementos de cuantificación del rendimiento que han contemplado la actuación de cada uno de

los participantes frente a las diversas tareas y se ha valorado: i) su destreza cognitiva en el plano de nivel simple (*soft*) y en el plano de nivel complejo (*hard*), ii) su destreza motora clasificadas por tareas de ejecución simple y compleja y iii) la interacción mutua de ambos tipos de destrezas. Con dichas medidas y cuantificaciones, se ha podido establecer un mapeado de la estrategia de aprendizaje de cada agrupación de alumnos (por tipo de laboratorio utilizado y por género), si bien se deja la puerta abierta al mapeado individual de cada participante, mediante el cual se podría establecer la representación del tipo de estrategia de aprendizaje derivada del desarrollo de sus destrezas cognitivas y motoras.

En la experiencia segunda, a pesar de las diferencias comentadas entre alumnos de 1º y 2º de ESO, se ha querido aplicar en ambos cursos para que pueda existir una comparativa entre ambas, experiencia 1 y 2, con la única diferencia del tipo de taxonomía aplicada. Por esta razón, se ha replicado la experiencia 1 en la experiencia 2, utilizando el laboratorio remoto VISIR y los contenidos curriculares, siendo la taxonomía el elemento diferenciador. Así, se han empleado dos grupos, un grupo experimental que ha empleado el laboratorio remoto VISIR y un grupo de control, que ha empleado dispositivos propios de un laboratorio presencial.

Tras el análisis de la experiencia, se han podido constatar peores resultados en el ámbito cognitivo en ambos grupos y similares resultados entre grupos en el ámbito motor. Se ha observado una cuestión paradójica y es que ha sido mayor el número de errores del ámbito motor cometidos por alumnos del grupo de control, mientras que el número de estudiantes con resultados perfectos en el ámbito motor ha sido superior en el grupo experimental.

De la comparativa de los parámetros cognitivos y motores del modelo CMM no se han observado diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimental y de control en los estudiantes de 1º curso, a excepción de las propias de la destreza cognitiva simple (SC).

Del estudio de correlación entre destrezas, se ha observado una fuerte relación entre las destrezas motoras simple y compleja en el primer nivel del curso, mientras que, en el segundo nivel, en teoría más difícil, se ha encontrado una fuerte correlación entre las destrezas cognitivas simple y compleja. Esta situación tan interesante llama la atención a la hora de diseñar cursos de esta índole donde parece que la asimilación del aprendizaje debería de focalizarse en el desarrollo de las destrezas motoras inicialmente para luego, abordar los contenidos teóricos.

Para los estudiantes de 2º de ESO, se ha confirmado estos extremos a los que además se ha de añadir que se ha observado nuevas correlaciones entre las diferentes destrezas. Hemos interpretado que estas múltiples correlaciones fuertes se deben a una mejora en la estrategia de aprendizaje debido a su madurez y conocimiento de la materia. De la comparativa entre grupos por tipo de laboratorio, se ha obtenido mejores resultados en el grupo experimental que ha utilizado el laboratorio remoto VISIR que el laboratorio presencial.

De forma adicional, se ha extendido el estudio comparativo al análisis de resultados por género. En este caso, las alumnas han obtenido similares resultados que los alumnos en las destrezas motoras, pero se ha observado que las alumnas han desarrollado mejores destrezas cognitivas. Esta situación conlleva a pensar que la forma de afrontar las tareas entre alumnos y alumnas es diferente. Del mapeado de relaciones entre cada tipo de destreza se ha observado una estrategia diferente para abordar las actividades, que hace que las alumnas lleven a cabo el proceso de resolución de problemas de forma más efectiva y como consecuencia, más eficaz. En cierto modo, se observa en las alumnas mejor equilibrio en la aplicación de destrezas de ambos ámbitos, cognitivo y motor, en la implementación de tareas.

En ambos grupos, alumnos y alumnas, los resultados de correlación de destrezas han sido similares a los obtenidos de la comparativa de grupos por tipo de laboratorio, es decir, los estudiantes han presentado altos valores de correlación entre destrezas motoras en los niveles de dificultad baja del curso, mientras que la correlación entre las destrezas cognitivas en los niveles de mayor dificultad es más fuerte. Interpretamos

estos datos desde el punto de vista de la practicidad, es decir, las primeras tareas del curso se basan en actividades de contacto con las herramientas del laboratorio, lo que hace que los estudiantes mejoren sus habilidades motoras, mientras que, en las etapas de mayor dificultad estos desarrollan un aumento en las capacidades cognitivas por acumulación de conocimiento y experiencia. Este hallazgo es muy interesante, porque establece una secuenciación de actividades determinada para el desarrollo correcto de las destrezas y habilidades. Estableciendo esta afirmación desde otro punto de vista, creemos que es un error iniciar las actividades a partir de tareas relacionadas con la resolución de problemas de tipo teórico, siendo más eficaz que los alumnos y alumnas inicien sus trabajos a partir de planteamientos prácticos, con cierta carga de aprendizaje inductivo. Pensamos que no resulta procedente ni pedagógico enfrentar a los estudiantes a ingentes cantidades de fórmulas y propuestas teóricas para abordar la práctica frente a la proposición de actividades prácticas que consoliden los conocimientos y destrezas básicas, para progresar en dificultad, ahondando de forma más eficaz en los conceptos teóricos.

Por otro lado, se ha procedido a una segunda analítica de aprendizaje, contrastando las respuestas a las actividades realizadas por los estudiantes con los registros de la base de datos de actividades del sistema del laboratorio remoto VISIR. Así, se han podido constatar las dificultades que suponen a estas edades tempranas el empleo del amperímetro como dispositivo de medida de intensidad eléctrica, muy diferente de la destreza que han demostrado tener cuando se trata de medir resistencia eléctrica de un circuito o distribución de voltajes en los diferentes elementos de un circuito.

En la tercera experiencia diseñada para estudiantes de 3º de ESO a partir del CMM y con el laboratorio remoto VISIR como único recurso técnico, se ha añadido a la instrumentación empleada el osciloscopio para la medida de periodos, frecuencias y amplitudes de señales de corriente alterna, tanto a la entrada como a la salida de un circuito rectificador. También se ha observado la dificultad que ha supuesto para los participantes, en general, el empleo de este aparato de medida.

Se ha vuelto a constatar la fuerte correlación existente entre las destrezas motoras en los primeros niveles del curso, que se reduce según sube el nivel de conocimientos exigido. Se ha observado además que respecto al empleo del osciloscopio como dispositivo de instrumentación existe una alta correlación entre las destrezas complejas cognitiva y motora.

Por último, la cuarta experiencia, diseñada específicamente para alumnos del primer curso de ESO con conocimientos muy bajos en materia de Electricidad, ha revelado resultados muy interesantes. Los estudiantes han demostrado un buen desarrollo de sus habilidades simples cognitiva y motora, lo cual corrobora los resultados de anteriores experiencias, además de haber desarrollado ambas de forma coordinada como indica el estudio de correlación entre ambos tipos de habilidades. El buen desarrollo de la habilidad motora simple también ha permitido un buen desarrollo en la destreza motora compleja. Además, se observa que todos aquellos alumnos que han consolidado la destreza cognitiva simple también han desarrollado adecuadamente la habilidad cognitiva compleja. Por otro lado, el grupo de alumnos que no ha desarrollado suficientemente la habilidad cognitiva simple ha obtenido unos pobres resultados en la habilidad cognitiva compleja.

Como conclusión final, se ha constatado la importancia de explorar los conocimientos previos correctos a la hora de abordar cualquier tarea. De esta forma, se evitan preconcepciones o conocimientos básicos erróneos. Además, para una cantidad significativa de estudiantes, el laboratorio ha servido para corregir errores de concepto en su conocimiento previo, para asimilar los conceptos teóricos de la materia, y para afianzar el conocimiento de las magnitudes, lo cual se ha visto favorecido mediante la realización de montajes de circuitos con la instrumentación en VISIR. Esto pone de relieve la importancia de considerar el aprendizaje como un ciclo, en el que los conocimientos adquiridos pasan a formar parte del conocimiento previo para abordar una etapa de la formación de mayor complejidad.

Debido a la comentada situación de confinamiento, se ha puesto de relieve la importancia del empleo de laboratorios como VISIR, que ofrecen cierto grado de autonomía y permite adecuarse al ritmo requerido de aprendizaje de cada estudiante.

6.1. Trabajos futuros

Los trabajos de investigación llevados a cabo han tenido su continuidad en el curso 2020-2021, en el que se finalizaron dos nuevas experiencias didácticas en el contexto de la formación tecnológica en la materia de Electricidad y Electrónica en los cursos respectivos de 2º y 3º de Educación Secundaria Obligatoria en el instituto Ramiro de Maeztu de Madrid, España. En estas nuevas experiencias han participado 119 alumnos y alumnas de 2º de ESO, que han seguido su formación mediante el MOOC “*Basic Electricity*” y 85 alumnos y alumnas del curso de 3º de ESO a través del MOOC “*Microelectronics: diodes and signals*”. Los resultados de estas experiencias han sido similares a los expuestos en las experiencias presentadas en esta tesis, con la salvedad de que las cifras de absentismo, falta de voluntad en la realización de las prácticas y tasa de invención en las cifras de supuestas medidas se han reducido drásticamente a partir del conocimiento de las cifras detectadas en las experiencias de la investigación mostradas en esta tesis.

Se puede asegurar, por tanto, que a partir de las investigaciones y conclusiones obtenidas en esta tesis, las nuevas experiencias que se vayan realizando en los próximos cursos contribuirán a la optimización del proceso de enseñanza y aprendizaje. Los profesores participantes en la experiencia se han podido anticipar a las mencionadas eventualidades y los alumnos y alumnas han recibido información más precisa de cómo llevar a cabo el estudio y práctica de los cursos.

Por consiguiente, en los siguientes cursos, tanto el diseño de cursos mediante la taxonomía del modelo cognitivo-motor como el empleo del laboratorio remoto VISIR, serán incorporados de forma permanente en el currículo del departamento de Tecnología del Instituto Ramiro de Maeztu de Madrid.

Una segunda consecuencia de la valoración positiva de las experiencias investigadas será la creación de nuevos cursos en el futuro que formarán parte del catálogo de recursos del departamento. Próximamente se abrirá a los estudiantes el curso “Microelectrónica: el transistor bipolar” en sus versiones castellano e inglés.

En tercer lugar, una actuación pendiente como trabajo futuro es la promoción de las herramientas en otros institutos de enseñanza secundaria y de formación profesional. Se espera que en el curso 2021-2022 los cursos presentados en este trabajo de investigación formen parte del catálogo de cursos de ECoVEM (European Centre of Vocational Excellence in Microelectronics) en el contexto del proyecto Erasmus+ de la Unión Europea.

Sin un sólido fundamento en física avanzada, estaría especulando indefinidamente sobre tecnologías futuristas sin llegar a entender si eran o no posibles. Comprendí que necesitaba sumergirme en las matemáticas avanzadas y estudiar física teórica. Y eso es lo que hice.

(Michio Kaku de "La Física de lo imposible", 2009)

7. Conclusions and future works

The work, hereby presented, stands on the objective to study and analyze the performance and acquisition degree of learning outcomes of secondary school students about electricity, electric signals, and basic microelectronics.

From the analysis of the results, we conclude that the hypotheses raised have been confirmed in the following terms:

- The establishment of a learning optimization methodology, based on the taxonomy of the cognitive-motor model through the application of which cognitive skills and motor skills have been worked together and in coordination, has been possible.

In relation to the articulation of the hypothesis, in order to describe the achievements of this research in detail, the following points are noted:

- The taxonomy of the cognitive-motor model has proven to be useful in two areas:
i) in the design of activities and courses for the acquisition of theoretical content and for the practice of the concepts and ii) in the quantification and evaluation of performance of students in the cognitive context and in the motor field and for the establishment of feedback channels and mutual relationship.

- The cognitive-motor taxonomic model has allowed the identification of the learning strategies used by groups of students for the assimilation of knowledge and the development of skills.
- The cognitive-motor taxonomic model is valid to assist teachers in the creation and design of didactic activities, through which the teaching-learning process has been optimized.
- The VISIR remote laboratory has proven to be a useful tool in the field of learning and practice of electrical and electronic circuits in secondary school students, observing benefits in its management as a technical resource and in savings for educational departments.
- Both, CMM model and VISIR remote laboratory, are perfectly aligned in the design of the courses and have formed a good tandem to improve the performance and assimilation of contents in most students.

In the process of the hypothesis's validation, various objectives have been set. As the main objective, the creation of the taxonomic learning model has been proposed, which has been designed from a study of the optimization of learning processes in the field of acquiring knowledge of electricity and electronics, according to the official curriculum of the subject, and of the development of motor skills of the students in relation to the practical activities of assembly and implementation of electrical circuits.

To meet the first specific objective, after establishing a bibliographic review of the different methodologies, both traditional and innovative implemented in the classroom in recent decades, certain reflections on teaching and learning have been established, in such a way to make possible the scheme of a historical view of the different approaches.

Thus, based on traditional instructional models, various notable initiatives have been presented in the world of education and psychology that have contributed significantly to educational development. The difference has been established between those methodologies that considered the individual as the product of the teaching-learning process and those that value the subjective everyone's reality, that is, those who ac-

cept that each learner develops their own learning strategies. In this sense, the proposals have been reviewed in which the individual is encouraged to practice the basic knowledge, and then to face the instructional phase, the constructivist theories concerned with a correct curricular design, the theory of how an individual assimilates the knowledge and skills through the own discovery of their strategies and the contributions that establish how learning is organized through taxonomies and learning cycles.

In line with the second specific objective, the design of the courses presented in this thesis has been carried out, and various massive open online courses (MOOCs) have been created and put into practice within the project for the resources and didactical materials production to cover the curricular needs of Electricity and Electronics of the courses of the first cycle of compulsory secondary education, from 1st to 3rd of ESO according to Spanish curricular development. The courses have been arranged into three courses in Spanish and three courses in English, fully operational and available for the educational community, and designed according to the taxonomy of the cognitive-motor model (CMM).

The CMM has been designed as a common environment for the design of activities focused on the acquisition of cognitive and motor skills. This common framework has been divided into the study of simple cognitive skills (soft cognitive skills), complex cognitive skills (hard cognitive skills), simple motor skills (soft motor skills) and complex motor skills (hard motor skills).

The activities included in the courses have been designed based on the establishment of the achievements for each of these skills and abilities and have been tested based on the evaluation criteria determined for each of these skills.

In addition, aware that none of the skills is developed by itself, the bases of quantification of the interrelation between them have been established, by assigning a series of parameters with which to measure their mutual interdependence. Consequently, it has been observed that the application of the taxonomy has not only allowed the meas-

urement and quantification of learning results but has also been revealed as a good tool to guide the teachers in the design and elaboration of didactic experiences.

As the third specific objective, the inclusion of the VISIR remote laboratory in the practical experiences has been foreseen. In the context of the experiences developed in this research, in which the VISIR remote laboratory for electrical measurements has been used as the basic technological element, different models of non-face-to-face laboratory and various experiences in this context have been reviewed, so in the higher education as in secondary education stage. This has made possible to establish a knowledge base on the concept and use of remote laboratories, from which the great basic similarities with face-to-face laboratories have been revealed, which focus on the use of instruments and the technical deployment necessary to conduct research on real physical devices.

Therefore, with this interpretation, the difference between remote laboratories has been established with respect to those virtualized simulation systems. The composition, constitution, and configuration of the VISIR remote laboratory has been addressed based on the specifications of its components, the instrumentation standards, the configuration and connections of its main parts and the virtualized user interface, through which the experiments are carried out. From this point on, the usefulness of remote laboratories in the school and academic environment has become evident based on the experiences of various authors.

Consequently, an analysis and study of the suitability of the VISIR remote laboratory of electrical measurements as a technical tool used in the tasks, activities and practices carried out throughout the didactic experiences has been made, achieving the sixth specific objective, and has remained patent the VISIR remote laboratory usefulness in the context of secondary education. Given the circumstances that occurred during the 2019-2020 academic year as, thus, of the confinement from March to May 2020 that the government authorities established, following the Sars-COV2 pandemic, the usage of the VISIR remote laboratory has been observed of importance for students to keep on working.

As the fourth specific objective, the integration of methodological and technical assets in carrying out the experiences has been proposed. The contents and experiences of the courses have been able to be fully implemented in the courses of the subject of Technology, Programming and Robotics with the students of the Ramiro de Maeztu secondary school in Madrid, Spain, and their results have been used for the preparation of this thesis.

Finally, to fulfill the fifth specific objective, the implementation of a learning analysis of the four experiences presented in this work has been determined. The latter analysis, as indicated above, has been conducted from the actions of the students in the four experiences that have formed this research work, which have been extended over four school years, applied to various groups of students in 1st, 2nd, and 3rd year of Compulsory Secondary Education. The experiences presented are aimed at learning the concepts, magnitudes and phenomena related to electricity and basic microelectronics, whereas the VISIR remote laboratory has been used for the execution of the work and practical activities.

The first of the experiences was approached by applying Bloom's taxonomy in the creation of a specific course, simultaneously applied for students of 1st and 2nd year of ESO, from which very good results were obtained in the aspect of the execution of the practices, which meant making the decision to use the VISIR remote laboratory as the technical resource for the rest of the experiences. It was observed, on the other hand, that the theoretical contents were at the level of the students of 2nd year of ESO who obtained a score close to 60 points out of 100.

On the other hand, the average of the students of 1st year of ESO did not reach 50 points out of 100. This difference of averages, statistically significant, led to the decision to create a specific course adapted to the level of 1st ESO students, in which comprehension would be worked primarily and assimilation of aspects related to basic electrical magnitudes and application of Ohm's law in basic circuits. This has meant an essential differentiation with the 2nd year ESO students, who will be able to address the nature and strategies for solving series, parallel and compound circuits.

Another evidence, interpreted as basic when splitting the courses, stands in the results of the learning analytics using Bloom's taxonomy. The 1st year ESO students obtained a low correlation between lower order cognitive skills (LOTS) and higher order (HOTS). This deficiency of correlation is interpreted as a lack in the students' management to develop their higher cognitive abilities sufficiently. On the other hand, the students of 2nd year of ESO have obtained a very high degree of correlation between both levels of cognitive skills.

These evidence, added to the impossibility of observing and measuring the development of motor skills as a source of assimilation of knowledge based on experience, motivated two major changes in the research. On the one hand, the contents and practices had to be different for both courses and, on the other, the need to design a new taxonomy that could include both types of skills, cognitive and motor, became clear.

Therefore, as part of the documentary research of this work, a study on taxonomic methodologies and pedagogical resources was approached, to design the taxonomy resulting from this research, the cognitive-motor model or CMM, which includes the study and analysis both cognitive skills and manipulative and motor skills. Therefore, the CMM taxonomy has served as a guide in the design of the second, third and fourth experiences.

Various learning outcomes have been presented, as the result of the analysis of these three experiences in two areas. On the one hand, a study of the performance of the participants in the experience has been carried out. To do this, performance quantification elements have been established to consider the performance of each of the participants in the face of the various tasks and have been assessed: i) their cognitive skills at the simple level and at the complex level, ii) their motor skills classified by simple (soft) and complex (hard) execution tasks and iii) the mutual interaction of both types of skills. With these measures and quantifications, it has been possible to establish a mapping of the learning strategy of each group of students (by type of laboratory used and by gender), although the door is left open to the individual mapping of each

participant, by means of which the representation of the type of learning strategy derived from the development of their cognitive and motor skills might be established.

In the second experience, despite the differences mentioned between 1st and 2nd year ESO students, it has been tried to apply in both courses so that there can be a comparison between the two, experience 1 and 2, with the only difference being the type of applied taxonomy. For this reason, experience 1 has been replicated in experience 2, using the VISIR remote laboratory and the curricular contents, with taxonomy being the differentiating element. Thus, two groups have been used, an experimental group that has used the remote VISIR laboratory and a control group, which has used devices typical of a face-to-face laboratory.

After the analysis of the experience, it has been possible to verify worse results in the cognitive field in both groups and similar results between groups in the motor field. A paradoxical issue has been observed: the number of errors in the motor domain made by students in the control group has been greater, while the number of students with perfect results in the motor domain has been higher in the experimental group.

From the comparison of the cognitive and motor parameters of the CMM model, no statistically significant differences have been observed between the experimental and control groups in 1st year students, except for those of simple cognitive skill (SC).

From the study of correlation between skills, a strong relationship between simple and complex motor skills has been observed in the first level of the course, while, in the second level, theoretically more difficult, a strong correlation has been found between simple and complex cognitive skills. This very interesting situation draws attention when designing courses of this nature where it seems that the assimilation of learning should focus on the development of motor skills initially and then address the theoretical contents.

For 2nd year ESO students, these extremes have been confirmed, to which it must also be added that new correlations have been observed between the different skills. We

have interpreted that these multiple strong correlations are due to an improvement in the learning strategy due to their maturity and knowledge of the subject. From the comparison between groups by type of laboratory, better results have been obtained in the experimental group that has used the VISIR remote laboratory than the face-to-face laboratory.

Additionally, the comparative study has been extended to the analysis of results by gender. In this case, female students have obtained similar results as male students in motor skills, but it has been observed that female students have better developed cognitive skills. This situation leads us to think that the way of coping with tasks between male and female students is different.

From mapping the relationships between each type of skill, a different strategy has been observed to address the activities, which makes the students carry out the problem-solving process more effectively and consequently, more efficiently. In a way, a better balance is observed in the female students in the application of skills from both areas, cognitive and motor, in the implementation of tasks.

In both groups, male and female, the skills correlation results have been like those obtained from the comparison of groups by type of laboratory, that is, the students have presented high correlation values between motor skills at levels of low difficulty of the course, while the correlation between cognitive skills in the levels of greater difficulty is stronger. We interpret these data from the point of view of practicality, that is, the first tasks of the course are based on contact activities with laboratory tools, which makes students improve their motor skills, while, in the stages of greater difficulty they develop an increase in cognitive abilities due to the accumulation of knowledge and experience. This finding is very interesting, because it establishes a sequence of activities determined for the correct development of skills and abilities. Establishing this statement from another point of view, we believe that it is a mistake to start activities from tasks related to solving problems of a theoretical nature, being more effective for students to start their work from practical approaches, with a certain inductive learning load. We think it's neither appropriate nor pedagogic to confront students with

huge amounts of formulas and theoretical proposals to approach the practice compared to the proposal of practical activities that consolidate the basic knowledge and skills, to progress in difficulty, delving more effectively in theoretical concepts.

On the other hand, a second learning analysis has been carried out, contrasting the responses to the activities carried out by the students with the records of the activities database of the VISIR remote laboratory system. Thus, it has been possible to verify the difficulties involved at these early ages in the use of the ammeter as a device for measuring electrical intensity, very different from the skill they have shown when it comes to measuring electrical resistance of a circuit or distribution of electrical voltages in the different parts of a circuit.

In the third experience designed for 3rd year ESO students from the CMM and with the VISIR remote laboratory as the only technical resource, the oscilloscope has been added as the instrumentation used to measure alternating current signals periods, frequencies, and amplitudes, both at the input and the output of a rectifier circuit. The difficulty that the use of this measuring device has posed for the participants in general has also been observed.

The strong correlation between motor skills in the first levels of the course has once again been confirmed, which decreases as the level of required knowledge increases. It has also been observed that regarding the use of the oscilloscope as an instrumentation device, there is a high correlation between both complex cognitive and motor skills.

Finally, the fourth experience, designed specifically for students of the first year of ESO with very low knowledge of electricity, has revealed very interesting results. The students have shown a good development of their simple cognitive and motor skills, which corroborates the results of previous experiences, in addition to having developed both in a coordinated way as indicated by the study of correlation between both types of skills. Good development of simple motor skills has also allowed good development of complex motor skills. Furthermore, it is observed that all those students

who have consolidated simple cognitive skills have also adequately developed complex cognitive skills. On the other hand, the group of students who have not sufficiently developed simple cognitive ability have obtained poor results in complex cognitive ability.

Thus, as a matter of conclusion, the importance of exploring the correct prior knowledge when tackling any task has been confirmed. In this way, misconceptions or basic knowledge are avoided. In addition, for a significant number of students, the laboratory has served to correct conceptual errors in their previous knowledge, to assimilate the theoretical concepts of the subject, and to strengthen the knowledge of magnitudes, which has been seen favored through the realization of circuit assemblies with the instrumentation in VISIR. This highlights the importance of considering learning as a cycle, in which the knowledge acquired becomes part of the prior knowledge to engage in a more complex stage of training.

Due to the confinement situation, the importance of using laboratories such as VISIR has been highlighted, which offer a certain degree of autonomy and allow adapting to the required learning pace of each student.

7.1. Future works

The research work has continued in the 2020-2021 academic year, in which two new didactic experiences were completed in the context of technological training in the field of Electricity and Electronics in the respective 2nd and 3rd year courses in Compulsory Secondary Education (CSE) at the Instituto Ramiro de Maeztu in Madrid (Spain). 119 students of 2nd year of CSE have participated in these new experiences, who have continued their training through the MOOC “Basic Electricity” and 85 students of the 3rd year of CSE course through the MOOC “Microelectronics: diodes and signals”. The results of these experiences have been like those presented in this thesis, with the exception that the absenteeism figures, lack of will in carrying out the practices and the rate of invention in the numbers of supposed measures have been drastically reduced from the knowledge of the events detected in the research experiences shown in this thesis.

Therefore, it can be ensured that, based on the research and conclusions obtained in this thesis, the new experiences that are carried out in the next courses will contribute to the optimization of the teaching and learning process. The teachers participating in the experience have been able to anticipate the aforementioned eventualities and the students have received more precise information on how to carry out the study and practice of the courses.

Therefore, in the following courses, both the design of courses through the taxonomy of the cognitive-motor model and the use of the VISIR remote laboratory, will be permanently incorporated into the curriculum of the Technology department of the *Instituto Ramiro de Maeztu* in Madrid.

A second consequence of the positive evaluation of the researched experiences will be the creation of new courses in the future that will be part of the department's resource catalog. Soon the course "Microelectronics: the bipolar transistor" will be open to students in its Spanish and English versions.

Third, a pending action as future work is the promotion of the tools in other secondary schools and vocational training. It is expected that in the academic year 2021-2022 the courses presented in this research work will be part of the catalog of courses of ECoVEM (European Center of Vocational Excellence in Microelectronics) in the context of the Erasmus + project of the European Union.

Currículum vitae



Manuel Blázquez-Merino, nacido en Madrid en 1969, es Ingeniero Técnico Industrial en Electricidad (1990) por la Universidad Pontificia de Comillas ICAI (España), e Ingeniero Industrial en Electrónica y Automática (2008) por la Universidad Nacional de Educación a Distancia - UNED (España).

Ha realizado esta tesis doctoral en 2022 en la especialidad de Aplicaciones Industriales, y de forma más específica en Ingeniería y Educación por la UNED, donde se aborda la creación del modelo cognitivo-motor (CMM), una taxonomía de aprendizaje y diseño de cursos y actividades, útil para optimizar el proceso de aprendizaje en el contexto de la educación secundaria. En dichos cursos se utiliza el laboratorio remoto VISIR como herramienta de ingeniería para la realización de circuitos y medidas eléctricas.

Es profesor de educación secundaria en el área de Tecnología desde 1996, con destino definitivo en el Instituto de Enseñanza Secundaria "Ramiro de Maeztu" en Madrid desde 2010, donde ha sido jefe de estudios de la Sección Bilingüe de Inglés en el periodo 2010-2014. Previamente, ha trabajado en el instituto de educación secundaria "García Morato" de Madrid, donde fue jefe de estudios en el periodo 2000-2008.

En 2008 inició su actividad investigadora como investigador colaborador del departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Control, Telemática y Química Aplicada a la Ingeniería de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), donde desde 2021 como profesor tutor de prácticas. Desde 2011 es profesor en la Universidad Antonio de Nebrija en el Máster de Formación del Profesorado, en el máster en educación bilingüe y en el doble grado bilingüe de Educación Infantil y Primaria. En 2021, también se ha

integrado en el equipo de profesores del máster universitario en industria 4.0 de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR).

Miembro de IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) desde 2009, ha contribuido como coeditor de la conferencia internacional IEEE EDUCON 2010 en Madrid, España. Ha trabajado como parte del comité del programa de conferencias para varios congresos internacionales de IEEE, así como conferencias nacionales españolas como TAAE en sus ediciones de 2010 a 2020.

Manuel Blázquez-Merino recibió el premio al Mejor Trabajo Fin de Carrera de Ingeniería 2009 por la Sociedad Educativa del Capítulo Español de IEEE por el trabajo "Creación semiautomática de objetos de aprendizaje y metaanálisis de publicaciones históricas en conferencias TAAE" y el Premio a la Excelencia Docente 2016 en la Universidad Antonio de Nebrija en el proceso de evaluación Docente.

Es autor de más de 30 artículos de conferencias y revistas científicas y de una veintena de libros de texto para educación secundaria y bachillerato en el área de Tecnología y Computación, publicados por editoriales como Anaya, Santillana, Bruño y Algaida, así como autor en la realización de cursos y actividades para Oxford University Press.

Ha trabajado como Ingeniero de Fabricación en las empresas tecnológicas Ena Telecomunicaciones (1998-1990) e Indra (1990-1993), como ingeniero de patentes en la firma Uryas Patentes y Marcas (1993-1995), y como desarrollador de aplicaciones para el dimensionado de redes de gas natural en Remica SA (1995-1996).

Bibliografía

- Abdelkarim, O., Ammar, A., Chtourou, H., Wagner, M., Knisel, E., Hökelmann, A., Bös, K. (2017) *Relationship between motor and cognitive learning abilities among primary school-aged children*. Alexandria Journal of Medicine, 53:4, 325-331, Disponible en DOI: 10.1016/j.ajme.2016.12.004. Última visita en 15 de Julio de 2021.
- Aburdene, M. F., Mastascusa, E. J., Massengale, R., Grayson L. P. (1991) *A Proposal for a Remotely Shared Control-systems Laboratory*. Frontiers in Education: Engineering Education in a New World Order, 1991, pp.589-592.
- Adams, N. E. (2015) *Bloom's taxonomy of cognitive learning objectives*. Journal of Medicine Library Association 103(3) July 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.3163/1536-5050.103.3.010>. Disponible en línea en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4511057/>. Última visita en 13 de julio de 2021.
- Adeyemi, S.A. (2012) *Developing Critical Thinking Skills in Students: A Mandate for Higher Education in Nigeria*. European Journal is Educational Research. Vol. 1, No. 2, 155-161.
- Anderson, L. (2001) *Taxonomy of educational objectives*. Encyclopaedia of Educational Theory and Philosophy Anonymous Sage Publications, 01, pp. 789-791.
- Anderson, L. W., Krathwold, R. (eds) (2001) *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*.
- Arguedas-Matarrita, C., Beatriz Concari, S., García-Zubía, J., Marchisio, S., Hernández-Jayo, U., Alves, G. R., Uriarte-Canivell, I., Conejo Villalobos, M., Gustavsson, I., Ureña Elizondo, F. (2017) *A teacher training workshop to promote the use of the VISIR Remote Laboratory for electrical circuits teaching*. 4th Experiment@ International Conference (exp.at'17) June 6th – 8th, 2017, University of Algarve, Faro, Portugal.
- Arias Navarro, E., Arguedas-Matarrita, C. (2018) Fortaleciendo la enseñanza de la física en un colegio científico costarricense mediante el uso del laboratorio remoto VISIR. Virtualidad, Educación y ciencia (VEsC) - Año 9 - Número 16 - 2018: 131-141. Disponible en <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/vesc/editor/submission/20478>. Última visita 25 de julio de 2021.
- Arriaga, J., Pescador, F., Blázquez-Merino, M., Castro, M., Quintans, C., Morales, A., Aguilar, J.D. (2016) Centro de Recursos para la Enseñanza y el Aprendizaje de Electrónica. Libro de Actas TAEE 2016. ISBN 978-84-608-9298-4. Páginas 242-249.
- Atkinson, R.C., Shiffrin, R.M. (1968) *Chapter: Human memory: A proposed system and its control processes*. In Spence, K.W.; Spence, J.T. (eds). The psychology of learning and motivation. 2. New York: Academic Press. pp. 89–195.
- Ausubel, D.P. (1976) Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo. 1ª ed. México. Editorial Trillas.
- Ausubel, D. P. (1962) *Learning by discovery*. Association for Supervision and Curriculum Development.

- Ausubel, D. P. (1971) *Educational Psychology as a Discipline for Prospective Teachers*. Paper presented at annual meeting, AFRA, New York. U.S. Department of Health, Education and Welfare Office of Education.
- Barnes, M. and Caprino, K. E. (2016) *Analyzing service-learning reflections through Fink's taxonomy*. The University of Georgia and the University of Florida, USA. *Teaching in Higher Education*, 2016. Vol. 21, No. 5, 557–575.
<http://dx.doi.org/10.1080/13562517.2016.1160221>.
- Berger, A. S. (2017) *An Internet-based remote lab for undergraduate EE courses*. Remote EE Laboratory Environment Session. Paper ID #19715. ASEE Annual Conference, Columbus, OH, 2017.
- Bergmann, J. and Sams, A. (2012) *Flip your classroom: reach every student in every class every day*. ISBN 978-1-56484-315-9. International Society for Technology in Education.
- Blázquez-Merino M., García-Loro F., Plaza-Merino P., San Cristóbal, E., Lopez-Rey, A., Castro, M., Albert, M.J. (2019) *Gender comparative research on learning strategies applying the cognitive-motor model methodology and VISIR remote lab*. *Computer Applications in Engineering Education 2019; Volume 27, Issue 4 July 2019*, Pages 869-884.
<https://doi.org/10.1002/cae.22121>.
- Blázquez-Merino, M., Macho, A., Baizán, P., García, F., San Cristóbal, E., Díaz, G., Castro, M., Plaza, P. (2018) *Experiencia Didáctica en la Escuela Secundaria con el Laboratorio Remoto VISIR*. TAAE 2018. XIII Congreso sobre Tecnologías, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica, (Bianual). págs. 299-308 (10). Organizador: Universidad de La Laguna. ISBN: 978-84-09-03113-9, 20 al 22 de junio de 2018, Tenerife (España).
- Blázquez-Merino, M., Macho-Aroca, A., Baizán-Álvarez, P., García-Loro, F., San Cristóbal, E., Díaz, G. y Castro, M. (2018) *Structured MOOC designed to optimize Electricity learning at Secondary School*. IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON 2018) – Emerging Trends and Challenges of Engineering Education, (Anual). págs. 229-238 (10). Universidad de la Laguna, ISBN: 978-1-5386-2957-4, 17-20 de abril de 2018, Santa Cruz de Tenerife (España).
- Blázquez-Merino, M., Macho-Aroca, A., Baizan-Alvarez, P., Garcia-Loro, F., San Cristóbal, E., Díaz, G. y Castro, M. (2018) *Use of VISIR remote lab in secondary school: didactic experience and outcomes*. REV 2018 – 15th International Conference on Remote Engineering & Virtual Instrumentation - Smart Industry & Smart Education, (Anual), págs. 133-142 (10 págs. en USB). International Association of Online Engineering (IAOE), GOLC (Global Online Laboratory Consortium), University of Applied Sciences Duesseldorf (Alemania). Springer-Verlag, 21 al 23 de marzo, 2018, Duesseldorf (Alemania).
- Blázquez-Merino, Manuel. (2017) *Diseño de experiencias didácticas constructivistas con laboratorios remotos en el contexto de la Educación Tecnológica en la etapa de Secundaria mediante la taxonomía de Bloom-Anderson*. Trabajo de Investigación para el Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales. Dirección: Manuel A. Castro Gil. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Control, Telemática y Química aplicada a la Ingeniería. E. T. S. Ingenieros Industriales. Universidad Nacional de Educación a Distancia – UNED.

- Bloom, B. S., Englehart, M. D., Furst, E. J., Hill, W.H., Krathwohl, D.R. (1956) *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. New York: David McKay Company.
- Bragós, R., Sánchez Terrones, B., Guasch, A., Garófano, F. (2010) *A remote laboratory to promote the interaction between University and Secondary Education*. *IEEE EDUCON Education Engineering 2010 - The future of global learning engineering education*. Abril 14-16, Madrid, Spain, 978-1-4244-6571-2/10/\$26.00. IEEE, 2010. *Proceedings* pp. 345-352.
- Bruner, J. (1960) *The process of education*. Harvard University Press. 25th printing 1999.
- Buffone, G.D., Parenti, S.D. (2015) Bases anatómico-funcionales para el aprendizaje motor. 11º Congreso Argentino de Educación Física y Ciencias, 28 de septiembre al 10 de octubre de 2015, Ensenada, Argentina. En Memoria Académica. Disponible en: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.7289/ev.7289.pdf. Último acceso en 17 de julio de 2021.
- Büchel, F. P., Schlatter, C. and Scharnhorst, U. (1997) *Training and assessment of analogical reasoning in students with severe learning difficulties*. In *Educational and Child Psychology*, 14 Google Scholar, 109–120.
- Camps-Cura, E. (2016) *The impact in Human Capital on Economic Development: an empirical exercise based on height and years of schooling in Spain (1881-1998)* Universidad Pompeu Fabra. Barcelona. Disponible en: https://www.upg.edu/web/e-noticies/categorias/-/asset_publisher/wEpPxsVRD6Vt/content/id/7233973/maximized#.Xc_arKguk0M. Última visita: 16 de noviembre de 2021.
- Cañas, A., Martín-Díaz, M. J., y Nieda, J. (2007), *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico*. Alianza Editorial, Madrid.
- Capuz-Rizo, S. F. y García Sáez, E. (2015) Caracterización de los sistemas de producto-servicio. Análisis de los casos de estudio. Libro de actas del *19th International Congress on Project Management and Engineering*, Granada, España.
- Carro, G. (2014) Sistema de integración de laboratorios remotos de Robótica (SiLaRR): laboratorio remoto de robótica, escalable, versátil y modular. Tesis Doctoral presentada en el Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de la UNED. Dirección: Dr. Manuel Castro Gil. Codirección: Dr. Francisco Mur Pérez.
- Ceballos, Á. (2004) *La Escuela Tradicional*. Universidad Abierta de Méjico. Disponible en <https://bit.ly/3gYOxNd>. Última visita: 16 de junio de 2021.
- Chevron, M.P. (2014) *A metacognitive tool: Theoretical and operational analysis of skills exercised in structured concept maps*. *Centre d'Enseignement et de Recherche Francophone pour l'Enseignement au secondaire. Perspectives in Science* (2014) 2, 46-54.
- Claesson, L. y Håkansson, L. (2012) Using an Online Remote Laboratory for Electrical Experiments in Upper Secondary Education. *International Journal of online biomedical engineering*. Special focus paper iJOE – Volume 8, Special Issue 2: "exp.at'11", March 2012 pps.24-30. <http://dx.doi.org/10.3991/ijoe.v8iS2.1941>. Última visita: 25 de julio de 2021.
- Cohen, J. (1988) *Set Correlation and Contingency Tables*. *Applied Psychological Measurement*, 12(4), 425–434. <https://doi.org/10.1177/014662168801200410>.

- CPCAM - Consejería de Presidencia de la Comunidad de Madrid (2015) Decreto 48/2015, de 14 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria. B.O.C.M. Núm. 118 de miércoles 20 de mayo de 2015. Páginas 10-309.
- Cuadros, J.; González, L.; Romero, S.; Guenaga, M. L.; García-Zubia, J.; Orduña, P. (2020) *Educational Data Mining in an Open-Ended Remote Laboratory on electric circuits. Goals and preliminary results. Proceedings of the 8th International Conference on Educational Data Mining* pps.578-579.
- da Costa, R. D.; Fontoura de Souza, G.; Barros de Castro, T.; de Medeiros, V., Ricardo A., de Pinho Dias, A. (2020) *Identification of Learning Styles in Distance Education Through the Interaction of the Student with a Learning Management System*. IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, Vol 15, No. 3. agosto de 2020 - Pages (148-159).
- Deniz, D. Z., Bulancak, A., Özcan, G. (2003) *A novel approach to remote laboratories*. 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference Proceedings. November 6 - 9, 2002, Boston, MA.
- Dewey, J. (1910) *How we think*. Lexington MA: D.C. Heath Co. Reprinted with the permission of the Center for Dewey Studies, Southern Illinois University at Carbondale.
- Díaz Barriga, Á. (2006) El enfoque de competencias en la educación: ¿Una alternativa o un disfraz de cambio?. *Perfiles educativos*, 28(111), 7-36. Recuperado en 13 de julio de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982006000100002&lng=es&tlng=es.
- Dintsios, N., Artemi, S., Polatoglou, Ha. (2018) *Acceptance of Remote Experiments in Secondary Students*. Disponible en <https://doi.org/10.3991/ijoe.v14i05.8678> . Última visita en 25 de julio de 2021.
- Dziabenko, O. y García-Zubía, J. (eds) (2013) *IT Innovative Practices in Secondary Schools: Remote Experiments*. Universidad de Deusto. Bilbao - ISBN 978-84-15772-01-9.
- Eisner, E. W. (2000) Benjamin Bloom (1913–1999) *Perspectivas: revista trimestral de educación comparada*. París. UNESCO: Oficina Internacional de Educación, vol. XXX, n°3, septiembre 2000, págs. 423-432.
- Eppes, T., Schuyler, P. (2004) *Work in Progress - A Distance Laboratory System Using Agilent Test Equipment*. *Frontiers in Education 2004 proceedings*. Pps. T3C-20-21.
- Evangelista, I., Farina, J.A., Pozzo, M.I., Dobboletta, E., Alves, Gustavo R., García-Zubía, J., Hernández, U., Marchisio, S. T., Concari, S. B., Gustavsson, I. (2017) *Science Education at High School: a VISIR Remote Lab Implementation. 2017 4th Experiment@ International Conference (exp.at'17) June 6th – 8th, 2017, University of Algarve, Faro, Portugal*. 978-1-5386-0810-4/17/\$31.00 ©2017 IEEE.
- Fink, L. D. (2013) *Creating Significant Learning Outcomes: An Integrated Approach to Designing College Courses*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- García, A. A., Berenguel, M., Gúzman, J.L., Dormido, S., Domínguez, M. (2005) Laboratorio remoto para el proceso de los cuatro tanques y su aplicación en docencia de control multivariable (2005) *Actas de las IV Jornadas de Enseñanza a través de Internet/Web de la Inge-*

- nería de Sistemas y Automática, EIWISA2005 (CEA-IFAC), pp.3-8. ISBN: 84-9732-451-X, Thomson.
- García-Alzórriz, J.A., Alcaraz, O., Fillet, S., López, J. y Torres, R. (2000) El Centro de Experimentación Remota de Ingeniería: un proyecto para la formación no presencial en ingeniería a través de Internet. Libro de Actas del Congreso TAAE 2000. Disponible en <http://espacio.uned.es/fez/view/taee:congreso-2000-1127>. Última visita: 24 de marzo de 2020.
- García-Loro, F., Cristóbal, E. S., Diaz, G., Castro, M., Orduña, P., Kulesza, W., Lehtikangas, E. (2019) *PILAR: Sharing VISIR remote labs through a federation*. In IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON (Vol. April-2019, pp. 102–106) IEEE Computer Society. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2019.8725093>.
- García-Loro, F., San Cristóbal, E., Diaz, G., Macho, A., Baizán, P., Blázquez-Merino, M., Castro, M., Plaza, P., Orduña, P., Auer, M., Kulesza, W., Gustavsson, I., Nilsson, K., Fidalgo, A., Alves, G., Marques, A., Hernandez.Jayo, U., Garcia-Zubia, J., Kreiter, C., Pester, A., Tavio, R., Valtonen, K. y Lehtikangas, E. (2018) *PILAR: a Federation of VISIR Remote Laboratory Systems for Educational Open Activities*. TALE 2018, IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering: Engineering Next-Generation Learning, (Anual), págs. 264-271. ISBN:978-1-5386-6521-3, Del 4 al 7 de diciembre de 2018, Wollongong (Australia).
- García-Loro, F. (2018) Evaluación y Aprendizaje en Laboratorios Remotos: propuesta de un Sistema automático de evaluación Formativa aplicado al laboratorio remoto VISIR. Tesis doctoral. Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales. Director: Manuel Castro Gil. Codirector: Sergio Martín Gutiérrez. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).
- García-Loro, F., Macho, A., San Cristóbal, E., Diaz, G., Castro, M., Kulesza, W., Gustavsson, I., Nilsson, K., Fidalgo, A., Alves, G., Marques, A., Hernández-Jayo, U., Garcia-Zubia, J., Kreiter, C., Oros, R., Pester, A., Garbi-Zutin, D., Auer, M., García-Hernández, C., Tavio, R., Valtonen, K., lehtikangas, E. (2018) *Experimenting in PILAR Federation: A Common Path for the Future*. *EDUCON-2018 proceedings*. 978-1-5386-2957-4/18/\$31.00 ©2018 IEEE 17-20 Abril, 2018, Santa Cruz de Tenerife, Spain. *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*.
- García-Loro, F.; San Cristóbal, E., Díaz, G., Castro, M., Baizán, P., Fernández, M., Blázquez-Merino, M., Macho, A., Fidalgo, A., Alves, G., Marques, A., Hernández-Jayo, U., García-Zubia, J., Kreiter, C., Pester, A., Wlodek, K., Nilsson, K., Valtonen, K., Lehtikangas, E., García, C., Tavio, R., Ursutiu, D., Auer, M., Orduña, P. (2019) Informe Final. *Platform Integration of Laboratories based on the Architecture of visiR – PILAR PROJECT Number:2016-1-ES01-KA203-025327 Erasmus+ - Strategic Partnerships for Higher Education - UNED, ISEP, Universidad de Deusto, CUAS, BTH, OMNIA, EVM, IAoE, Labsland/DeustoTech*.
- García-Zubia, J., Angulo, I., Hernandez, U., Castro, M., San Cristóbal, E., Orduña, P., Irurzun, J., Ruiz de Garibay, J. (2010) *Easily Integrable platform for the deployment of a Remote Laboratory for microcontrollers*. *IEEE EDUCON Education Engineering 2010 - The future of global learning engineering education*. 14-16 de April, Madrid, España, 978-1-4244-6571-2/10/\$26.00. IEEE, 2010. *Proceedings* pp. 327-333.
- García-Zubia, J., Cuadros, J., Romero, S., Hernández-Jayo, U., Orduña, P., Guenaga, M., González-Sabate, L., Gustavsson, I. (2017) *Empirical Analysis of the Use of the VISIR Remote Lab*

in Teaching Analog Electronics. IEEE Transactions on Education, Vol.60, N.2, May 2017. 0018-9359. 2016 IEEE.

- García-Zubía, J., Cuadros, J., Alves, G. R.; Serrano, V., Hernández-Jayo, U., Fidalgo, A. (2019) *A framework for interpreting experimental errors in VISIR*. 5th Experiment@ International Conference (exp.at'19) June 12th-14th, 2019, University of Madeira, Funchal, Madeira, Portugal.
- Gil Ortego, R., Martín Alonso, B., Losada de Dios, García Loro, F., Blazquez-Merino, M., Tzanova, S., Castro Gil, M. (2018) *Open Educational Resources in Microelectronics framed in the MicroElectronics Cloud Alliance Project*. The Online, Open and Flexible Higher Education Conference 2018, EADTU: OOFHEC2018, Blended and online Learning: Changing the Educational Landscape, (Anual), págs. 13 (192-204) Editores: Ubachs, G. y Joosten-Aadriaanse, F. Organizador: EADTU y The Aahrus University, ISBN: 978-90-79730-35-3, 10 al 12 de octubre de 2018, Aahrus (Dinamarca).
- Global Campus Nebrija (2016) Metodología de enseñanza y para el aprendizaje. Recuperado de <https://www.nebrija.com/nebrija-global-campus/pdf/metodologia-ensenanza-aprendizaje.pdf> Última visita: 13 de julio de 2020.
- Gómez, J. (2003) El Homo Ludens de Johan Huizinga. Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación, (4), 33-35.
- Goñi, J.M., (2005), El espacio europeo de educación superior, un reto para la universidad, Octaedro/ICE-UB, Barcelona.
- Guamán, V. J., Espinoza Freire, E. E., y Herrera Martínez, L. (2020) Fundamentos psicológicos de la actividad. Disponible en <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/1307>. Última visita: 13 de Julio de 2020.
- Guimaraes, E. G., Cardozo, E., Moraes, D.H., Coelho, P. R. (2011) *Design and implementation issues for modern remote laboratories*. IEEE Transactions on Learning Technologies, Vol. 4, N. 2, April-June 2011, pages 149-161.
- Gustavsson, I. (2007) *The VISIR Project - An Open-Source Software Initiative for Distributed Online Laboratories*. Recuperado del libro de actas de la conferencia *Remote Engineering & Virtual Instrumentation (REV '07)*, Junio 2007.
- Gustavsson, I. (2001) *Laboratory experiments in distance learning. Proceedings of the ICEE 2001 Conference August 6 - 10, 2001. Oslo/Bergen, Norway*. Disponible en: <http://www.ineer.org/>. Último acceso: 10 de abril de 2020.
- Hadi, S.A. et al. (2018) *Training of Students' Critical Thinking Skills through the implementation of a Modified Free Inquiry Mode*". Journal of Physics: Conf. Ser. 947 012063.
- Hänsch Beuren, F., Gitirana Gomes Ferreira, M., Cauchick Miguel, P. A. (2013) *Product-service systems: A literature review on integrated products and services*. Journal of Cleaner Production 47:222–231. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.028>. Última visita 20 de julio de 2021.
- Hartig, J., Klieme, E., Leutner, D. (2008) *Assessment of Competencies in Educational Contexts*. Hogrefe Publishing, 2008 - ISBN: 9781616762971.

- Hernández-Jayo, U. (2012) Metodología de control independiente de instrumentos y experimentos para su despliegue en laboratorios remotos. Tesis doctoral de la Universidad de Deusto. Director Dr. Javier García Zubía.
- Heuer, H., Lüttgen, J. (2015) *Robot assistance of motor learning: A neuro-cognitive perspective. Neuroscience and bio-behavioural reviews* 56 p. 222-240.
- Huitt, W., & Hummel, J. (2003) *Piaget's theory of cognitive development. Educational Psychology Interactive. Valdosta, GA: Valdosta State University*. Recuperado de: <http://www.edpsycinteractive.org/topics/cognition/piaget.html> . Última visita en 4 de noviembre de 2021.
- Huizinga, J. (1938) *Homo Ludens*. Alianza Editorial. ISBN: 978-84-206-3539-2. Edición 2007.
- IVI especificaciones. (2020) IVI Foundation. Disponible en: <https://www.ivifoundation.org/specifications/>. Última visita 12 de abril de 2021.
- Katić, R., Bala, G., Barović, Z. (2012) *Gender Differentiations of Cognitive-Motor Functioning in Prepubertal and Pubertal Children*. *Collegium Antropologicum* 36(2):563-72.
- Kim H., Duran, C.A.K.; Cameron, C.E.; Grissmer, D. (2018) *Developmental Relations Among Motor and Cognitive Processes and Mathematics Skills. Child Development, March/April 2018, Volume 89, Number 2, Pages 476–494*. Disponible en: <https://srcd.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cdev.12752>. Accedido en 15 de julio de 2021.
- Klauer, K. J., Phye, G. D. (1994) *Cognitive Training for Children*. Seattle Google Scholar: Hogrefe and Huber Publishers.
- Kocijancic, S., Colm, O. (2002) *Integrating virtual and true laboratory in Science and Technology Education. 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference Proceedings. November 6 - 9, 2002, Boston, MA*.
- Kolb, D. A. (1984) *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kortegast, C., Davis, J. (2017) *Theorizing the Self: Digital Storytelling, Applying Theory, and Multimodal Learning. College Teaching*, 65(3), 106–114. Disponible en <https://doi-org.ezproxy.nebrija.es/10.1080/87567555.2016.1255584>. Última visita: 3 de septiembre de 2021.
- Lakonpol, T., Ruangsuwan, C., Terdtoon, P. (2015) *Development of web-based learning environment model to enhance cognitive skills for undergraduate students in the field of electrical engineering. Educational Technology and Communications, Faculty of Education, Thailand. Full Length Research Paper. Educational Research and Reviews. Vol. 10(21), pp. 2806-2813, Article Number: 7B7C9F656074. November 2015 DOI: 10.5897/ERR2015.2470*.
- Lima, N., Viegas, C., Alves, G., & García-Peñalvo, F. J. (2016) *VISIR's Usage as an Educational Resource: a review of the Empirical Research*. In F. J. García-Peñalvo (Ed), *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'16)* (Salamanca, Spain, November 2-4, 2016) (pp. 893-901) New York, NY, USA: ACM. doi:10.1145/3012430.3012623.

- Lindahl, M., Sakao, T. (2009) *Introduction to Product/Service-System Design*. ISBN: 978-1-84882-908-4. Springer-Verlag London 2009. DOI: 10.1007/978-1-84882-909-1. Última visita en 20 de octubre de 2021.
- Liu, Y., Angststadt, M., Taylor F., Stephan, F., Kate D. (2017) *The typical development of posterior medial frontal cortex function and connectivity during task control demands in youth 8–19 years old*. HHS Public Access. *Neuroimage*. Author manuscript available in PMC 2017 August 15.
- López, S., Carpeño, A., Arriaga J., Ruiz, M. (2014) Utilización del Laboratorio Remoto eLab3D en la Enseñanza de la Electrónica Analógica. Libro de Actas de TAAE 2014.
- Luque, A., Palacios, J. (1992) Inteligencia sensoriomotora. En Jesús Palacios, Álvaro Marchesi y Cesar Coll (comps) *Desarrollo psicológico y educación*, 1. Madrid Alianza Editorial.
- Lustig, F., Lustigova, Z., Novotna, V., Malčík, M. (2012) *The Role of E-Labs in Promoting the Conceptual Understanding of Science Students*. The new Educational Review pages. 56-69. ISSN 1732-6729.
- Macho, A., Garica Teruel, M., Baizan, P., Blazquez-Merino, M., Garcia-Loro, F., San Cristóbal, Diaz, G., Gil, R., Castro, M. (2017) *Dynamic Configuration in FPAA and its Use in Education*. FIE 2017, ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference – Educating Our Future, Honoring Our Past, (Anual), págs. 1-7 (7 págs. en USB) Organizador: ASEE/IEEE, ISBN: 978-1-5090-5920-1, 18. 1 de octubre de 2017, Indianapolis, IN (USA).
- Machotka, J., Nedic, Z., Nalfalski, A. and Gol, O. (2009) *A Remote Laboratory for Collaborative Experiments*. 2009 ASEE Proceedings. Annual Conference & Exposition "Incorporating Diversity and Globalization in Engineering Education" June 14 - 17, 2009 - Austin Convention Center.
- Maiti, A. (2016) *Enabling Peer-to-Peer Remote Experimentation in Distributed Online Remote Laboratories*. Tesis doctoral. School of Mechanical and Electrical Engineering - Faculty of Health, Engineering and Sciences. University of Southern Queensland, Australia.
- Marina, J.A., Pellicer, C. (2015) *La inteligencia que aprende*. Santillana Educación, S. L. ISBN: 978-84-680-2557-5.
- Martínez, J. (2019) Percepciones de estudiantes y profesores acerca de las competencias que desarrollan los videojuegos. *Pensamiento Educativo*, 56(2), 1–21. Recuperado de: <https://doi-org.ezproxy.nebrija.es/10.7764/PEL.56.2.2019.3>. Última visita: 3 de enero de 2020.
- Marzano, R. J., Pickering, D.J. (2017) *Dimensions of Learning. Teacher's Manual*. ASCD - Association for Supervision and Curriculum Development. Second Edition, 1997.
- MECD - Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de España (2014) Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado de sábado 3 de enero de 2015 Sec. I. Pág. 169-546. D. L.: M-1/1958 - ISSN: 0212-033X.
- MECD - Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015) Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. Disponible en BOE num. 25 de 29 de enero. Pps. 6986 – 7003. Sección Dispo-

- siciones generales. Permalink ELI: <https://www.boe.es/eli/es/o/2015/01/21/ecd65>. Última visita: 14 de julio de 2020.
- MEFP - Ministerio de Educación y Formación Profesional del Gobierno de España (2020) Currículo y competencias clave. Disponible en la dirección: <http://www.educacionyfp.gob.es/educacion/mc/lomce/curriculo/competencias-clave/competencias-clave/ciencias.html>. Accedido el 17 de julio de 2020.
- Meneses Benítez, G. (2007) NTIC, interacción y aprendizaje en la Universidad. Universidad Rovira i Virgili. ISBN:978-84-691-0359-3/DL: T.2183-2007.
- Miranda Torquemada, A.M., Blázquez-Merino, M. (2020) Aplicación de metodología interdisciplinar en la asignatura de Tecnología de 3º de ESO. Universidad Antonio de Nebrija.
- Monroy, Victor M., Calderón, Juan de Dios, Miranda, José C. (2005) *Taking the lab into the classroom: Using mobile technology to monitor and receive data from CNC machines. Journal of Manufacturing Systems, Volume 24, Issue 3, 2005, Pages 266-270, ISSN 0278-6125, DOI: 10.1016/S0278-6125 (06) 80017-8.*
- Montgomery, P. C., Connolly, B. H., Hixon, S. (1993) *Motor Control and Physical Therapy, Pediatric Physical Therapy: Summer 1993 - Volume 5 - Issue 2 - p 97.*
- Moreira, M.A., y Greca, I. M. (2003) Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 301-315, 2003.
- Moreno Lucas, F.M. (2015) La utilización de los materiales como estrategia de aprendizaje sensorial en infantil. *Opción*, 31(2),772-789. Consultado el 17 de Julio de 2021. ISSN: 1012-1587. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=310/31045568042>.
- Moseley, D., Baumfield, V., Elliott, J., Higgins, S., Miller, J., Newton, D., Gregson, M. (2005) *Frameworks for Thinking: A Handbook for Teaching and Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511489914.
- Mozuelos, R., Allende, M.A., Martínez, M., Bracho, S. (2002) Laboratorio remoto de test: Caracterización de un convertidor analógico–digital. Libro de Actas del Congreso TAAE 2002. Disponible en <http://e-spacio.uned.es/fez/view/taee:congreso-2002-1051>. Última visita: 14 de julio de 2021.
- National Instruments – sitio web oficial: Labview. (2021) Disponible en: <https://www.ni.com/es-es/shop/labview.html>. Última visita: 10 de abril de 2021.
- Nedic, Z., Machotka, J. F. (2007) *Remote laboratory NetLab for effective teaching of 1st year engineering students. International Journal of Online Engineering*, vol. 3, pp. 1–6.
- Nieda, J., Macedo, B. (1998) Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años, OEI-UNESCO, Santiago. Disponible en: <http://www.oei.es/oeivirt/curricie/index.html> Última visita: 28 de abril de 2021.
- Orduña, P., Rodríguez-Gil, L., López-de-Ipiña, D., García-Zubia, J. (2016) Sharing Remote Labs: A case study. <http://dx.doi.org/10.3991/ijoe.v9iS1.2348>. Special Focus Paper. DeustoTech, Universidad de Deusto, Bilbao, Spain. <http://www.i-joe.org>.
- Orduña, P. (2013) *Transistive and scalable federation model for remote laboratories*. Tesis doctoral presentada en Bilbao y dirigida por el Dr. Javier García Zubia. Universidad de Deusto.

- Orduña, P., Rodríguez-Gil, L., López-de-Ipiña, D., García-Zubia, J. (2013) *Sharing Remote Labs: A Case Study. International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)* – eISSN: 2626-8493. <http://dx.doi.org/10.3991/ijoe.v9iS1.2348>.
- Orduña, P., Rodríguez-Gil, L., García-Zubia, J., Angulo, I., Hernández, U., Azcuenaga, E. (2016) *LabsLand: A sharing economy platform to promote educational remote laboratories maintainability, sustainability and adoption" 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Erie, PA, USA, 2016, pp. 1-6.*
- Ormrod, J. E., (2005) *Aprendizaje humano*. Madrid. Pearson Educación. Disponible en: <https://www.academia.edu/download/45066834/Aprendizaje-Humano.pdf>. Última visita: 14 de julio de 2021.
- Papert, Seymour (2000) *Child Power: Keys to the New Learning of the Digital Century*. Conferencia del autor en el 11º Colin Cherry Memorial Lecture on Communication on June 2, 1998, at the Imperial College in London. Disponible en <https://bit.ly/3iXX2K6>. Última visita: 14 de julio de 2021.
- Parada Rodriguez, N., Ruiz de Galarreta Galán, I. (2013) *Visible Thinking: Application and Evaluation of Thinking Routines in Primary Education*. Universidad de Deusto. Recuperado de: <https://bit.ly/2WqWYZS>. Última visita: 17 de julio de 2020.
- Partarrieu, A. (2011) Diálogo socrático en psicoterapia cognitiva. III Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XVIII Jornadas de Investigación Séptimo Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. Disponible en la URL: <https://www.aacademica.org/000-052/236>. Última visita: 16 de diciembre de 2020.
- Pastor Vargas, R. (2006) *Especificación formal de laboratorios virtuales y remotos: Aplicación a la Ingeniería de Control*. Tesis Doctoral. Presentada en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de la Universidad Nacional de Educación a Distancia.(UNED).
- Patrick, J. (1992) *Training: Research and practice*. Academic Press, San Diego CA.
- PC/104 standard consortium. (s.a.) Disponible en: http://www.pc104.org/technology/reg_info.html. Última visita: 27 de abril de 2021.
- Peixoto, A., Castro, M., Blazquez, M., Martín, S., San Cristóbal, E., Carro, G., Plaza, P. (2018) *Robotics Tips and Tricks for Inclusion and Integration of Students. IEEE Global Engineering Education Conference EDUCON 2018 (Anual)* págs.2043-2047 (4) Organizador: IEEE-ES, Universidad de la Laguna, ISBN: 978-1-5386-2957-4, 17-20 de abril de 2018, Santa Cruz de Tenerife (España).
- Peixoto, A., González González, C.S., Strachan, R., Plaza, P., Martínez, M.A., Blazquez, M. y Castro, M. (2018) *Diversity and Inclusion in Engineering Education: Looking Through the Gender Question. IEEE Global Engineering Education Conference EDUCON 2018 (Anual)* págs. 2077-2081 (5) Organizador: IEEE-ES, Universidad de la Laguna, ISBN: 978-1-5386-2957-4, 17-20 de abril de 2018, Santa Cruz de Tenerife (España).
- Pérez Molina, C., San Cristóbal, E., Martín, S., García Loro, F., Blazquez-Merino, M., Baizan-Alvarez, P., Macho, A. y Castro, M. (2018) *Identifying the Best Practices in e-Engineering to Contribute to Build up High-Quality Trainings within the European e-LIVES Project*. The Online, Open and Flexible Higher Education Conference 2018, EADTU: OOFHEC2018,

- Blended and online Learning: Changing the Educational Landscape, (Anual), págs. 2 (1-2) Organizador: EADTU y The Aarhus University, 10 al 12 de octubre de 2018, Aarhus (Dinamarca).
- Phet Colorado, sitio web. Universidad de Colorado. Boulder. Disponible en: <https://phet.colorado.edu/>. Última visita: 12 de abril de 2021.
- Platón (aprox. 400 a.C.) Apología de Sócrates. Biblioteca digital del Instituto Latinoamericano de Comunicación Educativa. Disponible en <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx>. Última visita: 2 de enero de 2020.
- Plaza García, I., Serrano Tierz, A., Medrano Sánchez, C., Sainz-Martin, E., Lagual Catalán, R., Ube Sanjuan, M., Saz, I. (2018) Aprendizaje-Servicio como innovación estratégica en la enseñanza de la electrónica. Libro de Actas TAAE 2018. pps: 542-547. XIII Congreso sobre Tecnologías, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica, (Bianual) Organizador: Universidad de La Laguna. ISBN: 978-84-09-03113-9, 20 al 22 de junio de 2018, Tenerife (España).
- Plaza, M., Ngwenyama, O.K., Rohlf, K. (2009) *A comparative analysis of learning curves: Implications for new technology*. *European Journal of Operational Research*. Disponible en DOI: 10.1016/j.ejor.2009.01.010. Última visita en 17 de julio de 2021.
- Plaza Merino, P., San Cristóbal, E., Carro, G., Castro, M., Blazquez-Merino, M. y García-Loro, F. (2018) *Crumble Day to Introduce Robotics*. FIE 2018, ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference – Fostering Innovation Through Diversity, (Anual), págs. 1-4 (4 págs. en USB) Organizador: ASEE/IEEE, ISBN: 978-1-5386-1173-9, 3-6 de octubre de 2018, San Jose, CA (USA).
- Plaza Merino, P., San Cristóbal, E., Carro, G., Castro, M., Blazquez-Merino, M. y García-Loro, F. (2018) *Multiplatform Educational Robotics Course to Introduce Children in Robotics*. FIE 2018, ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference – Fostering Innovation Through Diversity, (Anual), págs. 1-9 (9 págs. en USB) Organizador: ASEE/IEEE, ISBN: 978-1-5386-1173-9, 3-6 de octubre de 2018, San Jose, CA (USA).
- Plaza, P., Carro, G., Blazquez, M., San Cristóbal, E., Castro, M., García-Loro, F. y Muñoz, J. (2018) *Crumble como Herramienta Educativa para Introducir en Robótica*. TAAE 2018. XIII Congreso sobre Tecnologías, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica, (Bianual) págs. 197-204 (8) Organizador: Universidad de La Laguna. ISBN: 978-84-09-03113-9, 20 al 22 de junio de 2018, Tenerife (España).
- Plaza, P., Carro, G., Blazquez-Merino, M., San Cristóbal, E., Castro, M., y García-Loro, F. (2018) *Iluminando a Través de la Robótica Educativa*. TAAE 2018. XIII Congreso sobre Tecnologías, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica, (Bianual) págs. 617-623 (7) Organizador: Universidad de La Laguna. ISBN: 978-84-09-03113-9, 20 al 22 de junio de 2018, Tenerife (España).
- Plaza, P., San Cristóbal, E., Carro, G., Blazquez-Merino, M., García-Loro, F., Martin, S., Pérez, C. y Castro, M. (2018) *Arduino as an Educational Tool to Introduce Robotics*. TALE 2018, IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering: Engineering Next-Generation Learning, (Anual), págs. 10-17 (8 págs. en USB) Organizador: IEEE, ISBN: 978-1-5386-6521-3, 4-7 de diciembre de 2018, Wollongong (Australia).
- Plaza, P., San Cristóbal, E., Carro, G., Blazquez-Merino, M., Menacho, A., Castro, M., Pérez, C. y García-Loro, F. (2018) *Local MOOC Solution For Tight Budgets Or Limited Internet Access*. IEEE Learning with MOOCs V, LWMOOCS V 2018 (Anual), MOOCs for All – A Social and In-

- ternational Approach, págs. 13-16 (4) Organizador: IEEE Education Society, UPM y UNED, ISBN: 978-1-5386-6533-6, 26 al 28 de septiembre de 2018, Madrid (España).
- Plaza, P., San Cristóbal, E., Carro, G., Castro, M. y Blazquez, M. (2018) *Scratch Day to Introduce Robotics*. IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON 2018) – Emerging Trends and Challenges of Engineering Education, (Anual) págs. 214-222 (9) Organizador: IEEE-ES, Universidad de la Laguna, ISBN: 978-1-5386-2957-4, 17-20 de abril de 2018, Santa Cruz de Tenerife (España).
- Plaza, P., San Cristóbal, E., Carro, G., Castro, M. y Blazquez-Merino, M. (2017) *From 4-Wheeled Remote Robot to Serious Collaborative Remote Laboratory*. International Robotics & Automation Journal. Vol. 3, núm. 4, noviembre de 2017, (Bimensual), págs. 1-4 (4) MedCrave, ISSN: 2574-8092, Edmond, OK (USA).
- Plaza, P., San Cristóbal, E., Carro, G., Castro, M., Blazquez, M. y Peixoto, A. (2018) *Traffic lights through Multiple Robotic Educational Tools*. IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON 2018) – Emerging Trends and Challenges of Engineering Education, (Anual) págs. 2021-2026 (6) Organizador: IEEE-ES, Universidad de la Laguna, ISBN: 978-1-5386-2957-4, 17-20 de abril de 2018, Santa Cruz de Tenerife (España).
- Plaza, P., San Cristóbal, E., Carro, G., Castro, M., Blazquez-Merino, M., Muñoz, J. y Álvarez, M. (2017) *Scratch as Educational Tool to Introduce Robotics*. 20th International Conference ICL 2017 Interactive Collaborative Learning, 46th IGIP International Conference on Engineering Pedagogy. (Anual), págs. 91-102 (12) Obuda University e IAOE (International Association of Online Engineering), Springer-Verlag, ISBN: 978-3-319-73209-1, 27 al 29 de septiembre de 2017, Budapest (Hungria).
- Plaza, P., San Cristóbal, E., Carro, G., Castro, M., Blazquez-Merino, M., Plaza, P., García-Loro, F. (2019) *First steps in robotics using Crumble as a friendly platform*. exp.at'19 – 5th Experiment@ International Conference Proceedings 978-1-7281-3636-3/19/\$31.00 ©2019 IEEE Pages 371-376. June 11 – 15, 2019. University of Madeira, Funchal, Portugal.
- Plaza, P., San Cristóbal, E., Carro, G., García-Loro, F., Blazquez-Merino, M. y Castro, M. (2018) *European Robotics Week to Introduce Robotics and Promote Engineering*. Computer Applications in Engineering Education. Twenty Fifth Anniversary Special Issue of Computer Applications in Engineering Education Innovation in Engineering Education with Digital Technologies. Vol. 26, núm. 5, Septiembre de 2018, (Trimestral), págs. 1068-1080 (13) John Wiley and Sons, Ltd., ISSN: 1099-0542, Sussex (Inglaterra).
- Plaza, P., San Cristóbal, E., Carro, G., Blazquez-Merino, M., García-Loro, F., Muñoz, M., Albert M.J., Moriñigo, B., Castro, M. (2019) *STEM and educational robotics using Scratch*. IEEE EDUCON - Global Engineering Education 2019 Proceedings. 9–11 April 2019 - American University in Dubai, Dubai, UAE.
- Qvortrup, A., Wiberg, M. (2017) *Dealing with Conceptualizations of Learning: Learning Between Means and Aims in Theory and Practice*. Sense Publishers-Rotterdam, The Netherlands. ISBN: 978-94-6351-029-5.
- Poliakov, M., Larionova, T., Tabunshchik, G., Parkhomenko, A., Henke, K. (2016) *Hybrid Models of Studied Objects Using Remote Laboratories for Teaching Design of Control Systems*. iJOE – Volume 12, Issue 9 pps: 7-13. Disponible en <http://dx.doi.org/10.3991/ijoe.v12i09.6128>. Última visita en 20 de julio de 2021.

- Restivo, M.T., Alves, G.R. (2013) *Acquisition of higher-order experimental skills through remote and virtual laboratories*. En *IT Innovative Practices in Secondary Schools: Remote Experiments*. Olga Dziabenko and Javier García-Zubía (eds.) Universidad de Deusto - ISBN 978-84-15772-01-9. Pps: 321-347.
- Rogers, C. (1969) *Freedom to learn*. Ohio, OH: Charles E. Merrill Publishing Company.
- Ruano Ruano, I., Gámez García, J., Estévez Estévez, E., Gómez Ortega, J., Sánchez García, A. (2020) Integración de Laboratorios Online en Entornos de Aprendizaje. XIV Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica. Libro de Actas de Congreso TAAE 2020. Oporto, Portugal. Pags 303-310.
- San Cristóbal, E. (2010) Metodología, estructura y desarrollo de interfaces intermedias para la conexión de laboratorios remotos y virtuales a plataformas educativas. Tesis Doctoral presentada en el Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de la UNED. Dirección: Dr. Manuel Castro Gil.
- Sanmartí, N. (2007), *Evaluar para aprender*, Colección Ideas Claves, Graó, Barcelona.
- Sánchez Sánchez, G., Jara Amigo, X. (2018) Habilidades profesionales asociadas a la docencia. Fijando posiciones de profesores en formación. *Sophia Austral* nº 22, 2º semestre, p.247-269.
- Schmidt, M., Egger, F., Benzing, V., Jäger, K., Conzelmann, A., Roebbers, CM. (2017) *Disentangling the relationship between children's motor ability, executive function and academic achievement*. *PLoS ONE* 12(8): e0182845. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182845>. Última visita en 15 de Julio de 2021.
- Sevillano-García, M.L., González-Flores, M.P., Vázquez-Cano, E., Rey Yedra, L. (2016) *Revista Ensayos Pedagógicos* Vol. XI, Nº 2 pps: 99-131, ISSN 1659-0104, Julio-diciembre, 2016.
- Solbes, J., Montserrat, R., Furió, C. (2007) El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Universitat de València. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*. N.º 21. 2007, 91-117 (ISSN 0214-4379).
- Stevens-Fulbrook, P. (2020) *The Definitive Guide to Bloom's Taxonomy*. Disponible en <https://teacherofsci.com>. Última visita: 17 de julio de 2021.
- Tamimi, A. (2017) *The Effect of Using Ausubel's Assimilation Theory and the Metacognitive Strategy (K.W.L) in Teaching Probabilities and Statistics Unit for First Grade Middle School Students' Achievement and Mathematical Communication*. *European Scientific Journal January 2017 edition* Vol.13, No.1 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. doi: 10.19044/esj.2017.v13n1p276.
- Tawfik, M. (2013a) *Laboratory as a Service (LaaS): a Paradigm for Developing and Implementing Modular Remote Laboratories*. Tesis Doctoral del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, y de Control (DIEEC) Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) Director: Dr. Manuel Castro Gil. Codirector: Ayudante Dr. Elio San Cristóbal Ruiz.
- Tawfik, M. et (2013b) *Design of electronic circuits practices for an online master's degree program using VISIR*. (2013) IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Berlin, 2013, pp. 1222-1227.

- Tawfik, M., Salzmann, C., Gillet, D., Saliyah-Hassane, H., San Cristóbal, E., Castro, M. (2014) *Laboratory as a Service (LaaS): A Novel Paradigm for Developing and Implementing Modular Remote Laboratories*. *International Journal of Online Engineering*, Vol. 10, No. 4, 2014.
- Tourón, J., Reyeró, M. (2002) Identificación y diagnóstico de alumnos de alta capacidad. *Revista Bordón*, 54 (2 y 3), 311-338.
- Upadhayay, N., Guragain, S. (2014) *Comparison of Cognitive Functions Between Male and Female Medical Students: A Pilot Study*. *Journal of clinical and diagnostic research* 8(6): BC12-5. DOI: 10.7860/JCDR/2014/7490.4449. License: CC BY-NC-ND.
- Villalobos Delgado, V., Ávila Palet, J. E., Olivares, O., S. L. (2016) Aprendizaje Basado en Problemas en Química y el Pensamiento Crítico en Secundaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 21(69), 557–581. Recuperado de: <http://search.ebscohost.com.ezproxy.nebrija.es/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=116155194&lang=es&site=eds-live>. Última visita: 3 de febrero de 2021.
- Weber, D., Skirbekk, V., Freund, I., Herlitz, A. (2014) *The changing face of cognitive gender differences in Europe*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(32) DOI: 10.1073/pnas.1319538111.
- Xuemin Chen, G.S., Yongpeng, Z. (2010) *Virtual and Remote Laboratory Development: A Review*. *Earth and Space 2010: Engineering, Science, Construction and Operations in Challenging Environments* ASCE. DOI: 10.1061/41096(366)368. Pages 3843-3852.
- Yáñez, P.M. (2016) El proceso de aprendizaje: fases elementos fundamentales. *Revista San Gregorio*, No.11, Volumen 1, Enero-Junio, (70-81), ISSN 1390-7247.
- Zabala, A., Arnau, L. (2007) *Cómo aprender y enseñar competencias*, Colección Ideas Claves, Graó, Barcelona.

ANEXOS

En los siguientes apartados se expone el material descargable de los diferentes cursos utilizados en las experiencias.

- A1. Curso “Aprende Electricidad” para alumnado de 1º de ESO
- A2. Curso “*Learn Electricity*” para alumnado de 1º de ESO
- A3. Curso “Laboratorio de Medidas eléctricas” para alumnado de 2º de ESO
- A4. Curso “*Basic Electricity*” para alumnado de 2º de ESO
- A5. Curso “Diodos y Señales Alternas” para alumnado de 3º de ESO
- A6. Curso “*Microelectronics: diodes and signals*” para alumnado de 3º de ESO

