

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de
Biosistemas



**El aprendizaje de la física como
sistema complejo: ideas previas,
estilos de aprendizaje y metodologías
de enseñanza**

TESIS DOCTORAL

Presentada para optar al título de doctor por:

Javier Ablanque Ramírez
Ingeniero Agrónomo

Madrid, 2024



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica,
Alimentaria y de Biosistemas

Doctorado en Sistemas Complejos

**El aprendizaje de la física como
sistema complejo: ideas previas,
estilos de aprendizaje y metodologías
de enseñanza**

TESIS DOCTORAL

Presentada para optar al título de doctor por:

Javier Ablanque Ramírez

Ingeniero Agrónomo

Bajo la dirección de:
Dr. Rosa María Benito Zafrilla

Madrid, 2024

Título: El aprendizaje de la Física como sistema complejo: ideas previas, estilos de aprendizaje y metodologías de enseñanza

Autor: Javier Ablanque Ramírez

Programa de Doctorado: Sistemas Complejos

Dirección de tesis:

Dr. Rosa María Benito Zafrilla (Director)

Tribunal de tesis:

Fecha de defensa:

A Paula, sin tu apoyo no hubiese sido posible.
A mi hijo Marcos, por el tiempo que me echaste de menos.
A mis padres. Papá, hoy te hubieses sentido orgulloso.

Agradecimientos

Quisiera expresar mi agradecimiento en primer lugar a Juan Carlos Losada González y Fabio Revuelta Peña, miembros del Grupo de Innovación Educativa Física Interactiva de la Universidad Politécnica de Madrid y profesores de la ETSI Agronómica, Alimentaria y Biosistemas, por su apoyo y orientación durante la realización de este trabajo, y, muy especialmente, a Rosa María Benito Zafrilla, Catedrática de Física de la ETSI Agronómica, Alimentaria y Biosistemas, directora de esta tesis. Gracias por haberme brindado la oportunidad de investigar sobre esta temática tan interesante, vuestros consejos y comentarios han sido fundamentales durante el proceso de elaboración de esta tesis. Entrego esta tesis, pero llevo conmigo la amistad de todos.

También deseo agradecer a Juan Fernández-Gracia, científico titular del IFISC (Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos, CSIC-UIB) por su asesoramiento y dedicación en el estudio de la LOMLOE como una red compleja y a Carlos González Giralda, Jefe del Área de desarrollo de sistemas de información de la División de Tecnologías de la información y las comunicaciones del CIEMAT, por sus acertadas observaciones como miembro del tribunal de prelectura.

Además, me gustaría agradecer el apoyo de mi familia, cuyo apoyo ha sido fundamental durante estos años de trabajo.

No puedo terminar los agradecimientos sin recordar a Valentín Martín Baños, el profesor de Física que me inculcó su pasión por la física y el anhelo de realizar la tesis, estoy seguro que se hubiese sentido orgulloso de verla terminada.

Espero que este trabajo contribuya en este campo de estudio y, una vez más, gracias a todos los que habéis contribuido en su desarrollo.

Abstract

This Ph. D. Thesis focuses on the study of physics as a complex system involving a variety of interconnected factors. Specifically, the physics teaching has been directed towards the following aspects: identifying preconceived ideas in adulthood, examining pedagogical approaches within teaching environments, investigating the connection between learning styles and academic performance, studying the Spanish Education Organic Law 3/2020 amending the Organic Law of Education (LOMLOE) through complex-networks tools, and evaluating the impact of online teaching on the understanding of general physics concepts.

The presence of preconceived ideas about mechanics, thermodynamics, and fluids has been detected in among first-year university students, as well as among students of the Master's in Teacher Training, demonstrating their persistence and difficulty in modification.

No correlation has been found between the presence of preconceived ideas and university entrance grades, suggesting that having high grades in university-entrance exams does not necessarily imply being less prone to holding preconceived ideas. Furthermore, there is no learning style that is less likely to hold preconceived ideas.

Online teaching is an effective tool for improving student learning, facilitating the assimilation of concepts taught during the academic year, and, like laboratory practices, contributes to modifying preconceived ideas.

The CHAEA Automatic Analysis Software (CHAEA³S) has been developed to automate the analysis of the Honey-Alonso learning styles. The developed software reads previously completed CHAEA questionnaires by the students and creates a report with individual trends of the students, average values of the scores, etc., which has allowed us to verify the predominance of the theoretical learning style in the group of first-year university students under study. CHAEA³S also carries out a principal component analysis, which we have found allows for a more effective characterization of the students, as well as seeing how learning styles combine with each other.

The structure of the LOMLOE has been analyzed from the perspective of network science. For this purpose, a network has been constructed where the nodes correspond to key competencies, specific competencies, operational descriptors, and subjects that make up the LOMLOE, and the links correspond to the interactions that exist between them. Additionally, the LOMLOE has been represented as a bipartite network between key competencies and subjects, in which the presence of both generalist and specialist competencies is observed. From this study, we conclude that among the eight key competencies described by the law, the multilingual competence is the least addressed, and the personal, social, and learning-to-learn competence is the one that could be best addressed if all subjects were taught. The subject that

addresses key competencies in a more cross-cutting manner is Spanish Language and Literature, while those that were found to be more specialist are Greek and Latin.

Resumen

Esta tesis doctoral se centra en el estudio de la enseñanza de la física como un sistema complejo que involucra una variedad de factores interrelacionados. Específicamente, se ha dirigido la investigación hacia los siguientes aspectos: la identificación de ideas previas en la edad adulta, el examen de enfoques pedagógicos en entornos de enseñanza, la indagación sobre la conexión entre estilos de aprendizaje y rendimiento académico, el estudio de la Ley Orgánica 3/2020 de modificación de la Ley Orgánica de Educación (LOMLOE) a través de herramientas de redes complejas, y la evaluación del impacto de la enseñanza en línea en la comprensión de los conceptos de física general.

Se ha detectado la presencia de ideas previas sobre mecánica, termodinámica y fluidos en los alumnos de primer curso universitario, así como en los alumnos del Máster de Formación del Profesorado, lo que muestra su persistencia y dificultad de modificación.

No se ha encontrado correlación entre la presencia de ideas previas y la nota de acceso a la universidad, lo que sugiere que tener altas calificaciones en la nota de acceso no necesariamente implica ser menos proclive a poseer ideas previas. A su vez, no existe un estilo de aprendizaje que sea menos propenso a poseer ideas previas.

La enseñanza en línea es una herramienta efectiva para mejorar el aprendizaje de los alumnos, facilitando la asimilación de los conceptos impartidos durante el curso académico y, al igual que las prácticas de laboratorio, contribuye a modificar las ideas previas.

Se ha desarrollado el programa CHAEA³S (*CHAEA Automatic Analysis Software*) que automatiza el análisis de los estilos de aprendizaje de Honey-Alonso. El programa desarrollado lee los Cuestionarios Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje (CHAEA) previamente cumplimentados por los alumnos y crea un informe con las tendencias individuales de los estudiantes, valores medios de las puntuaciones, etc., lo que nos ha permitido comprobar la predominancia del estilo de aprendizaje teórico en el grupo de universitarios de primer curso objeto de estudio. CHAEA³S lleva a cabo, también, un análisis de componentes principales, que hemos comprobado que permite caracterizar a los estudiantes de una forma más efectiva, así como ver de qué manera se combinan unos estilos de aprendizaje con otros.

La estructura de la LOMLOE se ha analizado desde la perspectiva de la ciencia de redes. Para ello, se ha construido una red cuyos nodos corresponden a las

competencias claves, competencias específicas, descriptores operativos y materias que configuran la LOMLOE, y los enlaces corresponden a las interacciones que existen entre ellos. Además, se ha representado la LOMLOE como una red bipartita entre competencias clave y materias, en la que se observa la presencia de competencias de carácter generalista y especialistas. De este estudio se desprende que de entre las ocho competencias clave que describe la ley, la competencia plurilingüe es la que menos se trabaja y la competencia personal, social y de aprender a aprender es la que mejor se puede trabajar si se impartieran todas las materias. La materia que trabaja las competencias clave de una forma más transversal es Lengua Castellana y Literatura, y las que resultaron ser más especialistas: Griego y Latín.

Tabla de contenido

1. Introducción	1
2. La educación como sistema complejo	9
2.1. Los sistemas complejos	9
2.2. Redes complejas	9
2.3. La educación como sistema complejo	12
3. La evolución del sistema educativo español	19
3.1. Leyes educativas aprobadas a partir del siglo XIX y anteriores a la Ley Orgánica de Modificación de la Ley Orgánica de Educación (LOMLOE)	20
3.2. Ley Orgánica de Modificación de la Ley Orgánica de Educación (LOMLOE, 2020)	27
4. El proceso de enseñanza-aprendizaje	35
4.1. Tipos de conocimiento	37
4.2. Teorías de aprendizaje.....	38
4.3. Estrategias de aprendizaje.....	42
4.4. Modelos didácticos de aprendizaje de las ciencias	45
4.5. Estilos de aprendizaje	50
5. Ideas previas	57
5.1. Causas y origen de las ideas previas	58
5.2. Instrumentos para conocer las ideas previas en física	60
5.3. Estrategias utilizadas para modificar las ideas previas	63
6. El laboratorio de física como recurso para modificar ideas previas	71
6.1. Las prácticas de laboratorio	71
6.2. Las TIC y su aplicación en la enseñanza de la Física. Tipos de laboratorios	74
6.3. Laboratorio Virtual de Física. Una asignatura de la UPM	77
7. La enseñanza en línea	83
7.1. El <i>e-learning</i>	84
7.2. <i>b-learning</i>	91
7.3. El <i>m-learning</i>	92
8. Metodología del análisis experimental	95
8.1. Cuestionarios sobre ideas previas	95

8.2. Indicadores utilizados en el estudio de las ideas previas	105
8.3. El cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje (CHAEA)	110
9. Estudios sobre ideas previas	117
9.1. Ideas previas sobre el concepto de fuerza	117
9.2. Ideas previas sobre termodinámica y fluidos	135
9.3. Los estilos de aprendizaje y su posible relación con las ideas previas	148
10. Análisis de los datos facilitados por el Laboratorio Virtual de Física	163
10.1. Descripción de la experiencia	163
10.2. Calificaciones de los alumnos en la asignatura Laboratorio Virtual de Física	164
10.3. Análisis de las respuestas a los cuestionarios	165
11. Estudio de los estilos de aprendizaje con CHAEA^{3S}	181
11.1. Descripción de la experiencia	181
11.2. Análisis estadístico individual y global de los estilos de aprendizaje	182
11.3. Discusión	189
12. La LOMLOE como sistema complejo	193
12.1. Estructura global de la LOMLOE	194
12.2. La LOMLOE como red bipartita: competencias clave – materias	197
13. Conclusiones	203
Referencias	206
Anexo I. Cuestionarios sobre ideas previas	229
Cuestionario I1	229
Cuestionario I2	237
Cuestionario I3	245
Cuestionario I4	251
Cuestionario I5	254
Anexo II. Cuestionarios LVF	257
Cuestionario inicial	257
Cuestionario de la práctica 1	262
Cuestionario de la práctica 2	265
Cuestionario de la práctica 3	268
Cuestionario de la práctica 4	271
Cuestionario de la práctica 5	274

Cuestionario de la práctica 6.....	276
Cuestionario final.....	279
Anexo III. Cuestionario Honey-Alonso de estilos de aprendizaje	282

Lista de figuras

Figura 2.1. Ilustración de un grafo con $N = 7$ nodos y $L = 8$ enlaces. El conjunto de nodos es $V = \{1,2,3,4,5,6,7\}$ y el conjunto de enlaces $E = \{\{1,2\},\{1,3\},\{1,5\},\{1,7\},\{3,4\},\{3,5\},\{4,5\},\{4,7\}\}$	11
Figura 2.2. Agentes y factores que intervienen en el proceso educativo.	14
Figura 4.1. Etapas del ciclo de aprendizaje según Kolb (1984). Fuente del diagrama: Cañadas (2017).	52
Figura 6.1. Ciclo de aprendizaje de un experimento (adaptado de Pintó et al, 1999).	73
Figura 6.2. Ejemplo de práctica de laboratorio del Laboratorio Virtual de Física.	78
Figura 6.3. Selección de opciones.	79
Figura 6.4. Apartado Aplica tus conocimientos.	80
Figura 7.1. Evolución de la enseñanza.	84
Figura 7.2. Evolución de la teleformación.	84
Figura 9.1. Relación de la calificación de acceso a la universidad de cada alumno y el número de aciertos obtenidos en el cuestionario I1 (grupo 1 y 2) y el cuestionario I2 (grupo 3). ...	118
Figura 9.2. Porcentaje de alumnos que habían realizado prácticas de laboratorio, familiarizados con la hoja de cálculo Excel y el ajuste por mínimos cuadrados.	118
Figura 9.3. Aciertos por ítem en porcentaje y grupo de estudio.	119
Figura 9.4. Número de estudiantes y sus edades (izquierda) y número de años en la universidad (derecha) para el test 1 inicial (barras azules) y el test 2 (barras naranjas).	126
Figura 9.5. Comparación entre la calificación en la prueba de acceso a la universidad y el número de aciertos en el cuestionario 1 inicial (círculos azules) y el cuestionario 2 final (círculos rojos).	127
Figura 9.6. Gráfico de barras para la Índice de Facilidad (IF) para el test 1 (barras azules) y el test 2 (barras naranjas).	129
Figura 9.7. Porcentaje de alumnos del grupo de estudio que habían realizado prácticas de laboratorio, estaban familiarizados con la hoja de cálculo y sabían realizar un ajuste por mínimos cuadrados.	135
Figura 9.8. Comparación entre la calificación en la prueba de acceso a la universidad y el número de aciertos en el cuestionario.	136

Figura 9.9. Número de aciertos totales para cada ítem expresados en % relativos al cuestionario.....	137
Figura 9.10. Correlación entre la edad del alumno y aciertos del cuestionario.	141
Figura 9.11. Correlación entre la nota de acceso a la universidad y los aciertos del test. ...	141
Figura 9.12. Número de aciertos totales para cada ítem expresados en % del cuestionario I3.....	142
Figura 9.13. Número de estudiantes, sus edades y años de permanencia en la universidad.....	149
Figura 9.14. No existe correlación entre la calificación de acceso a la universidad y el número de aciertos en el cuestionario.	149
Figura 9.15. Gráfico de barras del índice de facilidad, IF, agrupado en intervalos.	150
Figura 9.16. Relación entre los puntos que indican la tendencia a cada estilo de aprendizaje de cada alumno y sus resultados en el cuestionario I4.	153
Figura 9.17. Respuestas correctas a cuestiones más difíciles del cuestionario I4 y su relación con los estilos de aprendizaje del grupo de estudio.	154
Figura 9.18. Relación entre el número de aciertos en el segundo cuestionario y la calificación de acceso a la universidad.	154
Figura 9.19. Gráfico de barras relativo al valor del índice de facilidad, agrupado por intervalos, de los ítems del cuestionario I4.	155
Figura 9.20. Relación entre los puntos que indican la tendencia a cada estilo de aprendizaje de cada alumno y sus resultados en el cuestionario I5.	157
Figura 9.21. Respuestas correctas a cuestiones más difíciles del cuestionario I5 y su relación con los estilos de aprendizaje del grupo de estudio.	158
Figura 9.22. Gráfico de barras que muestra el porcentaje de estudiantes con una tendencia muy baja (más a la izquierda), baja (izquierda), moderada (media), alta (derecha) y muy alta (más a la derecha) hacia los estilos de aprendizaje activo, reflexivo, teórico y pragmático.	159
Figura 9.23. Gráfico de barras que muestra las puntuaciones del profesor y la media de puntuaciones del grupo de estudio.	160
Figura 9.24. Polígono de cuatro vértices, cada uno correspondiente a uno de los estilos de aprendizaje que muestra el perfil del profesor.	160

Figura 10.1. Tanto por ciento de alumnos aprobados y no aprobados y cursos académicos. Siendo NP el porcentaje de alumnos no presentados, SUS el porcentaje de alumnos suspensos, AP el porcentaje alumnos aprobados, NOT el porcentaje de alumnos con calificación notable, SOB el porcentaje de alumnos con calificación sobresaliente y MH el porcentaje de alumnos con calificación de matrícula de honor.	165
Figura 10.2. Promedio de aciertos por ítem durante los cursos 2010-2011, 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014.	166
Figura 10.3. Promedio de aciertos del cuestionario de la práctica 1.	168
Figura 10.4. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 1.	169
Figura 10.5. Promedio de aciertos del cuestionario de la práctica 2.	170
Figura 10.6. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 2.	171
Figura 10.7. Media de aciertos del cuestionario de la práctica 3.	171
Figura 10.8. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 3.	172
Figura 10.9. Promedio de aciertos del cuestionario de la práctica 4.	173
Figura 10.10. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 4.	173
Figura 10.11. Promedio de aciertos del cuestionario de la práctica 5.	174
Figura 10.12. Ganancia de aprendizaje del cuestionario 5.	174
Figura 10.13. Promedio de aciertos del cuestionario de la práctica 6.	175
Figura 10.14. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 6.	175
Figura 10.15. Promedio de aciertos del cuestionario final.	176
Figura 11.1. Gráfico de barras que muestra el porcentaje de estudiantes con una tendencia muy baja (más a la izquierda), baja (izquierda), moderada (media), alta (derecha) y muy alta (más a la derecha) hacia los estilos de aprendizaje activo (rojo), reflexivo (verde).	183
Figura 11.2. Polígono de cuatro vértices (cada uno correspondiente a uno de los estilos de aprendizaje) que muestra el perfil promedio de los estilos de aprendizaje del estudiante para el estudio de caso. Los valores medios se muestran en azul. Las barras rojas y las áreas sombreadas de color rosa muestran el intervalo de incertidumbre.	184
Figura 11.3. Afinidad de los estilos de aprendizaje para el estudio de caso. El gráfico de barras muestra el porcentaje de estudiantes que tienen una tendencia notable hacia los estilos de aprendizaje activo (rojo), reflexivo (verde), teórico (morado) y pragmático (naranja).	184

Figura 11.4. Parámetros de las distribuciones de Weibull (12) que se ajustan a las distribuciones de probabilidad (histogramas) que se muestran en la figura 9.44. En todos los casos, $\theta = 0$ 184

Figura 11.5. Histogramas que muestran las distribuciones de probabilidad para los estilos de aprendizaje activo (rojo), reflexivo (verde), teórico (morado) y pragmático (amarillo). Las líneas continuas muestran las distribuciones de Weibull ajustadas con los parámetros que se muestran en la tabla 5.3. Las líneas punteadas verticales marcan los valores medios, y las áreas sombreadas a su alrededor los correspondientes intervalos de confianza. 185

Figura 11.6. Representación cuatridimensional de los estudiantes en el espacio de los estilos de aprendizaje: activo, reflexivo, teórico y pragmático (siendo más grandes y oscuros los puntos con los valores más grandes). Las direcciones principales se muestran como líneas continuas (CP0, rojo; CP1, verde; CP2, morado; CP3, naranja) emergen del centroide, que viene dado por la media del conjunto de datos y se muestra como una estrella negra. La proyección de los puntos y la media promedio se muestran en gris. También se muestra el intervalo de confianza de proyección de la media promedio. El origen, que se define como (0, 0, 0, 0) en el espacio 4D del estilo de aprendizaje, se muestra como un triángulo negro. También se marcan los puntos (20, 0, 0, 0), (0, 20, 0, 0), (0, 0, 20, 0), que corresponden al máximo de los estilos activo (rojo), reflexivo (verde) y teórico (morado). 186

Figura 11.7. La proyección de los estilos de aprendizaje del estudiante representados en la figura 5.4. sobre los dos componentes principales (CP0 y CP1). (Abajo a la izquierda) Los datos rodean la media promedio (estrella gris). Los puntos (20, 0, 0, 0), (0, 20, 0, 0), (0, 0, 20, 0) y (0, 0, 0, 20), que corresponden, respectivamente, al máximo puro de los estilos de aprendizaje activo (rojo), reflexivo (verde), teórico (morado) y pragmático (naranja) en el conjunto de base original también están marcados y unidos con una línea discontinua al origen correspondiente (0, 0, 0, 0) (triángulo negro). También se muestra el punto (20, 20, 20, 20) (diamante marrón). (Arriba izquierda y abajo derecha) Histograma de los datos en función de CP0 (rojo) y CP1 (verde), que se ajustan utilizando una distribución de Weibull con los parámetros enumerados en la tabla 11.5. 187

Figura 11.8. Funciones de distribución de probabilidad de índices de participación asociadas al conjunto de estilos de aprendizaje (rojo) y a los componentes principales (azul). Las líneas discontinuas verticales marcan las medias promedio junto con sus correspondientes intervalos de confianza (áreas sombreadas), cuyos valores se pueden encontrar en la tabla 11.6. Las líneas continuas muestran las funciones de ajuste dadas por las distribuciones de Weibull con los parámetros que se muestran en la tabla 11.6. 189

Figura 12.1. Visualización de la LOMLOE como una red formada por nodos de distinto tipo: competencias clave (color salmón, capa superior), descriptores operativos (color salmón, capa intermedia superior), materias (color lila, capa inferior), competencias específicas (color lila, capa intermedia inferior).	195
Figura 12.2. Propiedades topológicas de la red completa.	197
Figura 12.3. Proyección bipartita de la red competencias clave (arriba) y materias de la LOMLOE (abajo).	198
Figura 12.4. Propiedades topológicas de la proyección bipartita de la red sobre competencias clave y materias de la LOMLOE.	200

Lista de tablas

Tabla 3.1.Leyes educativas de España desde 1857 hasta la actualidad.	19
Tabla 7.1.Diferencias entre la enseñanza tradicional y el e-learning.	85
Tabla 7.2.Ventajas e inconvenientes del e-learning.....	85
Tabla 9.1.Ideas previas y las correspondientes opciones erróneas del cuestionario I1 según la taxonomía propuesta por David Hestenes en el FCI a lo que se han añadido otras cuestiones elaboradas por el autor.	96
Tabla 9.2.Conceptos estudiados junto con las respectivas respuestas correctas del cuestionario I1. La taxonomía empleada por Hestenes ha sido modificada para adecuarla a los conceptos fundamentales de la mecánica y a los ítems creador por el autor.	98
Tabla 9.3.Ideas previas y las correspondientes opciones erróneas del cuestionario I2 según la taxonomía propuesta por David Hestenes a lo que se han añadido otras cuestiones elaboradas por el autor.....	99
Tabla 9.4. Conceptos estudiados junto con las respectivas respuestas correctas del cuestionario I2. La taxonomía empleada por Hestenes ha sido modificada para adecuarla a los conceptos fundamentales de la mecánica y a los ítems creados por el autor.....	100
Tabla 9.5.Ideas previas y las correspondientes opciones erróneas del cuestionario I3. La mayoría de las cuestiones tienen su origen de los trabajos llevados a cabo por Barbosa (2013), Lara-Barragán y Santiago (2010) y Bañas, Mellado y Ruiz (2003).	101
Tabla 9.6.Conceptos estudiados junto con las respectivas respuestas correctas del cuestionario I3 . La mayoría de las cuestiones tienen su origen de los trabajos llevados a cabo por Barbosa (2013), Lara-Barragán y Santiago (2010) y Bañas, Mellado y Ruiz (2003).	102
Tabla 9.7. Ideas previas y las correspondientes opciones erróneas del cuestionario I4 según la taxonomía propuesta por David Hestenes en el FCI para el concepto de fuerza, al que se han añadido otras cuestiones de diferente temática elaboradas por el autor.	103
Tabla 9.8. Conceptos estudiados junto con las respectivas respuestas correctas del cuestionario I4. La taxonomía empleada por Hestenes ha sido modificada para adecuarla a los conceptos fundamentales de la mecánica y a los ítems creados por el autor.....	103

Tabla 9.9. Ideas previas y las correspondientes opciones erróneas del cuestionario I5 según la taxonomía propuesta por David Hestenes en el FCI para el concepto de fuerza, al que se han añadido otras cuestiones de diferente temática elaboradas por el autor.	104
Tabla 9.10. Conceptos estudiados junto con las respectivas respuestas correctas del cuestionario I5. La taxonomía empleada por Hestenes ha sido modificada para adecuarla a los conceptos fundamentales de la mecánica y a los ítems creados por el autor.	105
Tabla 9.11. Clasificación del índice de facilidad según Ruiz Bolívar.	105
Tabla 9.12. Clasificación del índice de facilidad según Menéndez.	106
Tabla 9.13. Criterio utilizado en el presente trabajo para determinar el Índice de Facilidad (IF).	106
Tabla 9.14. Criterio utilizado en el presente trabajo para determinar el Índice de dificultad (Idif).	107
Tabla 9.15. Índice de discriminación por Ebel y Frisbie.	108
Tabla 9.16. Índice de discriminación por Backhoff, E., Larrazolo, N. y Rosas.	108
Tabla 8.17. Preguntas asociadas a cada uno de los estilos de aprendizaje de Honey-Mumford (Activo, reflexivo, teórico y pragmático), y tendencias cualitativas (muy bajo/bajo/moderado/alto/muy alto) hacia ellos en función del número de puntos totales (0-20) obtenidos en el cuestionario de Honey-Alonso (Alonso et al., 2007).	110
Tabla 10.1. Respuestas de los tres grupos de estudio a los cuestionarios sobre ideas previas expresadas en porcentaje. En sombreado las opciones correctas y de estas, en rojo, las clasificadas como muy difíciles.	118
Tabla 10.2. Indicadores estadísticos del test para cada ítem y grupo de estudio. Siendo IF el índice de facilidad, ID el índice de discriminación, Idif el índice de dificultad y P el índice de discriminación calculado por el coeficiente de Pearson.	120
Tabla 10.3. Resultados de los ítems coincidentes de ambos cuestionarios siguiendo la numeración de los grupos 1 y 2. Se destacan las opciones correctas (verde) y de estas, en rojo, las difíciles.	120
Tabla 10.4. Índices de discriminación y de dificultad calculados a partir las expresiones (5) y (6).	121
Tabla 10.5. Índices de discriminación y de dificultad del cuestionario calculados a partir de las medias.	121

Tabla 10.6.Ítems y las ideas previas en las que incurren los alumnos expresados en % según numeración del cuestionario I1 para cada grupo de estudio.	124
Tabla 10.7.Ítems clasificados cómo muy difíciles y las ideas previas en las que incurren los alumnos, expresadas en %, presentes solo en el cuestionario I2.	124
Tabla 10.8.Respuestas a los cuestionarios sobre ideas previas expresadas en porcentaje. En sombreado las opciones correctas y de estas, en rojo, las clasificadas como muy difíciles.	127
Tabla 10.9.Valores del índice de facilidad (IF), índice de discriminación (ID), índice de dificultad (Idiff) y correlación producto-momento de Pearson (P) para cada ítem para el test 1 inicial (izquierda) y el test 2 (derecha) realizado al final del trimestre. Δ% indica la diferencia entre el número de respuestas correctas entre ambos cuestionarios expresada como porcentaje. Los asteriscos resaltan los resultados más fiables de acuerdo con la teoría clásica de ítems y la correlación producto-momento de Pearson, respectivamente. Sombreadas en rojo se muestran los ítems más difíciles (IF<0,3) coincidentes en ambos cuestionarios.	128
Tabla 10.10.Las ideas previas en las que más incurren los alumnos expresadas en porcentaje.....	132
Tabla 10.11.Ítems, porcentaje de aciertos de ambos test y el factor de Hake, h.....	133
Tabla 10.12.Contenidos trabajados e ítems donde aparecen, junto con el total y porcentaje de aciertos y su índice de facilidad, IF, para el test 1 inicial y el test 2 final, y el factor Hake, h.....	134
Tabla 10.13.Respuestas del grupo de estudio al cuestionario, expresadas en porcentaje e ítem. En sombreado las opciones correctas y de estas, en rojo, las clasificadas como muy difíciles.....	136
Tabla 10.14.Valores del índice de facilidad (IF), índice de discriminación (ID), índice de dificultad (Idiff) y correlación producto-momento de Pearson (P) para cada ítem del cuestionario I3. Los asteriscos resaltan los resultados más fiables.	137
Tabla 10.15.Las ideas previas del cuestionario I3 más frecuentes en el grupo expresadas en %	138
Tabla 10.16.Respuestas por ítem expresadas en tanto por ciento relativas al cuestionario I3. En sombreado las opciones correctas y de estas, en rojo, las clasificadas como muy difíciles.....	142

Tabla 10.17.Valores del índice de facilidad (IF), índice de discriminación (ID), índice de dificultad (Idiff) y correlación producto-momento de Pearson (P) para cada ítem del cuestionario I3. Los asteriscos resaltan los resultados más fiables de acuerdo con la teoría clásica de ítems y la correlación producto-momento de Pearson, respectivamente.	143
Tabla 10.18.Las ideas previas en las que incurren los alumnos del Máster expresadas en %.	145
Tabla 10.19. Respuestas de los alumnos para cada ítem expresadas en porcentaje. Sombreadas se marcan las respuestas correctas y en rojo, las calificadas como más difíciles.	146
Tabla 10.20.Las ideas previas en las que más incurren los alumnos de primer curso universitario y del Máster de Formación del Profesorado expresadas en %.....	147
Tabla 10.21.Respuestas a los ítems expresadas en porcentaje del cuestionario I4. En sombreado las opciones correctas y de estas, en rojo, las clasificadas como difíciles.	150
Tabla 10.22.Valores del índice de facilidad (IF), índice de discriminación (ID), índice de dificultad (Idif) y correlación producto-momento de Pearson (P) para cada ítem.....	150
Tabla 10.23.Las ideas previas del cuestionario I4 en las que más incurren los alumnos expresadas en %.	152
Tabla 10.24.Valores del índice de facilidad (IF), índice de discriminación (ID), índice de dificultad (Idif) y correlación producto-momento de Pearson (P) para cada ítem. Los asteriscos destacan los resultados más fiables de acuerdo con la teoría clásica de ítems y la correlación producto-momento de Pearson.....	155
Tabla 10.25. Número de estudiantes y porcentajes relacionados con una tendencia muy baja, baja, moderada, alta y muy alta hacia cada uno de los cuatro estilos de aprendizaje (activo, reflexivo, teórico y pragmático).....	158
Tabla 10.26.Puntuaciones del profesor y valores medios de cada estilo de aprendizaje del grupo de alumnos.	159
Tabla 10.27.Calificaciones y número de alumnos matriculados en cada curso académico en la asignatura de Laboratorio Virtual de Física. Siendo NP el porcentaje de alumnos no presentados, SUS el porcentaje de alumnos suspensos, AP el porcentaje alumnos aprobados, NOT el porcentaje de alumnos con calificación notable, SOB el porcentaje de alumnos con calificación sobresaliente y MH el porcentaje de alumnos con calificación de matrícula de honor.....	164

Tabla 10.28. Calificaciones. Siendo Aprob/Pres el porcentaje de alumnos que aprobaron de entre los presentados.	164
Tabla 10.29. Ganancia de aprendizaje de los alumnos calculado con el factor de Hake. Resultados relativos al cuestionario de la práctica 1.	169
Tabla 10.30. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 2.	170
Tabla 10.31. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 3, obtenida del cálculo del factor de Hake.	172
Tabla 10.32. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 4, obtenida del cálculo del factor de Hake.	173
Tabla 10.33. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 5, obtenida del cálculo del factor de Hake.	174
Tabla 10.34. Ganancia de aprendizaje del cuestionario 6, obtenida del cálculo del factor de Hake..	175
Tabla 10.35. Ganancia de aprendizaje del cuestionario final con respecto al inicial obtenida del cálculo del factor de Hake. Las celdas marcadas como ---- indican que como el factor de Hake se calcula con la expresión (7) si todos acertaron el cuestionario anterior el denominador da valor cero y no tiene solución.	176
Tabla 10.36. Ganancia de aprendizaje del cuestionario final con respecto al primer cuestionario, obtenida del cálculo del factor de Hake. Las celdas marcadas como ---- indican que como el factor de Hake se calcula con la expresión (7) si todos acertaron el cuestionario anterior el denominador da valor cero y no tiene solución.	176
Tabla 10.37. Ganancia de aprendizaje del cuestionario final con respecto al segundo cuestionario, obtenida del cálculo del factor de Hake.	177
Tabla 10.38. Ganancia de aprendizaje del cuestionario final con respecto al tercer cuestionario, obtenida del cálculo del factor de Hake	177
Tabla 10.39. Ganancia de aprendizaje del cuestionario final con respecto al cuarto cuestionario, obtenida del cálculo del factor de Hake. Las celdas marcadas como ---- indican que como el factor de Hake se calcula con la expresión (7) si todos acertaron el cuestionario anterior el denominador da valor cero y no tiene solución.	177
Tabla 10.40. Ganancia de aprendizaje del cuestionario final con respecto al cuestionario cinco obtenida del cálculo del factor de Hake. Las celdas marcadas como ---- indican que	

como el factor de Hake se calcula con la expresión (7) si todos acertaron el cuestionario anterior el denominador da valor cero y no tiene solución.	177
Tabla 10.41. Ganancia de aprendizaje del cuestionario final con respecto al cuestionario de la práctica 6 obtenida del cálculo del factor de Hake. Las celdas marcadas como ---- indican que como el factor de Hake se calcula con la expresión (7) si todos acertaron el cuestionario anterior el denominador da valor cero y no tiene solución.	177
Tabla 10.42. Número de estudiantes y porcentajes relacionados con una tendencia muy baja, baja, moderada, alta y muy alta hacia cada uno de los cuatro estilos de aprendizaje (activo, reflexivo, teórico y pragmático).....	182
Tabla 10.43. Valores medios numéricos de cada estilo de aprendizaje con las incertidumbres (entre paréntesis) junto con sus tendencias y la afinidad correspondiente.	183
Tabla 10.44. Valores propios de los componentes principales de la matriz de covarianzas de estilos de aprendizaje dados por sus correspondientes valores λ_i y como porcentaje de la dispersión total que representan, con $\text{tr}(K)=43,09$. $\Sigma_i(\%)$ da el porcentaje de dispersión total contabilizado por la combinación de los componentes principales con los valores propios λ_j con $j \leq i$. Algunos de los resultados característicos de los dos componentes principales están resaltados en negrita.....	185
Tabla 10.45. Estructura de los vectores propios de la matriz de covarianza de estilos de aprendizaje en el conjunto básico de estilos de aprendizaje. Las principales contribuciones de los dos componentes principales están resaltadas en negrita.	186
Tabla 10.46. Parámetros de las distribuciones de Weibull obtenidos ajustando las distribuciones de probabilidad (histogramas) de la proyección de los estilos de aprendizaje sobre el conjunto de componentes.	188
Tabla 10.47. Media promedio e incertidumbre correspondiente (entre paréntesis) de las ratios de participación para el conjunto de bases de estilos de aprendizaje y para los componentes principales. α y k son, respectivamente, los parámetros de forma y escala de las distribuciones de Weibull ajustadas y correspondientes a las distribuciones de probabilidad (histogramas). El parámetro $\theta = 0$	189

Abreviaturas y Acrónimos

CHAEA	Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje
ESO	Educación Secundaria Obligatoria
FCI	Force Concept Inventory
ID	Índice de Discriminación
IF	Índice de Facilidad
LAO	Laboratorio Asistido por Ordenador
LGE	Ley 14/1970, de 4 de agosto, General de Educación y Financiamiento de la Reforma Educativa
LOCE	Ley Orgánica 10/2002, de 23 de diciembre, de Calidad de la Educación
LOCFP	Ley Orgánica 5/2002, de 19 de junio, de las Cualificaciones y de la Formación Profesional
LODE	Ley Orgánica 8/1985, de 3 de julio, reguladora de Derecho a la Educación
LOE	Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación
LOGSE	Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo
LOMCE	Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa
LOMLOE	Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación
LOPEG	Ley Orgánica 9/1995, de 20 de noviembre, de la Participación, la Evaluación y el Gobierno de los Centros
LVF	Laboratorio Virtual de Física
MOODLE	Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment
SC	Sistemas Complejos
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UPM	Universidad Politécnica de Madrid

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1. Introducción

Una de las características distintivas del ser humano en comparación con otros seres vivos es su capacidad de aprendizaje, que va más allá de la simple imitación o el ensayo y error, pues incluye el razonamiento. Gracias a la complejidad de nuestro cerebro, los seres humanos hemos alcanzado niveles de conocimiento inigualables por cualquier otro ser vivo conocido. El cerebro humano, compuesto por millones de neuronas entrelazadas, representa uno de los sistemas más complejos que se conocen.

En este contexto se entiende como complejidad a la cualidad de los sistemas que poseen propiedades que no pueden ser atribuidas únicamente a los elementos que los componen, sino que es necesario considerar las interacciones entre estos elementos para explicar estas propiedades globales (emergentes). Así, la inteligencia humana no puede ser reducida a la actividad de neuronas individuales, sino que es una propiedad emergente que surge de las interacciones entre ellas.

El proceso de aprendizaje no solo implica la complejidad biológica del cerebro, sino también las interacciones sociales que facilitan la transmisión de conocimientos entre generaciones. Estas interacciones sociales constituyen, en sí mismas, otro sistema complejo cuyas propiedades globales pueden compararse, en muchos aspectos, a las redes neuronales del cerebro. Incluso en el ámbito de la sociología, se hace referencia a la inteligencia colectiva para describir aquellas actividades grupales que permiten abordar un problema común mediante el consenso. Por lo tanto, el proceso de aprendizaje puede considerarse como un macrosistema complejo, compuesto por diferentes subsistemas que a su vez presentan diferentes grados de complejidad.

El objetivo de esta tesis es abordar varias áreas de investigación relativas al aprendizaje de la física a nivel universitario, que incluyen como objetivos específicos identificar las ideas previas en la edad adulta, analizar sus persistencia en distintos niveles educativos, describir las metodologías didácticas en el aula, explorar la relación entre estilos de aprendizaje y rendimiento académico, evaluar el impacto de la enseñanza en línea en la comprensión de conceptos de física general y, por último, analizar la estructura de la ley de educación, Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, más conocida por LOMLOE, como un sistema complejo utilizando las herramientas de la ciencia de redes.

Así, esta tesis doctoral aborda el estudio del proceso de enseñanza-aprendizaje de la materia de Física de una manera multidisciplinar. En el proceso de enseñanza-aprendizaje de una disciplina intervienen muchos factores, que van desde los aspectos psicológicos tanto del estudiante como del profesor, experiencias previas, la metodología de enseñanza utilizada, los medios disponibles, etc., e incluso los contextos sociopolíticos, como son las leyes educativas en las que se enmarca la enseñanza de esta disciplina. Todos estos elementos contribuyen a entender el aprendizaje de la física como un sistema complejo. Así, nuestra investigación incluye diferentes aspectos, como son:

- La identificación de ideas previas en la edad adulta, así como su evolución y su persistencia después de un curso universitario.
- La relación de las ideas previas con las distintas maneras de aprender de los alumnos (estilos de aprendizaje).
- La evaluación de la enseñanza en línea como recurso para mejorar la comprensión de conceptos físicos.
- El estudio de la ley de educación vigente (LOMLOE, Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre), mediante herramientas de redes complejas

Para comenzar, en los capítulos II y III se detallará el sistema educativo, sus actores principales, las diversas leyes de educación en España desde 1857 hasta la actualidad, y los factores que influyen en el proceso educativo, centrándose en la interacción entre ellos. Se abordará la educación como un sistema complejo, donde diversos actores interactúan para influir en el resultado del aprendizaje. Se examinarán las políticas educativas, con especial atención a la LOMLOE, la legislación actual desde la perspectiva de la ciencia de redes.

La Unión Europea subraya la importancia de que la ciudadanía adquiera las competencias clave, fundamentales para conseguir que las personas logren un desarrollo pleno a nivel personal, social y profesional, que se adapte a las exigencias de un mundo global y propicie el crecimiento económico, ligado al conocimiento. Cada competencia clave de la actual normativa educativa se define mediante una serie de descriptores operativos, que detallan los desempeños concretos que el alumnado debe alcanzar al final de la etapa educativa. La relación entre los descriptores operativos y las competencias específicas facilita la evaluación del grado de adquisición de las competencias clave definidas en el perfil de salida y, por consiguiente, el cumplimiento de las competencias y objetivos establecidos para la etapa.

El capítulo IV versa sobre las diversas estrategias de enseñanza. Se describen en este capítulo las diversas teorías de enseñanza-aprendizaje, los estilos de aprendizaje y los distintos modelos didácticos de aprendizaje de las ciencias, destacando el modelo constructivista que busca la creatividad, la colaboración, el intercambio de conocimientos y experiencias de manera interactiva y atractiva. Los estilos de aprendizaje están incluidos en el grupo de condicionantes que influyen en la construcción de las estrategias de aprendizaje junto con otros actores como la inteligencia y los conocimientos previos. Por tanto, conocer los estilos de aprendizaje de los alumnos permite al profesor detectar problemas en el rendimiento académico y buscar soluciones. Aunque diversos estudios sugieren una posible relación entre el rendimiento y los estilos de aprendizaje, otros indican que el rendimiento depende en mayor medida de otros condicionantes. En este contexto, se han llevado a cabo diversos estudios con alumnos de primer curso universitario con el objetivo de identificar los estilos de aprendizaje presentes en el grupo y su relación con los resultados académicos de la asignatura de física y especialmente en lo que respecta a la presencia de ideas previas.

El capítulo V introduce el concepto de idea previa, las posibles causas de su origen, los instrumentos para su investigación y las estrategias llevadas a cabo para su modificación. Las ideas previas son difíciles de erradicar y permanecen tras su paso por las instituciones educativas. Indagamos en el presente trabajo sobre sus posibles causas y presentamos diversos estudios mostrando su persistencia.

El capítulo VI trata sobre el uso del laboratorio de física como recurso para modificar ideas previas. Con las prácticas de laboratorio, el alumno se familiariza con los procedimientos científicos y comprueba que aquello que le ha sido explicado de forma teórica se puede demostrar con la experimentación. Contribuyen a fomentar la reflexión, la curiosidad, el pensamiento crítico y la capacidad de investigación, convirtiéndose así en un recurso para modificar las ideas previas de los alumnos.

El capítulo VII está íntegramente dedicado a la enseñanza online. Comienza describiendo los distintos tipos de formación a distancia, con sus características, ventajas e inconvenientes. Se describe cómo se elaboran los materiales educativos para este formato y se aporta como ejemplo de este tipo de materiales, el Laboratorio Virtual de Física, un material educativo realizado por el autor de esta tesis que sirvió para impartir la asignatura del mismo nombre y de libre elección en la Universidad Politécnica de Madrid. De la impartición de dicha asignatura se recopilaban datos sobre los errores conceptuales presentes en los alumnos de primer curso académico, los cuales son posteriormente analizados en el apartado estudios y resultados.

El capítulo VIII está dedicado a explicar la metodología empleada en los posteriores estudios sobre ideas previas y estilos de aprendizaje. Así, por ejemplo, se presentan los diversos cuestionarios sobre ideas previas y estilos de aprendizaje completados por los alumnos y se describen los indicadores utilizados en el análisis de ítems.

En el capítulo IX se describen los casos de estudio sobre ideas previas y se presentan y discuten los resultados obtenidos en cada uno de ellos. Se realizaron dos estudios sobre la presencia de las ideas previas sobre el concepto de fuerza en alumnos procedentes de primer curso universitario. En el primero se investiga la presencia de ideas previas en tres grupos de alumnos al comienzo del curso y, en el segundo, se estudia la ganancia de aprendizaje en uno de estos grupos. A continuación, se exponen dos estudios sobre la presencia de ideas previas sobre termodinámica y fluidos. El primero, realizado con un grupo de alumnos de primer curso universitario y el segundo, con un grupo de alumnos que cursaban un Máster de Formación del Profesorado. Se busca con ello, investigar la presencia y persistencia de las ideas previas y comparar la presencia de las ideas previas en distintas etapas educativas.

Después, se describe un estudio realizado con alumnos de primer curso universitario sobre la presencia de ideas previas y su posible relación con los estilos de aprendizaje. Se llevó a cabo una investigación para analizar la posible conexión entre los estilos de aprendizaje de los alumnos y sus calificaciones en un cuestionario sobre ideas previas. Además, se exploró si alguna tendencia hacia un estilo de aprendizaje particular estaba asociada con una mayor asimilación de ideas previas, o viceversa.

En el capítulo X, se analizan diversos datos obtenidos a través de la plataforma de teleenseñanza utilizada para impartir la asignatura *Laboratorio Virtual de Física* durante varios cursos académicos. Se buscó identificar los errores conceptuales más frecuentes en los que incurren los alumnos al inicio de su carrera universitaria y se evaluó el papel de la enseñanza en línea en la mejora en la comprensión de estos.

A continuación, en el capítulo XI, se describe un estudio sobre los diversos estilos de aprendizaje utilizando el Software de Análisis Automático CHAEA (CHAEA^{3S}) desarrollado en esta tesis doctoral. Este software genera un breve informe que presenta diversos aspectos de los estilos de aprendizaje del grupo sin necesidad de habilidades computacionales avanzadas lo que permite a los educadores obtener una visión más clara y eficiente de los estilos de aprendizaje de sus estudiantes sin la carga de trabajo manual intensiva y el riesgo de errores.

Cerrando la parte de estudios y resultados, en el capítulo XII se ha utilizado la teoría de grafos para obtener la relación entre las competencias clave, los descriptores operativos y las competencias específicas de Bachillerato presentes en la LOMLOE y se ha descrito la red bipartita fruto de estas iteraciones. Se pretende con este estudio

ponderar la carga que tendrán las distintas competencias clave en el perfil de salida del alumnado.

Finalmente, termina esta tesis enumerando las principales conclusiones más relevantes extraídas de todo el trabajo, la lista de referencias consultadas y tres anexos.

CAPÍTULO II. LA EDUCACIÓN COMO SISTEMA COMPLEJO

2. La educación como sistema complejo

2.1. Los sistemas complejos

Los sistemas complejos (SC) están compuestos por elementos que interactúan entre sí. Como resultado de estas interacciones surgen propiedades globales del sistema que no pueden explicarse a partir de las propiedades de los elementos aislados (García, 2006). El estudio del comportamiento de cada elemento por separado no permite predecir el comportamiento del sistema en conjunto. La información del sistema en su conjunto es mayor que la suma de la información de cada elemento por separado, cumpliéndose que: «El todo es más que la suma de las partes».

Analizar un sistema como un SC permite obtener información adicional a la que se obtendría mediante el análisis de cada uno de sus elementos por separado. Ejemplos de SC son, por ejemplo, las redes neuronales, las tecnologías de la información y la comunicación, las redes sociales en línea, el comportamiento de los enjambres de abejas y las manadas de animales, etc.

Las neuronas del cerebro presentan un comportamiento bastante simple, ya que su modo de activarse consiste en analizar los estímulos que le llegan y si estos superan un cierto umbral, activar, si procede, las neuronas adyacentes. Una sola neurona no posee lo que denominamos inteligencia, pero la presencia de millones de estas junto a las interacciones entre ellas da lugar al cerebro humano, dotado de inteligencia, como propiedad emergente del SC. Se estima que existen cien mil millones de neuronas en el cerebro humano (15 veces superior al número de personas que habita este planeta) y que el número de enlaces entre neuronas en el cerebro humano está en torno a los 10^{15} . La interacción entre neuronas no presenta un comportamiento lineal pues, aunque cada una de ellas reaccione ante un estímulo por separado, no es fácil predecir cómo actuará al recibir varios de estos estímulos a la vez al no ser la respuesta la suma de los estímulos recibidos (Solé, 2022).

2.2. Redes complejas

Muchos SC de distinta naturaleza, además del neuronal, pueden representarse mediante redes o grafos, utilizando como nodos a los agentes o individuos que intervienen y a las interacciones entre ellos como enlaces (Solé, 2009). Un ejemplo de SC que puede representarse mediante una red compleja son los sistemas sociales, en los que los individuos se representan mediante los nodos de una red y las

interacciones entre los individuos (llamarse por teléfono, retuitear un mensaje de Twitter, seguir a un amigo en Facebook, etc.) se representan mediante enlaces.

Las redes se han destacado como una herramienta sumamente útil para el modelado y análisis de la estructura de numerosos sistemas (Newman, 2018; Barabási, 2022). En esta sección, presentamos las nociones y propiedades básicas empleadas para caracterizar las redes.

Atendiendo a la naturaleza de los enlaces, las redes pueden ser dirigidas o no dirigidas dependiendo de que la dirección de la conexión sea relevante. También pueden ser pesadas, cuando se tiene en cuenta el número de veces que se produce la interacción entre dos nodos (Cárdenas, 2009).

Una caracterización meticulosa de la estructura de los SC resulta fundamental para comprender sus propiedades intrínsecas. La abundancia y relevancia de estos sistemas han motivado a la comunidad científica a investigar el origen y la funcionalidad de dicha estructura. Cuando se modela un sistema complejo, uno de los primeros aspectos cruciales a considerar es la estructura de las interacciones entre sus componentes, que conforma la topología del grafo. Con frecuencia, esta topología ofrece la posibilidad de extraer observaciones significativas sobre la dinámica del sistema o de sus elementos, sin necesidad de recurrir a una descripción dinámica más detallada (Barabási, 2022).

En un sentido general, una red o grafo consiste en una colección de elementos (nodos) y las relaciones o conexiones entre ellos (enlaces) (Network Literacy: Essential Concepts and Core Ideas – NetSciEd.). Se denomina red compleja cuando la topología resultante no muestra principios evidentes de diseño. En estos casos presentan propiedades de pequeño mundo (Watts, 1998; Milgram, 1967) y distribuciones de grado (conexiones) de carácter heterogéneo (Barabási, 2009, Santiago, 2007).

Se puede formalizar la noción de red $G = \{V, E\}$ mediante el par ordenado de conjuntos V y E que cumplen las siguientes condiciones: $V \neq \emptyset$ y $E \subset (V \times V)$, donde $V = \{v_i\}_{i=1}^N$ representa el conjunto de nodos, y N indica el número de nodos o el tamaño de la red. $E = \{e_i\}_{i=1}^L$ es el conjunto de enlaces $\in V \times V$, donde L representa el número de enlaces de la red.

Las redes se representan gráficamente mediante un conjunto de puntos y líneas, donde cada punto representa un nodo y cada línea representa un enlace, como se muestra en la figura 2.1. Dos puntos están unidos por una línea si los nodos correspondientes están conectados por un enlace.

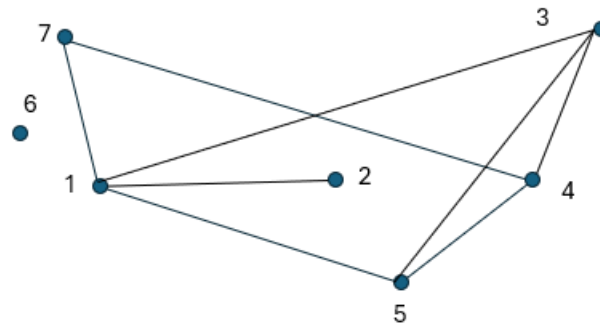


Figura 2.1. Ilustración de un grafo con $N = 7$ nodos y $L = 8$ enlaces. El conjunto de nodos es $V = \{1,2,3,4,5,6,7\}$ y el conjunto de enlaces $E = \{\{1,2\},\{1,3\},\{1,5\},\{1,7\},\{3,4\},\{3,5\},\{4,5\},\{4,7\}\}$.

A continuación, pasamos a describir algunos conceptos básicos de las redes, que serán utilizados en este trabajo:

- **Nodo.** Representa la unidad fundamental de una red. También conocido como vértice en matemáticas, sitio o célula en física, agente en computación, o actor en sociología.
- **Enlace.** Es el elemento que conecta o relaciona dos nodos en una red (por ejemplo, un enlace químico entre dos átomos en una molécula). También se le conoce como arista en matemáticas, línea o lazo en sociología. En este documento, se empleará preferentemente el término «enlace».
- **Enlaces dirigidos o no dirigidos.** Dos enlaces equivalentes $(v_i, v_j) = (v_j, v_i)$ se consideran no dirigidos. Si no son equivalentes, se denominan enlaces dirigidos o arcos. Una red se llama dirigida si contiene enlaces dirigidos. Para representar una red no dirigida como dirigida, se sustituyen los enlaces no dirigidos por pares de enlaces dirigidos, uno en cada sentido.
- **Adyacencia.** Dos nodos v_i y v_j se consideran adyacentes si están directamente conectados por al menos un enlace (v_i, v_j) o (v_j, v_i) . Una red topológica puede representarse mediante una matriz de adyacencia $A = \{a_{ij}\}, 1 \leq i, j \leq N$, donde a_{ij} indica el número de enlaces que conectan el nodo v_i con el nodo v_j . Cuando la red es no dirigida, la matriz A es simétrica.
- **Grado.** El grado k_i de un nodo v_i es el número de enlaces conectados a dicho nodo. Sin embargo, el grado no siempre es igual al número de nodos adyacentes, ya que puede haber más de un enlace entre cualquier par de nodos. En un grafo dirigido, podemos definir dos grados para cada nodo: el grado de entrada y el grado de salida, que son iguales al número de arcos

entrantes y salientes, respectivamente. Para todo nodo de la red se verifica que $k_i = k_i^{\text{in}} + k_i^{\text{out}}$

- **Trayectoria mínima.** También conocida como geodésica asociada a un par de nodos, es la trayectoria más corta en la red que conecta ambos nodos. Es importante destacar que puede haber más de una geodésica entre dos nodos, especialmente en redes complejas con múltiples caminos posibles entre los mismos nodos.
- **Distancia.** La distancia entre dos nodos varía según la trayectoria considerada entre ellos, siendo igual a la longitud de dicha trayectoria. La distancia mínima entre dos nodos es equivalente a la longitud de la trayectoria geodésica, es decir, la trayectoria más corta que conecta ambos nodos.
- **Diámetro.** El diámetro de una red se define como la longitud, medida en número de enlaces, de la trayectoria mínima más larga existente entre dos nodos cualesquiera. Algunos autores utilizan el mismo término para referirse a la distancia geodésica media en una red, aunque en la práctica estas dos cantidades suelen diferir considerablemente.

Una red puede contener diferentes tipos de nodos o enlaces, representando así diversas clases de elementos o relaciones, respectivamente. Además, los enlaces pueden estar ponderados con medidas que reflejen aspectos como la intensidad o la distancia física de la interacción. Este es el caso de redes neuronales y ciertas redes sociales y de transporte.

Un caso particular de red es aquella en la que hay dos tipos de nodos diferenciados y los enlaces solo conectan elementos de las diferentes clases. Este tipo de redes se denominan bipartitas.

2.3. La educación como sistema complejo

Son muchos los actores que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje e interactúan entre sí, por lo que podemos catalogar la educación como un SC. Durante este proceso, es fundamental que esos actores establezcan un gran número de interacciones, pues de ello dependerá el resultado final de dicho aprendizaje. El proceso de enseñanza-aprendizaje está en continua evolución y en los últimos años la llegada de las TIC y los nuevos modelos educativos han supuesto la entrada de más participantes.

Surgen, por tanto, nuevos actores y métodos que intervienen en el proceso. En el caso de ciencias aplicadas, como es el caso de la Física, intervienen en este proceso, además del profesor y el alumno: las metodologías de la enseñanza, el uso de

laboratorios y Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), las fuentes de financiación, las leyes educativas y los libros de texto, entre otros.

Además, el sistema educativo requiere de una actualización constante, por lo que estas redes han de actualizarse con gran rapidez al entrar en el sistema nuevos actores y procesos.

El aula, como lugar donde la sociedad agrupa a un colectivo de individuos con la finalidad de adquirir las destrezas, competencias y habilidades necesarias para aplicarlas con posterioridad a la sociedad, constituye en sí un subsistema complejo. La disparidad de individuos que componen un aula, cada uno con sus características personales y culturales, da lugar a un gran número de interacciones que requiere de estudio.

Evaluar si un determinado programa u acción educativa ha cubierto los objetivos iniciales no es fácil, depende de varios factores, objetivos académicos alcanzados, económicos, satisfacción del usuario, etc.

Astudillo et al (2015) estudiaron el comportamiento complejo presente en el aula, y descubrieron que los alumnos se ordenaron de forma espontánea con la intención de favorecer el autoaprendizaje.

Como describen Quezada et al (2008), existe la tendencia a considerar al aula desde el paradigma lineal de causa-efecto. Desde este punto de vista, si el docente explica los contenidos de manera eficiente y le agrega motivación, se alcanzarán proporcionalmente los objetivos planteados al inicio del curso. El sistema educativo presenta un comportamiento no lineal, si lo fuera, bastaría con actuar en unas pocas variables como, por ejemplo, los contenidos impartidos y la motivación del alumnado para predecir el comportamiento del grupo de alumnos, pero como no es así, no somos capaces de pronosticar el rendimiento global del curso y menos la proporción de alumnos con buen o mal rendimiento.

El aula, lejos de tener un comportamiento lineal, es un sistema complejo en el que intervienen muchas variables y múltiples interacciones entre las mismas. El paradigma lineal no se cumple y el comportamiento e interacción individual entre los agentes que intervienen produce comportamientos del sistema diferentes a la agregación lineal de las conductas individuales de los agentes (Holland y Miller, 1991).

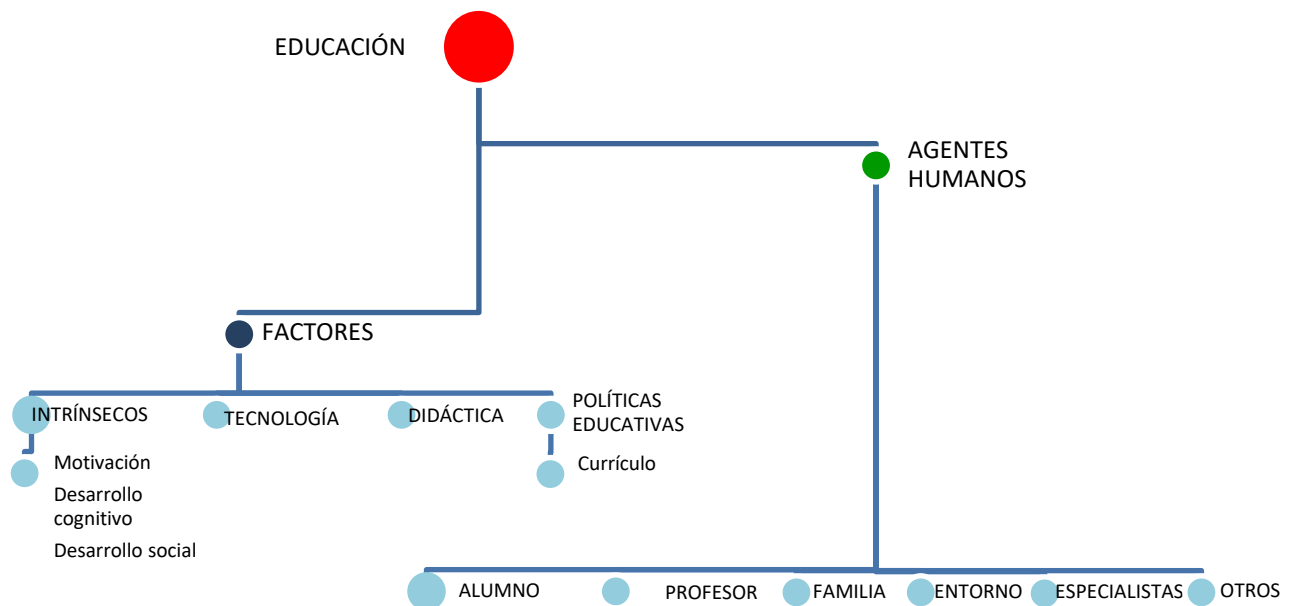


Figura 2.2. Agentes y factores que intervienen en el proceso educativo.

Son varios los agentes que intervienen en el proceso educativo (figura 2.2):

- **Docente.** Eslabón principal de la cadena junto al alumnado. El rol del profesor está cambiando tras la llegada de las TIC y las nuevas metodologías de enseñanza. El profesor va pasando de ser el transmisor del conocimiento resultado de la impartición de una clase magistral a ejercer de tutor, guiando al alumno durante su proceso de enseñanza-aprendizaje. Se ocupa no solo de enseñar los conocimientos, sino que realiza otras funciones como:
 - Ayuda a los alumnos a aprender de forma autónoma, favoreciendo y guiándoles durante su proceso de enseñanza-aprendizaje.
 - Fomenta la motivación, la curiosidad del alumnado y el pensamiento crítico.
 - Diagnostica las necesidades del grupo de alumnos y diseña estrategias metodológicas atendiendo a la diversidad de los alumnos. Deberá conocer, pues, las fortalezas y debilidades de sus alumnos con la finalidad de utilizar la mejor estrategia didáctica.
 - Interviene en el proceso de evaluación del alumno y toma decisiones en virtud de los resultados obtenidos.

- Elabora y gestiona recursos didácticos como las TIC.
- Ejerce el papel de tutor, interviniendo en crear un clima favorable en el grupo encaminado a la buena marcha de este.
- **Alumno.** Parte clave del sistema educativo. Su rol ha variado si lo comparamos con el de no hace mucho tiempo, pues ha pasado de tener un rol puramente pasivo como simple receptor de los conocimientos impartidos por el profesor a tener un papel más activo colaborando con su proceso de enseñanza-aprendizaje. Se tiende con las nuevas metodologías educativas a que el alumno se acerque al aprendizaje por descubrimiento cambiando con ello los roles tradicionales de docente y alumno.

Se busca que el alumno, además de asimilar los contenidos propios de la asignatura, sea capaz de trabajar otras habilidades como, por ejemplo:

- Trabajar en equipo.
 - Autonomía para el estudio.
 - Capacidad de tomar decisiones y resolver problemas.
 - Habilidad en el uso de las TIC.
- **Familia.** Otro de los protagonistas clave en la educación. Desde que nacemos y dentro del núcleo familiar, comienza a desarrollarse el proceso educativo, adquiriendo habilidades sociales, destrezas, valores y conocimientos.

Existe una relación directa entre la implicación de la familia en la educación de sus hijos y los resultados académicos de estos. De modo que cuanto mayor es el grado de implicación e interés de los padres, mejores resultados académicos tendrán. Es pues de vital importancia plantear actuaciones en aquellos centros educativos con problemas de fracaso escolar encaminadas a una mayor implicación de las familias.

- **Autoridades educativas.** Aquellas personas que, si bien no intervienen de forma directa, en el propio aula, toman decisiones determinantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje como, por ejemplo, los directores de los centros educativos. Estos protagonistas si bien no intervienen de forma directa en el aula, tienen un papel muy importante, pues intervienen en la organización curricular, en la elaboración de planes frente al acoso escolar y en la organización de actividades extracurriculares.

Son diversas las legislaciones educativas creadas durante los últimos cincuenta años: Ley General de Educación de 1970, LOPEG, LOCE, LOGSE, LOMCE y LOMLOE, entre otras y cada una con sus criterios pedagógicos y didácticos y no exentas de críticas.

El currículo, parte esencial de cada reforma educativa, ejerce un papel fundamental dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, pues en él se identifican los saberes, habilidades y competencias básicos necesarios para que el alumno logre superar con éxito su proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, se busca que este aprendizaje le acompañe y ayude el resto de su vida fomentando el aprendizaje continuo. Las últimas reformas educativas buscan que esos contenidos y sus metodologías motiven al alumno y fomenten la creatividad y el aprendizaje por descubrimiento, pero llevarlo a cabo no es baladí.

- **Especialistas.** Técnicos y especialistas que colaboran en el proceso como, por ejemplo, psicólogos e informáticos.
- **Entorno.** La comunidad en la que vive el alumno ejerce una influencia debido a sus características socioeconómicas y culturales.
- **Otros.** Otros protagonistas que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje como, por ejemplo, los museos, las editoriales y los medios de comunicación. Los medios de comunicación ejercen una gran influencia en la sociedad y ninguno de nosotros está exento de posibles manipulaciones al estar expuestos a contenidos exentos de rigor periodístico como, por ejemplo, la continua presencia de pseudociencias, dando por válidos argumentos que carecen de base científica. Para luchar contra esto necesitamos impartir conocimientos entre los alumnos y fomentar el pensamiento crítico.

En cuanto a los factores que intervienen en el proceso educativo. Los principales son:

- **Intrínsecos al propio individuo.** Se incluye la motivación del alumno, sus necesidades y su desarrollo cognitivo y social.
- **Tecnología.** Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) han entrado desde hace años en la enseñanza y presentan grandes ventajas: fomentan la flexibilidad, la autonomía, la cooperación, la comunicación y la motivación del alumno. Además, potencian la iniciativa y la creatividad. También tienen sus inconvenientes: la posible distracción del alumno, un mal uso de la información y los posibles efectos visuales de su utilización.
- **Políticas educativas.** Son las políticas incluidas dentro de las políticas del país, en este caso España, que tienen como objetivo establecer las medidas encaminadas a conseguir una educación de calidad.
- **Didáctica.** Son los métodos, estrategias, utilizados en enseñanza-aprendizaje.

- **Económicos y sociales.** Inversión en medios e infraestructuras y las condiciones socioeconómicas del alumno, Si las inversiones en educación son escasas y si el alumno pertenece a una familia con escasos ingresos, se puede dificultar el aprendizaje. El entorno físico, las actividades económicas, las motivaciones, costumbres y tradiciones del entorno intervienen en el desarrollo de competencias y aprendizajes del niño durante su aprendizaje.

CAPÍTULO III. LA EVOLUCIÓN DEL SISTEMA EDUCATIVO ESPAÑOL

3. La evolución del sistema educativo español

En este capítulo se describe la evolución del sistema educativo en España desde el siglo XIX, desarrollando en mayor amplitud la legislación vigente. En la tabla 3.1 se expone un índice cronológico con diversas legislaciones educativas a modo de ejemplo de las muchas promulgadas desde 1857.

Leyes educativas		
Gobierno	Ley	Año
Partido Liberal Moderado	Ley de Instrucción Pública (Ley Moyano)	1857
Dictadura franquista	Ley de la Reforma de la Enseñanza Media	1938
	Ley sobre Ordenación de la Universidad Española	1943
	Ley sobre la Educación Primaria	1945
	Ley de Formación Profesional Industrial	1949
	Ley sobre Ordenación de la Enseñanza Media	1953
	Ley de Formación Profesional Industrial	1955
	Ley General de Educación (LGE)	1970
Unión de Centro Democrático	Ley Orgánica de Estatutos de Centros Escolares (LOECE)	1980
Partido Socialista	Ley de Reforma Universitaria (LRU)	1983
Partido Socialista	Ley Orgánica Reguladora del Derecho a la Educación (LODE)	1985
Partido Socialista	Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo en España (LOGSE)	1990
Partido Socialista	Ley Orgánica de Participación, Evaluación y Gobierno de los Centros Docentes (LOPEG)	1995
Partido Socialista	Ley Orgánica de Universidades (LOU)	2001
	Ley Orgánica de Cualificaciones y de la Formación Profesional (LOCFP)	2002
Partido Popular	Ley Orgánica de Calidad de la Educación (LOCE)	2002
Partido Socialista	Ley Orgánica de Educación (LOE)	2006
Partido Popular	Ley Orgánica de Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE)	2013
Partido Socialista	Ley Orgánica de Modificación de la Ley Orgánica de Educación (LOMLOE)	2020

Tabla 3.1.Leyes educativas de España desde 1857 hasta la actualidad.

3.1. Leyes educativas aprobadas a partir del siglo XIX y anteriores a la Ley Orgánica de Modificación de la Ley Orgánica de Educación (LOMLOE)

A partir del siglo XIX se comenzó a regular la reforma educativa en España. En 1812 se aprobó la Constitución Española conocida como la «PEPA» (Llorent-Bedmar y Cobano-Delgado, 2018). En ella se dedica un título, el IX, a la educación pública y se indican unos deseos: que se universalice la Educación Primaria, que se busque la uniformidad entre los distintos planes de enseñanza y, además, que las competencias en materia de educación recaigan sobre las Cortes y no sobre el Gobierno. Estas ideas y principios fueron plasmados con posterioridad, en 1814, en el informe elaborado por Manuel José Quintana, plasmado en 1821 en el Reglamento General de la Instrucción Pública de 1821, reglamento que no pudo llevarse a cabo con la vuelta al absolutismo llevada a cabo por Fernando VII en 1823.

3.1.1. Ley Moyano (1857)

La primera ley que supuso un gran impulso en la educación de España fue la conocida como Ley de Moyano de 1857, que se mantuvo vigente durante más de 100 años, una ley que trató de universalizar la educación en un país con altas tasas de analfabetismo.

Esta ley se mantuvo hasta la llegada de la Ley General de Educación de 1970 y en ella se regulaba la educación de la siguiente manera:

- Educación primaria: gratuita y obligatoria, de los 6 a los 9 años, si bien muchas veces se alargaba hasta los 12 años.
- Educación secundaria: había que superar un examen de ingreso. Debido a la dificultad de los desplazamientos al estar ubicados los centros en los grandes núcleos de población no era cursada por la mayoría de la población.
- Universitaria.

3.1.2. Ley General de Educación (LGE,1970)

Tras más de 100 años se decide impulsar la reforma educativa con la aprobación en 1970 de la Ley 14/1970, de 4 de agosto, General de Educación y Financiamiento de la Reforma Educativa (LGE, Boletín Oficial del Estado, nº 187, de 6 de agosto de 1970), una ley que trataba de modernizar el sistema educativo español para equiparlo al contexto europeo.

Se pretendía con dicha ley escolarizar al casi millón de menores que estaba sin escolarizar en un país en el cual el mundo laboral comenzaba para muchos a los 14 años. Los estudios se organizaban de la siguiente manera:

- Preobligatoria, para alumnos entre los 2 y los 6 años y en dos etapas: Jardín de Infancia y Escuela de Párvulos.
- La Enseñanza General Básica (EGB), obligatoria y con una duración de ocho cursos, destinada para los alumnos con edades comprendidas entre los 6 y los 14 años. Alcanzado el último curso se obtenía el Graduado Escolar que permitía el acceso al Bachillerato Unificado Polivalente (BUP) y/o a la Formación Profesional (FP).
- BUP, de los 14 a los 17 años, no obligatorio y de tres cursos de duración que daba acceso al Curso de Orientación Universitaria (COU), curso que daba acceso a la universidad tras superar la prueba de acceso. Tenía dos opciones: Letras y Ciencias.
- FP, de los 14 a los 19 años, separados en dos ciclos. En aquellos años la FP estaba algo desprestigiada y la mayor parte de las veces se veía como un recurso para aquellos alumnos que no querían cursar BUP.

3.1.3. Ley Orgánica del Derecho a la Educación (LODE, 1985)

En la Constitución Española y dentro del artículo 27 se menciona que todos tienen el derecho a la educación y se reconoce la libertad de enseñanza. La enseñanza básica es obligatoria y gratuita y los poderes públicos inspeccionan y homologan el sistema educativo para garantizar el cumplimiento de las leyes.

Con la llegada de la Ley Orgánica 8/1985, de 3 de julio, reguladora de Derecho a la Educación (LODE, BOE núm. 159,1985) se abrió paso a la tan deseada modernización del sistema educativo español y el desarrollo de los principios expuestos en la Constitución. Se ansiaba alcanzar el pluralismo y la equidad (González Medina, 2017).

La LODE no fue una ley que afectara a la estructura del sistema educativo, pero reconoció el régimen mixto, público y privado, de los centros docentes, la libertad de cátedra y de enseñanza y, además, se introdujo por primera vez la creación de los consejos escolares.

3.1.4. Ley Orgánica General del Sistema Educativo (LOGSE, 1990)

Durante los últimos cuarenta años son notables los cambios legislativos que ha experimentado el sistema educativo español. Desde la entrada de la Ley Orgánica

1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE, BOE núm. 238,1990) son varios los intentos de mejorar la educación en España.

La LOGSE establecía la etapa de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) hasta los 16 años y, a continuación, el Bachillerato, con dos años de duración. Con esta ley se pretendía acercar el sistema educativo español a los modelos europeos y tenía como fines, entre otros, los siguientes:

- La formación en el respeto de la diversidad cultural, religiosa y de género y en la tolerancia.
- Conocer y respetar la pluralidad lingüística y cultural y fomentar la cooperación y solidaridad entre pueblos.

3.1.5. La Ley Orgánica de la Participación, la Evaluación y el Gobierno de los Centros (LOPEG,1995)

En 1995 se aprobó la Ley Orgánica 9/1995, de 20 de noviembre, de la Participación, la Evaluación y el Gobierno de los Centros (LOPEG, BOE núm. 278.1995), una ley que trataba de favorecer una mayor autonomía y gestión de los centros escolares.

3.1.6. La Ley Orgánica de las Cualificaciones y de la Formación Profesional (LOCFP,2002)

En 2002, se aprobó la Ley Orgánica 5/2002, de 19 de junio, de las Cualificaciones y de la Formación Profesional (LOCFP, BOE núm. 147, 2002). Una ley que pretendía fomentar la FP y adecuarla a las nuevas demandas existentes en el mercado laboral.

3.1.7. Ley Orgánica de Calidad de la Educación (LOCE, 2002)

Tras la LOGSE y con un cambio de Gobierno, se aprobó la Ley Orgánica 10/2002, de 23 de diciembre, de Calidad de la Educación (LOCE, BOE núm. 307,2002). Esta ley no pudo implantarse al quedar en suspenso tras un nuevo cambio de Gobierno en 2004. Una ley que pretendía realizar una nueva reforma educativa en búsqueda de reducir el fracaso escolar y fomentar el esfuerzo de los estudiantes.

3.1.8. Ley Orgánica de Educación (LOE, 2006)

En 2006 se aprueba otra nueva ley, la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE, BOE núm. 106,2006), una ley que, partiendo de la LOGSE, efectúa ligeras modificaciones sobre el currículo de física y química. Los principales objetivos que buscaba esta ley eran: proporcionar una educación de calidad a todos los

ciudadanos de ambos sexos, en todos los niveles del sistema educativo y la búsqueda de la igualdad de oportunidades.

Es este momento, el sistema educativo presenta las siguientes etapas:

- Educación infantil, hasta los 6 años y en dos ciclos: hasta los 3 años y de 3 a 6 años.
- Educación primaria, de 6 a 12 años, obligatoria y gratuita.
- Educación Secundaria Obligatoria, de 12 a 16 años, obligatoria y gratuita.
- Bachillerato.
- Formación Profesional.
- Enseñanza de idiomas.
- Enseñanza artística.
- Enseñanzas deportivas.
- Educación de personas adultas.
- Enseñanza universitaria (no desarrolladas por la LOE).

Se crea una asignatura nueva, Educación para la ciudadanía y los derechos humanos, obligatoria para varios cursos desde educación Primaria hasta Bachillerato.

3.1.9. Ley Orgánica para la mejora de la calidad educativa (LOMCE, 2013)

Con otro cambio de Gobierno, esta vez en 2013, se aprobó la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE, BOE núm. 95,2013). Esta ley parte de la anterior LOE a la que se le agregan algunas modificaciones y tenía por objetivos: mejorar los resultados de España en los informes PISA, reducir el abandono escolar y racionalizar la oferta educativa.

Se creó la Formación Profesional Dual y la Formación Profesional Básica.

Las enseñanzas descritas en esta ley son:

- Educación infantil, hasta los 6 años y en dos ciclos: hasta los 3 años y de 3 a 6 años.
- Educación primaria, de 6 a 12 años, obligatoria y gratuita.
- Educación Secundaria Obligatoria, de 12 a 16 años, obligatoria y gratuita.
- Bachillerato.
- Formación Profesional.
- Enseñanza de idiomas.
- Enseñanza artística.
- Enseñanzas deportivas.
- Educación de personas adultas.

- Enseñanza universitaria (no desarrolladas por la LOMCE).

Con la llegada de la LOMCE se fomentó el trabajo en el aula con proyectos y se fijaron los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje. Además, y a diferencia de la anterior legislación, en vez de competencias básicas se habló de competencias clave. Según la definición de la propia ley «las competencias clave son aquellas que todas las personas precisan para su realización y desarrollo personal, así como para la ciudadanía activa, la inclusión social y el empleo».

Se definieron 7 competencias clave:

- Comunicación lingüística.
- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.
- Competencia digital.
- Aprender a aprender.
- Competencias sociales y cívicas.
- Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor.
- Conciencia y expresiones culturales.

La LOMCE y la enseñanza de la física en la ESO

Física y Química se impartía como asignatura en los dos ciclos de la etapa de la ESO. El Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre establecía que «en el primer ciclo de la ESO el objetivo prioritario ha de ser el de contribuir a la cimentación de una cultura científica básica.» «En el segundo ciclo de ESO y en 1.º de Bachillerato esta materia tiene, por el contrario, un carácter esencialmente formal, y está enfocada a dotar al alumno de capacidades específicas asociadas a esta disciplina. Con un esquema de bloques similar, en 4.º de ESO se sientan las bases de los contenidos que una vez en 1.º de Bachillerato recibirán un enfoque más académico.»

Con la LOMCE, la carga horaria de la Física y Química en la ESO estuvo entre 2 y 3 horas semanales, variando en función las comunidades autónomas, si bien la mayoría de las comunidades optaron por dedicar 2 horas semanales a dicha materia, además impartida en los cursos, segundo, tercero y cuarto, no así en primero. No deja claro en Física y Química qué estándares de aprendizaje corresponden a 2.º y cuáles a 3.º de ESO, queda abierto y son las comunidades autónomas las que optaron por su distribución, lo que dio lugar a diferencias en cuanto a temarios.

Durante el transcurso de esta ley aumentaron los centros adscritos al programa bilingüe. Explicar asignaturas de ciencias en inglés requeriría de un mayor número de horas, por lo que explicarlos en inglés obliga a dar menos contenidos. Posiblemente

lo anterior repercutió en la no utilización del laboratorio, abandonando con ello los procedimientos experimentales.

Bloques de contenidos de 2.º y 3.º ESO:

- La actividad científica.
- La materia.
- Los cambios.
- El movimiento y las fuerzas.
- Energía.

En cuarto curso los alumnos debían elegir entre dos itinerarios, el correspondiente a Enseñanzas Aplicadas o el de Enseñanzas Académicas. En el caso de Física y Química, esta asignatura era opcional y normalmente la eligieron los alumnos que se decantaron por escoger el bachillerato de Académicas.

Si bien la selección dependió, además de las preferencias del alumno, de la disponibilidad del centro, los alumnos podían no cursar la Física y Química en su último año de ESO, presentando con ello carencias conceptuales en años posteriores.

Bloque de contenidos de 4.º ESO:

- La actividad científica.
- La materia.
- Los cambios.
- El movimiento y las fuerzas.
- La energía.

La LOMCE y la enseñanza de la física en el Bachillerato

En primer curso de bachillerato se impartía la Física junto con la Química, excepto en Cataluña, Comunidad Autónoma en donde se hacía por separado. En este curso y dentro del bachillerato de Ciencias, los alumnos podían elegir dos materias de entre las siguientes: Física y química, Biología y Geología y Dibujo Técnico I.

Los contenidos para este curso eran ambiciosos para el número de horas fijado en el currículo y se desarrollaron en los siguientes bloques:

- La actividad científica.
- Aspectos cuantitativos de la química.
- Reacciones químicas.
- Transformaciones energéticas y espontaneidad de las reacciones químicas.
- Química del carbono.
- Cinemática.
- Dinámica.

- Energía.

En el segundo curso de bachillerato, la Física podía ser elegida materia en solitario, al igual que la Química. Los alumnos, llegados a este curso, podían elegir al menos dos materias de entre las siguientes: Física, Química, Biología, Dibujo Técnico II y Geología.

En la LOMCE las Matemáticas II era materia obligatoria para el bachillerato de Ciencias. Además de las anteriores, el alumno podía elegir entre un gran número de asignaturas específicas y de libre configuración.

Si el alumno tenía intención de continuar sus estudios hacia carreras de ciencias puras o cursaba una ingeniería, lo normal es que se decantara por elegir la Física, pero podía darse el caso que no la eligiera, o peor aún, que no hubiese elegido Física y Química desde cuarto de ESO y se decantara por elegir una ingeniería. Ello daba lugar a que el alumno entrara con un nivel de conocimientos muy por debajo de lo exigible para este tipo de estudios.

Al competir, a la hora de seleccionar, con la Biología y la Química, se daba la circunstancia de que, debido a la preferencia de elección de los alumnos por las materias anteriores, al querer encaminarse hacia los estudios fitosanitarios, el centro no ofertaba la Física.

Según el estudio «El estado de la enseñanza de la Física en educación secundaria» realizado por la Comisión sobre la Enseñanza de la Física en la Educación Secundaria y aprobada por la Junta de Gobierno de la Real Sociedad Española de Física en 2018, los alumnos elegían en segundo de bachillerato las materias de la siguiente forma:

- Matemáticas II, Física y Dibujo Técnico II: elegida por 1/3 de los estudiantes. Era la opción elegida por los alumnos que decidían estudiar carreras de ciencias puras, las ingenierías o arquitectura. El problema que se encontraban estos alumnos era el déficit de conocimientos químicos que presentaban si accedían a estudios en donde se requería de una formación sólida en dicha materia.
- Matemáticas II, Química y Biología: era la opción elegida por la mayor parte de los alumnos (más de la mitad). La elegida por los alumnos que seguirán sus estudios en la rama de biosanitaria. El problema de esta opción era la escasez de conocimientos en materia de física con los que accederán a sus respectivos estudios.
- Matemáticas, Física y Química: elegida por pocos alumnos. La eligen los alumnos que cursarán grados en ciencias e ingeniería. Era la más completa para aquellos alumnos que quieran cursar estudios en los que se imparta a la

vez Física y Química, pero a su vez, fue considerada como la más difícil, lo que repercute a veces en su elección.

La Física de 2º de Bachillerato tenía los siguientes bloques de contenidos:

- La actividad científica.
- Interacción gravitatoria.
- Interacción electromagnética.
- Ondas.
- Óptica geométrica.
- Física del siglo XX.

La LOMCE remarcaba la importancia del laboratorio como recurso para aclarar los conceptos, pero en la realidad y debido a la carga horaria, la dotación de los centros y a los contenidos a impartir fijados en los currículos, era difícil llevar a cabo la enseñanza experimental. La legislación establecía que en todos los centros en donde se impartía el Bachillerato de Ciencias y Tecnología, era necesario disponer de un laboratorio dedicado a la enseñanza de la física y otro para la química, pero por las razones anteriormente expuestas, apenas se empleaban, lo que repercute en la enseñanza de los alumnos ya que la enseñanza experimental contribuye como agente motivador durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

3.2. Ley Orgánica de Modificación de la Ley Orgánica de Educación (LOMLOE, 2020)

La Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE, BOE núm. 340, de 30/12/2020) derogó a la LOMCE. Apuesta por una enseñanza más práctica y menos memorística. Con la LOMLOE el castellano deja de ser lengua vehicular, se deja en el 50% las materias comunes en comunidades autónomas con lengua cooficial, la Religión no cuenta para nota y se crea la asignatura Educación en Valores Cívicos y Éticos.

Tal y como ya tuvo lugar con la LOMCE, la Unión Europea destaca la importancia de que la ciudadanía adquiera las competencias clave, como requisito esencial para conseguir que las personas logren un desarrollo pleno a nivel personal, social y profesional, que se adapte a las exigencias de un mundo global y propicie el crecimiento económico, ligado al conocimiento. El sistema educativo español ha adaptado las competencias clave de la Unión Europea a sus principios, fines y objetivos, y ha creado el perfil de salida del alumnado, que define el grado de

desarrollo y adquisición de las ocho competencias clave de la LOMLOE que todo alumnado debe tener al finalizar la educación obligatoria.

Las competencias clave se definen como una combinación de conocimientos, capacidades y actitudes imprescindibles para que el alumno progrese con éxito en su itinerario formativo y, a su vez, le ayuden a superar los retos y desafíos locales y globales.

Esta ley potencia el aprendizaje competencial, autónomo, significativo y reflexivo de todas las materias y presta especial atención a la atención a la diversidad y el seguimiento individualizado.

La LOMLOE elimina la clasificación de las materias en troncales, específicas y de libre configuración, así como pruebas finales de Primaria, ESO y Bachillerato.

El aprendizaje basado en competencias es transversal y el perfil de salida se logra con la participación de todos los aprendizajes. A su vez, cada competencia clave se refuerza en las demás. No existe una competencia más importante que otra, ni una relación exclusiva entre una competencia y un área, ámbito o materia, sino que todas se aplican y se desarrollan en las diferentes áreas, ámbitos o materias y en su conjunto.

Cada competencia clave se define mediante una serie de descriptores operativos, que indican los desempeños concretos que el alumnado debe alcanzar al final de la etapa educativa.

Estos descriptores operativos sirven de referencia para especificar otros elementos curriculares en las áreas, ámbitos o materias. Los descriptores establecen el vínculo entre las competencias clave y las competencias específicas de cada área, materia o ámbito, pues estas últimas se han elaborado a partir de aquellos.

La relación entre los descriptores operativos y las competencias específicas facilita la evaluación del grado de adquisición de las competencias clave definidas en el perfil de salida y, por consiguiente, el cumplimiento de las competencias y objetivos establecidos para la etapa.

Con respecto a la ley anterior, la LOMCE, presenta las siguientes diferencias principales:

- Elimina los estándares de aprendizaje.
- Elimina la clasificación de las materias en troncales, específicas y de libre configuración.
- Prescinde de las pruebas finales de Primaria, ESO y Bachillerato.
- Realiza evaluación de diagnóstico en 4.º de Primaria y en 2.º de ESO.

- Puede obtenerse el título de bachiller con una materia suspensa si así lo considera el equipo docente.
- El castellano y las lenguas cooficiales son lenguas vehiculares.
- Incluye a la FP de Grado Básico dentro de la educación básica.
- Se incluye en 5.º y 6.º de primaria asignatura Educación en Valores Cívicos y Éticos.
- Se eliminan los itinerarios.
- Se eliminan las pruebas finales de Primaria, ESO y Bachillerato.
- De forma excepcional en 4º de ESO se podrá permanecer en él un año más, siempre que el equipo docente lo considere conveniente.
- El alumno o alumna podrá permanecer en el mismo curso una sola vez y dos veces como máximo a lo largo de la enseñanza obligatoria.
- Nuevas competencias clave:
 - Competencia en comunicación lingüística (CCL).
 - Competencia plurilingüe (CP).
 - Competencia matemática y competencia en ciencia y tecnología (STEM)
 - Competencia digital (CD).
 - Competencia personal, social y de aprender a aprender (CPSAA)
 - Competencia ciudadana (CC).
 - Competencia emprendedora (CE).
 - Competencia en conciencia y expresión culturales (CCEC).

Las materias de los tres primeros cursos de la ESO son:

- Biología y Geología.
- Educación Física.
- Educación Plástica, Visual y Audiovisual.
- Física y Química.
- Geografía e Historia y, si la hubiere, Lengua Cooficial y Literatura.
- Lengua Extranjera.
- Matemáticas.
- Música.
- Tecnología y Digitalización.

El bachillerato se organizará en materias comunes, en materias de modalidad y en materias optativas. Las modalidades e itinerarios del Bachillerato son:

- Artes.
- Ciencias y Tecnología.
- General.

- Humanidades y Ciencias Sociales.

Las materias comunes del Bachillerato son:

- Educación Física.
- Filosofía.
- Historia de la Filosofía.
- Historia de España.
- Lengua Castellana y Literatura y, si la hubiere, Lengua Cooficial y Literatura.
- Lengua Extranjera.

3.2.1. La LOMLOE y la enseñanza de la física en la ESO

Los saberes básicos están agrupados de la siguiente forma. De 1.º a 3.º de ESO los contenidos están estructurados en los siguientes bloques temáticos:

- Las destrezas científicas básicas.
- La materia.
- La energía.
- La interacción.
- El cambio.

La Física y Química es optativa en 4.º de ESO y contiene los siguientes bloques temáticos:

- Las destrezas científicas básicas.
- La materia.
- La energía.
- La interacción.
- El cambio.

3.2.2. La LOMLOE y la enseñanza de la física en el Bachillerato

El Bachillerato debe proporcionar a los estudiantes una formación integral, promoviendo tanto su madurez intelectual como humana. Además de inculcar conocimientos, debe proporcionar a los estudiantes las habilidades y actitudes esenciales necesarios para desenvolverse en la sociedad y entrar en la vida laboral con responsabilidad y aptitud. Asimismo, debe facilitar la adquisición de las competencias esenciales para su futuro académico y profesional, preparándolos para acceder a la educación superior. Para lograr estos objetivos, es fundamental que esta etapa educativa contribuya al avance del desarrollo de las competencias claves que se espera hayan alcanzado al concluir la Educación Secundaria Obligatoria.

La signatura de Física y Química 1º Bachillerato, al igual que la Física y la Química de 2.º de Bachillerato se encuentran dentro de la modalidad Ciencias y Tecnología. Los saberes básicos de la asignatura Física y Química 1.º de Bachillerato están agrupados en los siguientes bloques temáticos:

- Enlace químico y estructura de la materia.
- Reacciones químicas.
- Química orgánica.
- Cinemática.
- Estática y dinámica.
- Energía.

Los saberes básicos de la asignatura están agrupados en los siguientes bloques temáticos:

- Campo gravitatorio.
- Campo electromagnético.
- Vibraciones y ondas.
- Física relativista, cuántica, nuclear y de partículas.

Al igual que ocurría con la LOMCE, en el segundo año de bachillerato, los estudiantes tienen la opción de seleccionar Física como materia individual, así como Química. Además, pueden elegir al menos dos asignaturas de entre una variedad que incluye Física, Química, Biología, Dibujo Técnico II y Geología. Este abanico de opciones permite a los alumnos personalizar su currículo educativo según sus intereses y aspiraciones, proporcionándoles una experiencia formativa más enriquecedora y adaptada a sus necesidades individuales.

El informe que presentó la Real Sociedad Española de Física y su División de Enseñanza y Divulgación de la Física al Ministerio de Educación y Formación Profesional relativo al Proyecto de Ley Orgánica para la modificación de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, con fecha del 19 de mayo de 2020, ofrece valiosas propuestas que merecen consideración. En este contexto, se destacan las siguientes recomendaciones específicas, tal como se cita textualmente:

1. Establecer que la Física y la Química sea materia obligatoria en el 1º curso de la modalidad de Ciencias y Tecnología y aprovechar la promulgación de la nueva ley para desdoblarla, ya en 1.º de Bachillerato, en dos asignaturas independientes, una de Física y otra de Química.

2. Establecer que la Física sea materia obligatoria en 2.º curso de Bachillerato para las modalidades científico-tecnológicas y preferente en el itinerario biosanitario.

Estas propuestas evidenciaban el firme compromiso de la Real Sociedad Española de Física y su División de Enseñanza y Divulgación de la Física con la mejora continua de la enseñanza de la Física, con el objetivo de impulsar el progreso científico y tecnológico, así como de formar individuos críticos y competentes en el ámbito de la física y la ciencia en general. Lamentablemente, estas sugerencias no fueron tomadas en consideración. Por consiguiente, se reitera la problemática previamente planteada en relación con los itinerarios establecidos por la legislación anterior, la LOMCE.

CAPÍTULO IV. EL PROCESO DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE

4. El proceso de enseñanza-aprendizaje

Antes de describir algunas de las teorías de aprendizaje y las estrategias de enseñanza, comenzaremos con una breve aproximación al proceso de conocimiento.

El ser humano desde su inicio ha tenido el anhelo de buscar explicaciones a los sucesos que tienen lugar a su alrededor. Este afán por aprender le ha llevado con el paso del tiempo a intentar dar respuestas a preguntas cada vez más complicadas.

La epistemología es la ciencia que se encarga de estudiar el conocimiento. A diferencia de la gnoseología, que también estudia el conocimiento, la epistemología estudia el conocimiento científico. Etimológicamente, la palabra proviene de la raíz griega *episteme*, 'ciencia'.

Podemos encontrar varias definiciones de epistemología, una de ellas la cita A. V. Ramírez (2009):

«El campo del saber que trata del estudio del conocimiento humano desde el punto de vista científico.»

Discernir qué es el conocimiento es algo que ha sido objeto de estudio desde la Antigüedad. Así, los griegos distinguían entre *doxa* u opinión, un conocimiento superficial, popular, vinculado a la apariencia, y empírico con respecto a *episteme*, lo que hoy en día entendemos como conocimiento científico. Para los griegos, la *episteme* buscaba las causas de las cosas, era objetiva y, por tanto, versaba sobre la realidad misma.

Platón consideraba que el conocimiento ya existía en el individuo por el mero hecho de nacer, estaba presente en su alma, por lo que lo único que debía hacer el sujeto es aprender a extraerlo de su interior. Por su parte, Aristóteles consideraba que el conocimiento se adquiría a través de los sentidos y la experiencia con el mundo exterior.

Con la llegada de la antigua Roma, la filosofía ocupa un papel menos preponderante con respecto a Grecia. Roma está más interesada en llevar este conocimiento a la práctica. Al final del Imperio romano, con la llegada del cristianismo, se desarrolla la cultura y el pensamiento occidental y cristiano.

Tras la caída del Imperio romano comienza la Edad Media, una época en la que el conocimiento se refugia en los conventos y está centrado en la idea de Dios. Es en

las instituciones eclesiásticas donde se transmite y, por ello, este periodo toma el nombre de escolástica.

El Renacimiento impulsó la búsqueda de nuevos conocimientos gracias a personajes como Descartes, Locke y Leibniz. El racionalismo sostiene que la razón es la vía hacia el conocimiento y Descartes y Leibniz están entre los seguidores de esta teoría. Por otro lado, el empirismo argumenta que es la experiencia la que lleva al conocimiento y como seguidor de esta teoría está Locke.

Descartes recomienda la duda metódica, cuestionando todo hasta llegar a una respuesta indudable. Según Descartes, este proceso de duda contribuye a la creación del conocimiento.

Por su parte Locke, dentro de la corriente empírica, aduce que el conocimiento no es innato, sino que proviene de la propia experiencia del individuo.

Durante el siglo XVII hubo un gran avance en las ciencias exactas con destacados personajes como Gauss, quienes desarrollaron modelos matemáticos capaces de predecir eventos posibles.

En el siglo XX surgieron otras corrientes como, por ejemplo, el conductismo. Pensadores conductistas como Skinner creían que la conducta del individuo podía ser moldeada por las condiciones externas a las que estaba sometido el sujeto; es, por tanto, una variante del empirismo.

Por otro lado, pensadores como Wertheimer y Köhler fueron partícipes en crear la conocida como la Escuela de la Gestalt. Esta teoría sugiere que el todo es más que la suma de las partes, es decir, que la percepción, el pensamiento y el comportamiento humanos no se pueden explicar por los elementos aislados que los componen, sino por la forma en que se organizan y se relacionan entre sí.

En la actualidad son varias las corrientes epistemológicas (Padrón J., 2007) involucradas en el estudio del aprendizaje. Así, para Driscoll (2000) y Salgado (2006) las más representativas son:

- **Objetivismo:** la experiencia es el método para llegar a la realidad, una realidad que es independiente del sujeto y puede ser descrita mediante leyes.
- **Pragmatismo:** el conocimiento puede obtenerse a través de la experiencia y la razón. Si bien existe una realidad objetiva, puede que nuestro conocimiento no corresponda con esa realidad. El conocimiento puede adquirirse de forma empírica o racional, pero es provisional y no absoluto.
- **Interpretacionismo:** la realidad se construye a través de la interpretación que cada individuo realiza del mundo que le rodea.

Otros autores establecen otras clasificaciones epistemológicas; así, por ejemplo, para Damián Rodríguez Zambrano (2020), las principales corrientes epistemológicas son: el empirismo lógico, el racionalismo, el constructivismo, la hermenéutica, el posmodernismo y el sociocriticismo.

4.1. Tipos de conocimiento

Existen varios tipos de conocimiento y diversas formas en las que el ser humano adquiere y estructura la información para abordar los desafíos que se le presentan (Padrón, 2007). Están, entre otros:

- **Conocimiento empírico.** Este tipo de conocimiento se logra a través de la propia experiencia y la observación. Se obtiene mediante los sentidos y se desarrolla al realizar actividades de forma repetida. Este modo de actuar permite crear modelos de comportamiento que son útiles para resolver situaciones reales.
- **Conocimiento filosófico.** A medida que progresa el ser humano, le surgen nuevas cuestiones sobre el mundo que le rodea. Utiliza el análisis y el razonamiento para estudiar la información y genera nuevas conclusiones y preguntas. Utiliza, por tanto, el razonamiento y la observación como herramientas de análisis.
 - Este tipo de conocimiento se remonta a tiempo anteriores a la Revolución Científica por lo que se le considera independiente del conocimiento científico. Es crítico, en cuanto a que cuestiona todo para detectar posibles contradicciones, y sistemático, al presentar de forma ordenada sus argumentaciones.
- **Conocimiento científico.** El ser humano, en su afán de dar respuesta a sus interrogantes, utiliza un nuevo enfoque, el conocimiento científico. El conocimiento científico presenta diferencias con respecto al conocimiento filosófico debido a las propias peculiaridades que tiene la ciencia, una de ellas, su capacidad de verificación. El conocimiento científico aplica del método científico para generar nuevos conocimientos.

El método científico ha sido desarrollado a lo largo de la historia por los grandes hombres de ciencia como, por ejemplo, Isaac Newton y Galileo Galilei. La utilización de un método basado en el estudio y la experimentación supuso un avance en el conocimiento, eliminando algunas concepciones erróneas que trataban de explicar el mundo con ayuda de antiguas creencias.

El conocimiento científico se basa en hipótesis que deben ser comprobadas y utiliza la investigación como proceso que permite validar la teoría.

Es sistemático, ordenado, metódico y objetivo, pues se aleja de las interpretaciones subjetivas en búsqueda de aproximarse a la realidad. Es verificable, por ello cada proposición científica debe de ser probada. La precisión, la coherencia y la experimentación son necesarias para presentar un resultado científico. Además, el conocimiento científico es universal, pues las leyes científicas se cumplen independientemente del lugar donde se apliquen.

- **Conocimiento intuitivo.** Se consigue a través de la intuición, sin un análisis o razonamiento propio. Surge a partir de los sentidos y la propia experiencia.
- **Conocimiento religioso.** Se sustenta en el dogma, la fe religiosa y lo considera como la verdad absoluta.

4.2. Teorías de aprendizaje

Antes de comentar algunos modelos de aprendizaje, es importante describir lo que se conoce como aprendizaje. Son muchas las definiciones, una de las cuales la propone Schunk (1997) y la cita Salgado (2006):

«Aprender es un cambio perdurable de la conducta o en la capacidad de conducirse de manera dada como resultado de la práctica o de otras formas de experiencia».

Las teorías de aprendizaje explican cómo el ser humano adquiere nuevos conocimientos. Existen diferentes enfoques sobre el proceso de aprendizaje y a continuación comentaremos las más significativas.

4.2.1. Teoría conductista

En esta teoría cobra gran importancia el refuerzo como recurso de aprendizaje y estudia la relación entre estímulos y respuestas. Algunos teóricos del conductismo son: Paulov, Skinner y Thorndike.

Esta teoría partió de los estudios realizados sobre el comportamiento animal. A principios del siglo XX, John B. Watson, a partir de los trabajos de Ivan Pavlov y Edward Lee Thorndike sobre conducta animal, elaboró sus primeros trabajos sobre la conducta humana.

Con posterioridad, B. F. Skinner completó la teoría con el método de aprendizaje conocido como condicionamiento operante.

Según esta teoría, aprendemos por la experiencia y la contribución de los estímulos externos. A los estímulos que buscan fortalecer la conducta se les denomina reforzadores o refuerzos positivos y a los estímulos que tratan de modificar una conducta se les denomina estímulos aversivos.

Podemos encontrar, fundamentalmente, dos tipos de aprendizaje:

- **Condicionamiento clásico:** es el aprendizaje por reflejos condicionados, por respuesta automática ante un estímulo. El precursor de este campo de estudio es Ivan Pavlov, el dueño del famoso perro que lleva su nombre y al cual sometió a determinados experimentos de comportamiento.
Pavlov comprobó que el perro segregaba saliva cuando veía comida y realizó el siguiente experimento: hacía sonar una campana cada vez que le suministraba comida. Tras un breve periodo de tiempo, comprobó que el perro segregaba saliva cada vez que hacía sonar la campana, lo que demostraba que había aprendido de forma involuntaria a dar respuesta a ese estímulo.
- **Condicionamiento operante:** en este caso las respuestas del sujeto ya no se realizan de forma involuntaria, como en el caso anterior. Los principales investigadores de esta corriente fueron Thorndike y Skinner.
Skinner también trabajó con animales y estableció conclusiones sobre la conducta. En concreto, ideó la conocida como caja de Skinner, una caja que contenía varios mecanismos y en cuyo interior se situaba una rata o una paloma. En el suelo de aquella caja había una palanca que permitía obtener comida, y cuando el animal se percataba de que al pulsar la palanca se obtenía la comida, la terminaba accionando. En una segunda parte del experimento se incorporó una campana que sonaba justo antes de que el animal pudiese accionar la palanca y lo aprendió, accionando la palanca justo después de escuchar aquella campana.

En educación, el alumno aprende a partir de la información facilitada por el profesor de forma secuenciada, en pequeños pasos. Para progresar, cada tramo superado durante el proceso de enseñanza-aprendizaje requiere del refuerzo de respuesta correcta, mostrando las calificaciones el avance en el proceso. Esta teoría admite el principio determinista al considerar que la conducta humana está determinada por los estímulos exteriores.

Tiene gran importancia el empleo de refuerzos positivos durante el aprendizaje. Estos refuerzos en forma de resultados de aprendizaje, y su evolución positiva, son realizados por el profesor y/o por una plataforma virtual. Para ello, el proceso de evaluación es continuo con la ayuda de ejercicios y cuestionarios.

4.2.2. Cognitivismo

La psicología cognitiva estudia el funcionamiento de la mente. Investiga cómo interpreta, procesa y almacena la información y cómo actúa ante las situaciones cotidianas que se le plantean. Estudia, por tanto, los procesos de: percepción, atención, memoria, pensamiento y lenguaje.

A finales de los años 50 del siglo XX se avanzó un paso con respecto a las teorías conductistas anteriores y comenzó a abordarse una nueva forma de estudiar los modelos de aprendizaje al buscarse un enfoque desde el punto de vista cognitivo. Impulsores de esta teoría como Frederick Bartlett, George Kelly, Piaget y Ausubel, estudiaron los procesos cognitivos que intervienen en el pensamiento, la resolución de problemas, el lenguaje, la asimilación de conceptos y la transmisión de información (Ertmer y Newby, 1993). Bartlett y Kelly consideraban que el comportamiento humano podría ser comprendido realizando estudios sobre los esquemas y los constructos mentales (Salgado, 2006). Las personas, según Bartlett, cuando recordamos un pasaje de nuestra vida, completamos los «espacios vacíos» con ayuda de nuestras experiencias e interpretaciones personales. Por su parte, Kelly se interesó por el hecho de cómo las personas forman su propia visión del mundo que les rodea y el concepto que tiene cada uno de sí mismo.

Piaget estudió cómo se consigue el desarrollo del conocimiento a partir de la asimilación, la forma en que cada persona incorpora las informaciones nuevas a su estructura mental, y la acomodación, que es la manera en la que cada persona modifica su estructura mental para incorporar esas informaciones.

A su vez, para Piaget el sujeto atraviesa a lo largo de su vida por varias etapas:

- Etapa sensoriomotora: desde el nacimiento hasta los 2 años. En esta etapa los niños adquieren los conocimientos mediante sus experiencias sensoriales.
- Etapa preoperacional: desde los 2 años hasta los 7 años. En esta etapa los niños aprenden por imitación, quieren imitar a los que están a su alrededor sin comprender realmente muchas veces lo que están observando.
- Etapa operaciones concretas: de 7 a 11 años. Los niños en este periodo comienzan a utilizar la lógica.
- Etapa operaciones formales: desde la adolescencia hasta la edad adulta. Se adquiere la capacidad de utilizar el razonamiento deductivo y comprender las ideas abstractas. Durante esta etapa el joven aprende a pensar de una forma más científica sobre el mundo que le rodea.

Con la llegada de los ordenadores a mitad del siglo XX surgió un nuevo modelo basado en el cognitivismo y conocido como el modelo de procesamiento de la información. Según esta teoría, el ser humano y los ordenadores son sistemas de procesamiento parecido, ya que intercambian información con su entorno con la ayuda de símbolos (Leiva, 2005).

El cognitivismo estudia la mente con la finalidad de conocer cómo se organiza, percibe y localiza la información para buscar la mejor estrategia a la hora de presentar los nuevos conocimientos. Por ejemplo, del estudio de la mente y de sus sistemas

sensoriales se puede establecer la mejor forma de presentar los contenidos en un libro de texto o en una pantalla de ordenador, eligiendo los colores y tipografía mejores para el aprendizaje.

Este modelo señala que el aprendizaje se produce a partir de la propia experiencia, pero, a diferencia del modelo conductista, no por un simple traslado de la realidad, sino por la interpretación que se hace de esa realidad.

El rol del profesor es el de confeccionar y organizar los contenidos para que el alumno aprenda a aprender, no ejerciendo un papel tan protagonista como en el caso del modelo conductista.

Interesa en este modelo conocer los procesos de aprendizaje y el funcionamiento de la mente, más que los resultados obtenidos.

4.2.3. Constructivismo

Según Viaplana y Besora (2000):

«El constructivismo propone que es el sujeto (observador) quien activamente construye el conocimiento del mundo exterior, y que la realidad puede ser interpretada en distintas formas. Así, la idea de adquirir un conocimiento “verdadero” acerca de la realidad se desvanece. Esta visión contrasta con el objetivismo, que sostiene que la realidad se representa directamente en la mente del sujeto, quien recibe pasivamente los estímulos del entorno. Así, para el objetivista, la realidad es lo que nos manifiestan los sentidos, mientras que para el constructivista, los sentidos solo nos hacen sensibles a la experiencia, en la construcción de la cual nuestro sistema participa activamente.»

Para este modelo, el aprendizaje es el proceso por el que el alumno va construyendo su conocimiento a partir de lo aprendido con anterioridad.

El conocimiento se construye a partir de la experiencia y el aprendizaje es una interpretación personal de la experiencia. El sujeto, por tanto, ocupa un lugar activo en este proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos conocimientos adquiridos por parte de la experiencia son ordenados por el sujeto con la finalidad de darles un significado. Como cada experiencia es personal, cada persona construye su realidad.

Se concibe el aprendizaje como un proceso en el que cada individuo va adquiriendo nuevos conocimientos, cada vez más complejos, pudiéndose cambiar con el transcurso de nuevas experiencias.

Según Marín-Martínez y Solano-Martínez & Jiménez-Gómez, 2003, el constructivismo se puede dividir en cuatro submodelos:

- Piagetiano: surge a partir de las aportaciones de Piaget.
- Humano: se asienta sobre las aportaciones de Ausubel y su aprendizaje significativo.
- Social: tiene en cuenta las concepciones alternativas de las que parten los alumnos (Driver, R., & Easley, J., 1978)
- Radical: basado en los estudios de Ernst von Glasersfeld a partir, a su vez, de los aportes de Jean Piaget, Giambattista Vico y George Berkeley.

Impulsores de esta teoría fueron, entre otros: David Ausubel y Lev Vigotsky.

David Ausubel desarrolló, a partir de los aportes de Piaget, la teoría del aprendizaje significativo. Con ayuda del aprendizaje significativo, el contenido adquiere significado para el alumno tras incorporarlo a sus conocimientos previos (Díaz-Barriga, 2002).

Para Lev Vigotsky, los procesos sociales y culturales tienen una gran importancia en el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumno. Es, pues, de suma importancia, el medio en el que se desarrolla el individuo, las creencias y costumbres.

4.2.4. Conectivismo

Esta teoría de aprendizaje se basa en la premisa de que el conocimiento se consigue a través de redes de conexión y que el aprendizaje depende, en buena parte, de la capacidad para navegar por dichas redes. El conectivismo considera que el aprendizaje se genera a partir de las conexiones que surgen entre distintos nodos o fuentes de información interconectadas en el mundo digital. Para el conectivismo el aprendizaje es un proceso continuo y adaptable a los rápidos cambios que tienen lugar en la información.

Con la llegada de la educación basada en la inteligencia artificial, los nodos proveedores de información tienen un alto grado de decisión con respecto a la información que se necesita, almacenando y mostrando solo la información que resulta útil para dar solución a un problema. Con ello, el aprendizaje pasa a ser colaborativo bajo la tutoría de un instructor o nodo inteligente, que aprende de las necesidades del usuario (López y Escobedo, 2021).

4.3. Estrategias de aprendizaje

Expuestas algunas teorías de aprendizaje, las más representativas, es importante estudiar para cada una de ellas la mejor estrategia a desarrollar. Existen varias definiciones sobre estrategias de aprendizaje, una de ellas es la de Nisbet y Shucksmith (1994), quien las define como: «las secuencias integradas de

procedimientos o actividades que se eligen con el propósito de facilitar la adquisición, el almacenamiento y/o la utilización de información o conocimientos».

Las estrategias didácticas son, por tanto, las acciones y procedimientos ideadas por el tutor o docente con la finalidad de que el alumno progrese adecuadamente durante su proceso de enseñanza-aprendizaje.

Cada teoría educativa tiene sus características, sus pros y sus contras. Durante un curso académico pueden aplicarse varias estrategias de enseñanza basadas en distintas teorías de aprendizaje.

Desde el enfoque conductista, son necesarios los reforzadores, algunos de los cuales son escuchar, alabar y animar, encaminados a lograr la adquisición de conductas. El profesor va guiando, ayudando, animando al alumno con la finalidad de reforzar su conducta.

En el modelo conductista juegan gran importancia la repetición y el repaso de cara a que el alumno desarrolle las destrezas, hábitos y, con ello, asimile los conocimientos impartidos.

El profesor ejerce como transmisor de conocimientos y el alumno como receptor de esos conocimientos y es el método utilizado en la enseñanza conocida como «tradicional». El alumno es el sujeto pasivo al que se le van impartiendo los contenidos. Su papel es el de recibir, memorizar y repetir los contenidos transmitidos por el profesor.

La relación entre el profesor y el alumno es asimétrica, jugando el profesor un papel activo al transferir los conocimientos, los estímulos, castigos y refuerzos, mientras que el alumno es sujeto pasivo, recibe la información y la memoriza, pero no realiza trabajo creativo. Para ello, se establecen unos objetivos a cumplir al término de cada unidad didáctica. Estos contenidos deben estar bien estructurados y ordenados en pequeños bloques de contenidos, situando al término de estos una batería de ejercicios a modo de comprobación de lo anteriormente explicado.

Se puede aplicar este enfoque conductista en un curso académico para los aspectos de tipo organizativo como, por ejemplo, definir la estructura, los objetivos y la organización de un curso. Para ello, se pueden efectuar las siguientes tareas:

- Definir los resultados a conseguir al término del curso.
- Realizar las pruebas necesarias para comprobar si los alumnos han alcanzado los objetivos perseguidos.
- Organizar y estructurar los materiales didácticos del curso desde lo más simple a lo más complicado.

- Proponer tareas que requieran el reforzamiento de la memoria y el aprendizaje de rutinas.

Las estrategias cognitivas están destinadas a mejorar la incorporación de la información recibida en la memoria del alumno, por ello, el aprendizaje ha de tener en cuenta los conocimientos previos de los alumnos. Para ello:

- Es importante explicar estrategias mnemotécnicas.
- Diseñar estrategias encaminadas a mejorar la presencia de los materiales, hacerlos más visuales y atractivos, incluyendo diversos formatos (textos, animaciones, vídeos, etc.).
- Incluir actividades que tengan en cuenta el estilo de aprendizaje de los alumnos.
- Estructurar los contenidos desde lo más fácil a lo más complejo.
- Elaborar actividades que relacionen la información recibida con la expuesta con anterioridad.
- Incluir actividades que fomenten el aprendizaje por descubrimiento.
- Incluir tareas que requieran de construcción de esquemas y realizar clasificaciones.

Las estrategias constructivistas van encaminadas a que el alumno asimile la información, aprenda a pensar y adquiera sus propias estrategias de aprendizaje. Para tales fines:

- Se deben incorporar actividades de supuestos reales, próximas a la realidad, en las que el alumno pueda poner en práctica lo recientemente aprendido.
- Añadir actividades de búsqueda y ampliación de información.
- Incorporar actividades que induzcan a la reflexión.
- Fomentar el aprendizaje colaborativo.
- Fomentar el aprendizaje significativo. Los nuevos conocimientos que se imparten deben estar relacionados con los anteriores y apoyados en la práctica.

Cobra más valor el aprendizaje por resolución de ejercicios que el memorístico.

Mediante estrategias constructivistas el rol del profesor es el de orientador, facilitador del conocimiento e intermediario del proceso de enseñanza-aprendizaje, y el alumno, al contrario de la teoría conductista, de mero receptor del conocimiento pasa a ser responsable de su propio aprendizaje.

Mención aparte merece el aprendizaje autónomo. Inmersos en estos momentos en el gran auge de las TIC, este tipo de aprendizaje cobra cada vez un mayor interés. El aprendizaje autónomo permite desarrollar autonomía y habilidades para afrontar los desafíos de la vida y el trabajo. El docente orienta al estudiante en este proceso,

fomentando la reflexión y el pensamiento crítico, y no solo se encarga en transmitir conocimientos. El uso de las TIC y los recursos digitales de los entornos virtuales facilitan la comunicación fluida y la participación activa en el aprendizaje autónomo (Vera y Morocho, 2021).

4.4. Modelos didácticos de aprendizaje de las ciencias

Existe disparidad en cuanto a las maneras de definir lo que es un modelo didáctico. Según Joyce y Weil (1985) un modelo es «un plan estructurado que puede usarse para configurar un currículo, para diseñar materiales de enseñanza y para orientar la enseñanza en las aulas...».

Según Cañal y Porlán (1987) un modelo didáctico es «una construcción teórico-formal que, basada en supuestos científicos e ideológicos, pretende interpretar la realidad escolar y dirigirla hacia unos determinados fines educativos».

Los modelos didácticos son planteamientos, enfoques didácticos que pretenden ayudar al profesorado durante la toma de decisiones de cara a elegir el mejor método de enseñanza aprendizaje para cada grupo de alumnos. (2015)

A lo largo de los años se han ido aplicando diversos modelos educativos. Son muchos los modelos, enfoques y clasificaciones que han ido aportando los especialistas sobre metodología didáctica como, por ejemplo, los trabajos de Joyce y Weil (1985), Porlán y Rivero (1998), Estebaranz (1999) y Pierre Astolfi (1997), entre otros.

Para este trabajo describiremos cuatro de estos modelos, los más empleados para la ciencia experimental y que han sido ordenados por el año de aplicación: modelo de transmisión-recepción, modelo tecnológico científicista, modelo de descubrimiento y modelo constructivista.

4.4.1. El modelo de transmisión-recepción

Los enfoques innovadores son poco frecuentes en las aulas de educación secundaria (García y Gil, 2022).

El modelo de transmisión-recepción es el más aplicado en la enseñanza presencial en la actualidad. En este caso, el profesor transmite los conocimientos al alumno con una clase magistral y con ayuda de pizarras, libros, vídeos, etc. Para Travé, Pozuelos y Cañal (2006):

«La enseñanza transmisiva tradicional, aún hoy mayoritaria en el panorama educativo de nuestro país, constituye una herencia cultural de los siglos XIX y XX y resulta, sin duda, un modelo educativo que no puede satisfacer los requerimientos de la sociedad

actual. Su inadecuación puede estar en la base de los mediocres resultados obtenidos por los estudiantes de secundaria de nuestro país según el informe PISA (2000 y 2003). Las sociedades actuales, caracterizadas por los procesos de globalización, flexibilidad e interculturalidad, parecen requerir otro tipo de enfoques educativos que generen nuevas capacidades y conocimientos para afrontar la incertidumbre y para promover la comprensión y el tratamiento de problemas (Morin, 2002; Esteve, 2004; García Pérez, 2005).»

El profesor expone oralmente los conceptos y el alumno escucha; es, por tanto, una transmisión lineal del conocimiento en el que el alumno tiene una función pasiva. En esta metodología juega un papel importante la memorización y la repetición y el libro de texto ayudará a afianzar lo explicado en clase.

En este modelo es el profesor el centro (magistrocentrismo), el modelo y guía para el grupo. Además de impartir conocimientos, el maestro debe fomentar el interés y la creatividad de los alumnos, ya que repercutirá directamente en su proceso de enseñanza-aprendizaje.

Fomenta este modelo el enciclopedismo, siendo los alumnos los agentes pasivos de este proceso. Es, pues, una metodología basada en la acumulación de conocimientos, la memorización mecánica, y en la que el alumno es como un libro en blanco en el que ir incorporando lo que explica el docente. Unos contenidos fragmentados en la mayor parte de los casos y ausentes, si no se estructuran adecuadamente, de una correlación entre los mismos que ayude a dotar de una mayor claridad y utilidad lo explicado.

Los detractores de esta metodología argumentan que por muy bien que se expliquen los conceptos, no se entenderán si el alumno no los ha visto o aplicado con anterioridad. Es difícil que los alumnos adquieran conocimientos que den respuesta a conceptos que nunca se han planteado y que más tarde olvidarán por poco interés y falta de conexión entre lo explicado y sus experiencias diarias.

Además, este modelo no trabaja a favor de la autonomía e iniciativa del alumno, lo que puede ocasionar problemas en el futuro en su toma de decisiones.

4.4.2. Modelo tecnológico científicista

Es un paso posterior al modelo tradicional, un intento de mejora de este modelo que busca una educación «más moderna» (García Pérez, F. F., 2000). Con el modelo tecnológico científicista, el profesor continúa teniendo el papel de transmisor lineal de los conocimientos, pero se dota a las clases de asistencia al laboratorio como recurso, a modo de comprobación de lo recientemente explicado. El profesor tiene el papel

principal como difusor del conocimiento y sigue una programación ordenada y planificada desde el inicio del curso mientras que el alumno ejerce de sujeto pasivo, realizando las actividades prácticas dirigidas por el profesor.

El alumno sigue teniendo un papel pasivo durante el proceso de enseñanza aprendizaje, pero gracias a la incorporación del laboratorio puede comprobar que los contenidos teóricos pueden ser comprobados experimentalmente en unas prácticas elegidas, planificadas y diseñadas con anterioridad por el profesor.

Se incorporan medios tecnológicos como, por ejemplo, las prácticas de laboratorio, audiovisuales, medios informáticos, etc., pero dirigidos por el profesor y prevaleciendo siempre la clase magistral. Es un modelo en el que la investigación no tiene cabida en el aula.

4.4.3. Modelo por descubrimiento

Este modelo surge en Estados Unidos a partir de mediados del siglo XX y está basado en la observación objetiva, la observación que dará lugar a conclusiones. El alumno debe descubrir por sí mismo, a partir de datos empíricos, los conceptos científicos que existen tras la cuestión inicial.

Algunos de los fundadores de este modelo son Jean Piaget y Jerome Bruner. El alumno posee en su propia esencia innata el deseo de descubrir y comprender el mundo que le rodea y, según los autores, este hecho debería replantear la manera de educar. En palabras de Piaget (1970) y reproducidas por Pozo (1989): «cada vez que se le enseña prematuramente a un niño algo que hubiera podido descubrir solo, se le impide a ese niño inventarlo y en consecuencia entenderlo completamente».

Se utiliza el método científico, dando prioridad a la experimentación frente a la teoría. Se pretende con este modelo que el alumno no solo asimile por sí mismo los conceptos científicos, sino que actúe como un científico.

Los conocimientos dejan de ser estáticos y transmitidos solo por el profesor mediante una clase magistral. Se busca que el alumno, al realizar por sí mismo la experiencia, se plantee preguntas y establezca conclusiones, lo que ayudará a asimilar mejor los contenidos nuevos.

Para ello se establecen varios pasos a la hora de abordar un problema:

- Planteamiento del problema.
- Identificación de las variables que intervienen.
- Establecer hipótesis.
- Comprobar hipótesis.

Con la aplicación de este modelo, los alumnos aprenderán por sí mismos los conocimientos, siendo la labor del profesor la de guiarlos durante este proceso de enseñanza-aprendizaje. Los alumnos aprenden solucionando problemas de la vida cotidiana y se convierten en pequeños investigadores, ejerciendo el profesor de coordinador, guiando a los alumnos y planteándoles preguntas para que las resuelvan.

El libro de texto deja de ser uno de los principales protagonistas en cuanto a contenedor de saberes. Basta con unos pequeños guiones con un texto a modo de introducción, unos objetivos marcados y unas tareas a realizar haciendo uso de la investigación, el descubrimiento y el aprendizaje colaborativo.

Para que este modelo pueda llevarse a cabo de la mejor forma posible debe cumplir una serie de condiciones:

- La búsqueda de datos y los objetivos deben ser abarcables para el alumno.
- Los objetivos tienen que ser interesantes para los alumnos.
- Hay que estar al tanto de los conocimientos previos de los alumnos.

El conocimiento los aprende uno mismo y la meta de este tipo de metodología es que el alumno adquiera destrezas en cuanto a pensamiento crítico y autonomía de organización.

Algunos detractores de esta teoría argumentan que es difícil que el alumno llegase a conclusiones claras a partir de su propia experiencia (Ruiz Ortega, 2007), además, por falta de tiempo y de dotación presupuestaria, es complicado llevarla a cabo.

La falta de enseñanzas teóricas puede influir en la adquisición por parte del alumno de ideas previas en ciencia, a preconceptos erróneos, ya que la experiencia puede conducir a conclusiones equivocadas si no se tienen adquiridos antes los conocimientos teóricos.

Para investigar es importante tener un amplio conocimiento de los conceptos teóricos pues, como señala (Ruiz Ortega, 2007):

«Con lo anterior se configura aún más la crisis del modelo, al considerar irrelevantes los contenidos, pues es más importante la aplicación del método científico y su cumplimiento riguroso (o la comparación de la mente del educando con la del científico), que la discusión de lo conceptual o la identificación como se dijo anteriormente, de una estructura interna de la ciencia y de su contextualización epistemológica, además del desconocimiento de la mente y estructura cognitiva en el educando, fundamentales en los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias.»

4.4.4. Modelo constructivista

El modelo constructivista estimula la creatividad, la colaboración, el intercambio de conocimientos y experiencias de manera interactiva y atractiva. Así, los estudiantes logran un mejor desempeño en su formación académica y adquieren un aprendizaje significativo (Murrieta et al, 2023).

El alumno no es un recipiente vacío que hay que ir llenando de conocimientos. Según este modelo, los alumnos parten de unos conocimientos sobre los cuales han de fijarse las nuevas enseñanzas y en muchos casos estos conocimientos iniciales van acompañados de errores conceptuales.

De esta ampliación de conocimientos va a depender en gran medida la propia personalidad del alumno. El alumno no aprende solo con repetir lo que se ha expuesto con anterioridad en el aula, sino que aprende cuando es capaz por sí mismo de interiorizar las enseñanzas facilitadas por el profesor.

El aprendizaje debe ser continuo, aumentando en complejidad. Los contenidos han de estar relacionados y apoyados en lo anteriormente explicado. Esta teoría fomenta la reflexión y el aprendizaje en detrimento de la capacidad memorística. Se busca relacionar los conocimientos con casos reales.

Este modelo tiene en cuenta las ideas previas de los alumnos, ideas que repercuten en su proceso de enseñanza-aprendizaje. Con este modelo, se construye el conocimiento apoyado en ejercicios y actividades, y con ayuda del profesor.

Este modelo busca que los alumnos aprendan resolviendo ejercicios y situaciones cercanos. Pretende, por tanto, que el alumno aprenda a «saber hacer» más que a aprenderse unos conceptos de memoria. Es importante relacionar la ciencia con su uso en la tecnología y en la sociedad y fomentar el aprendizaje colaborativo.

Se establecen las siguientes etapas a la hora de asimilar los contenidos:

- Indagación de ideas previas.
- Reestructuración de contenidos.
- Introducción de nuevos conceptos.
- Aplicación a otras situaciones cotidianas.

El alumno toma un papel activo, siendo el responsable de su proceso de enseñanza aprendizaje, y el profesor ocupa el papel de coordinador, estudiando los problemas conceptuales de que parten los alumnos con el fin de guiarlos durante este proceso. El profesor ayuda a que el alumno modifique sus ideas previas y, con ello, los errores conceptuales que le vayan surgiendo. Para ello, diseñará actividades para que los

alumnos apliquen lo aprendido, busquen información, trabajen el aprendizaje colaborativo, fomenten la reflexión y enlacen conocimientos.

A la hora de examinar a los alumnos, se tienen más en cuenta los ejercicios prácticos que los exámenes teóricos, ya que se da prioridad a que el alumno sea capaz de utilizar los conceptos explicados en la teoría.

Algunos estudios sugieren que existe una mejoría en la estructuración del pensamiento en los alumnos que durante su proceso de enseñanza-aprendizaje trabajan con ayuda de mapas conceptuales, aprendizaje basado en problemas y aprendizaje colaborativo, con respecto a aquellos que siguen sus enseñanzas mediante la clase magistral (Agama-Sarabia y Crespo-Knopfler, 2007).

Al igual que en el modelo por descubrimiento, la falta de horas y la escasez de dotación económica repercute en el hecho de que este modelo pueda ser llevado a la práctica con éxito.

4.5. Estilos de aprendizaje

Como sucede en muchas ocasiones, existen diferentes definiciones para un mismo concepto. A continuación, se mencionan algunas definiciones referidas al concepto de estilos de aprendizaje:

- Formas en las que las personas perciben y procesan lo que han aprendido (Kolb, 1984).
- El proceso a través del cual se adquieren y modifican habilidades y destrezas (García y Estrada, 2018).
- Modos característicos por los que un individuo procesa la información, siente y se comporta en las situaciones de aprendizaje (Smith, 1988. Citado por Albert y León, 2005).
- Variables personales que, a mitad de camino entre la inteligencia y la personalidad, explican las diferentes formas de abordar, planificar y responder ante las demandas del aprendizaje (Camarero Suárez, Martín del Buey, Herrero Díez, *et al.*, 2000).
- Rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos, que sirven como indicadores relativamente estables, de cómo los discentes perciben, interaccionan y responden a sus ambientes de aprendizaje (Keefe, 1988).
- Descripción de las actitudes y comportamientos que determinan la forma preferida de aprendizaje del individuo (Honey y Mumford, 1986).

Cada persona adquiere conocimientos de manera distinta, mostrando preferencia por determinadas estrategias cognitivas al adquirir nueva información (Gentry y Helgesen, 1998). De esta forma, los estilos de aprendizaje contribuyen en la diversidad manifiesta en un aula (González-Pianda, 2003).

Existen diferencias en la forma de adquirir un nuevo concepto por parte del alumnado. Algunos alumnos prefieren investigar en solitario y otros trabajar en grupo; unos recibir los nuevos contenidos mediante una lección magistral mientras que otros se decantan por la experimentación (Davis, 2009).

Los estilos de aprendizaje son una de las muchas variables que afectan a la calidad del proceso de enseñanza y aprendizaje. A este conjunto de variables que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje se les conoce como condicionantes del rendimiento académico. Estos condicionantes se pueden agrupar en dos niveles: personales, entre los cuales se encuentran los estilos de aprendizaje, y contextuales (González-Pianda, 2003).

Los estilos de aprendizaje forman parte del grupo de condicionantes personales, dentro de los cuales se encuentran las variables cognitivas y, junto a las demás variables personales como la inteligencia y los conocimientos previos, son una parte fundamental en la construcción de las estrategias de aprendizaje. Por tanto, contribuyen en el rendimiento académico por lo que es importante que el profesor conozca los estilos de aprendizaje de sus alumnos le permitirá diagnosticar problemas y aplicar soluciones durante el curso académico.

Existen numerosos modelos de estilos de aprendizaje (Ospina, Salazar y Meneses, 2013):

- Basados en la construcción del conocimiento: modelo de Charles Owen (1997-98).
- Apoyados en la experiencia: modelos de Jung (1923) y Dewey (1897), Bloom (1956), Kolb, Mc Intyre y Rubin (1974), Gregorc (1979), Juch (1983), Honey y Mumford (1986), Alonso *et al.* (1997), Anderson y Krathworhl (2001), Clark (2002) y Cachero *et al.* (2008).
- Basados en canales de percepción de la información: Dunn *et al.* (1979), Keefe y Monk (1986), Felder y Silverman (1988), Felder y Soloman (1996) y Gardner (1997).
- Asentados en las estrategias de aprendizaje: modelos de Ramanaiah, Ribich y Schmeck (1977), Entwistle (1998) y, por último, Marsick y Watkins (1992).
- Fundados en la interacción con otras personas: modelo de Grasha y Riechman (1975).

- Basados en la bilateralidad cerebral: modelos de McCarthy (1987) y VerLee Williams (1988).
- Basados en la personalidad: modelo de Briggs y Myers (1950).
- Basados en el aprendizaje organizacional: modelos de Argyris y Schön (1978) y McKee (1992).

4.5.1. El modelo de Honey y Mumford

El modelo de Honey y Mumford (1986) está basado en la experiencia y distingue cuatro estilos de aprendizaje fundamentados en las cuatro fases de adquisición de nuevos conocimientos mencionadas por Kolb, figura 4.1.

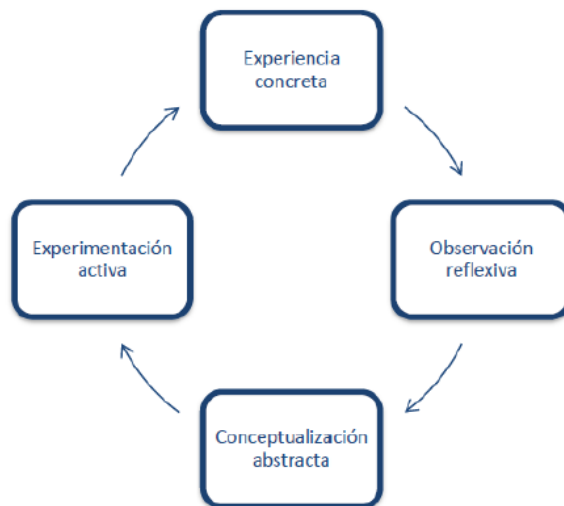


Figura 4.1. Etapas del ciclo de aprendizaje según Kolb (1984). Fuente del diagrama: Cañadas (2017).

El proceso de aprendizaje se inicia a partir de una experiencia, donde el individuo observa y reflexiona, obteniendo así la primera forma de abstracción del fenómeno. En la fase de conceptualización abstracta, el sujeto compara lo observado con la información existente. Finalmente, en la fase de experimentación activa, el individuo aplica lo aprendido y descubre posibles aplicaciones. Este proceso de aprendizaje guarda similitudes con el método científico.

El proceso de aprendizaje se inicia a partir de una experiencia, donde el individuo observa y reflexiona, obteniendo así la primera forma de abstracción del fenómeno.

De acuerdo con Kolb (1984), dado que cada persona aprende de manera única, es crucial que el proceso de aprendizaje transite por las cuatro etapas mencionadas anteriormente, ya que cada individuo se sentirá más cómodo en alguna de ellas. De

esta manera, se pueden vincular los estilos de aprendizaje de Honey y Mumford con las cuatro etapas propuestas por Kolb: el estilo activo, basado en la experiencia directa; el estilo reflexivo, fundamentado en la observación y la recopilación de datos; el estilo teórico, centrado en la conceptualización abstracta; y el estilo pragmático, enfocado en la experimentación.

En esta tesis utilizaremos la clasificación de Honey y Mumford, según la cual existen cuatro formas distintas de aprender, que se caracterizan por lo siguiente:

- **Activo.** A las personas con este estilo de aprendizaje les gusta participar plenamente y sin prejuicios en nuevas experiencias. Disfrutan de los retos, se aburren con las metas a largo plazo y prefieren el trabajo en equipo.
- **Reflexivo.** A las personas con este estilo de aprendizaje les interesa aprender de las nuevas experiencias, pero no quieren estar directamente involucradas en ellas. Recogen datos y los examinan con cuidado antes de llegar a sus conclusiones. Observan cómo actúan los demás, pero no intervienen hasta que han aprendido lo suficiente.
- **Teórico.** A las personas con este estilo de aprendizaje les va mejor cuando lo que se les enseña forma parte de un sistema, modelo, teoría o concepto. Les gusta analizar y sintetizar, sacando los supuestos subyacentes y generalizando. Para ellos, lo bueno es lo lógico.
- **Pragmático.** A las personas con este estilo de aprendizaje les atrae la aplicación práctica de las ideas. Después de descubrir las nuevas ideas, aprovechan la primera oportunidad para probarlas. Tienden a ser impacientes cuando hay personas que teorizan.

Es conveniente resaltar que las personas no solo tienen un estilo de aprendizaje pues, normalmente, y dependiendo de multitud de factores, un estudiante muestra preferencia por uno o dos estilos. Mostrar preferencia en tres estilos no es lo común y dominar todos es muy raro.

4.5.2. Relación entre estilos de aprendizaje y rendimiento académico

Según algunos estudios, los resultados académicos están condicionados por la diferencia entre la forma de enseñar del profesor y los estilos de aprendizaje de cada alumno (Gallegos, 2017). Si bien otros estudios sugieren que los estilos de aprendizaje no influyen de manera categórica en el rendimiento académico, aunque sí afecten a calificaciones intermedias de la evaluación (Cañadas, 2017), lo que podría

indicar que pueden intervenir otras variables además de los estilos de aprendizaje (González-Pienda, 2003).

Algunos estudios que sugieren esa relación son, por ejemplo:

- Pérez (2011) sostiene que los que mejor nota sacan en Física y Química son los que comparten estilos de aprendizaje con su profesor.
- Un estudio realizado por García y Justicia (1993) sobre 991 estudiantes de la Universidad de Granada relacionó los estilos de aprendizaje con el rendimiento académico. Encontraron que los estilos activo y reflexivo se asociaban con un mayor éxito académico.
- González y Gómez (2005) llegaron a la conclusión de que el mejor rendimiento de los alumnos de un aula en la asignatura de Matemáticas de Educación Secundaria Obligatoria estaba en relación con dos estilos de aprendizaje concretos: reflexivo y teórico.
- Gil y Luna (2008) encontraron la misma relación para estos estilos para alumnos que estudian la asignatura de Matemáticas de Bachillerato y propusieron un plan de mejora de la enseñanza de la asignatura.
- En cambio, Esguerra Pérez y Guerrero Ospina (2010), en su estudio sobre estudiantes de la Facultad de Psicología de la Universidad Santo Tomás (Bogotá), descubrieron que los estudiantes con tendencia por los estilos activo y reflexivo presentaban mayor rendimiento académico.
- Pierart y Pavés (2011) estudiaron los estilos de aprendizaje de los alumnos que cursaban dos carreras universitarias diferentes con una asignatura común troncal: Ingeniería Civil Biomédica y Tecnología Médica. Analizando los estilos de aprendizaje llegaron a la conclusión de la influencia de algunos estilos sobre el rendimiento académico y, además, que estos estilos eran independientes del género.
- Por último, Díaz-Serrano, Alfageme-González y Cutanda-López (2022) evaluaron la incidencia de los estilos de aprendizaje sobre el rendimiento para la asignatura de Geografía de 10 centros educativos, 21 docentes y 483 estudiantes. Según este estudio, las calificaciones eran mejores cuando el estudiante y el docente mostraban tendencias por los estilos reflexivo y teórico.

Si estos estudios están en lo cierto, los estilos de aprendizaje son un factor importante a tener en cuenta en el ámbito educativo. Los docentes deberían conocer los estilos

de sus alumnos y los suyos propios, y adaptar su metodología y sus recursos a las necesidades de cada uno. Así, se podría mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje y el rendimiento académico de los estudiantes si el docente conociera los estilos de aprendizaje de sus alumnos (García y Estrada, 2018).

Sin embargo, no siempre es posible encontrar una relación entre rendimiento y estilos de aprendizaje. A veces, el rendimiento depende poco o nada de los estilos, y depende más de otros condicionantes como revelaron otros estudios, como, por ejemplo:

- El rendimiento académico y los estilos de aprendizaje no mostraron una conexión relevante en el estudio de Castrillo y sus colaboradores (2001), que analizaron una muestra de 99 alumnos de bachillerato.
- La investigación de Suazo Galdames (2007) sobre los alumnos del curso de Anatomía Humana Normal de la Universidad de Talca (Chile) tampoco reveló una asociación entre los estilos de aprendizaje y el rendimiento académico.
- El estudio de Sánchez (2022) sobre los estudiantes universitarios de Ingeniería, que consideró el género, la carrera profesional, los niveles de preferencia y las escalas de evaluación académica, halló que el estilo reflexivo era el más frecuente, pero no encontró una relación entre el estilo y el rendimiento académico.

CAPÍTULO V. IDEAS PREVIAS

5. Ideas previas

Mora y Herrera (2009) definen las ideas previas como «Las construcciones que las personas elaboran para responder a su necesidad de interpretar fenómenos naturales, ya sea porque dicha interpretación es necesaria para la vida cotidiana, para solucionar un problema práctico o porque es requerida para mostrar cierta capacidad de comprensión que es solicitada a un sujeto por otro».

Hasta la fecha se han realizado un gran número de estudios sobre los preconceptos, las ideas previas, que los alumnos muestran en las diversas etapas educativas, como los trabajos de Covián y Celemín (2008) y Medina y Ramírez (2016), entre otros.

El alumno crea sus esquemas mentales previos y estos intervienen activamente en su aprendizaje. Estas ideas previas son difíciles de erradicar y permanecen tras el paso del alumnado por las etapas educativas (Meneses y Mejía, 1995).

Debido a que el modelo constructivista organiza el aprendizaje a partir de conocimientos anteriores, los errores conceptuales van a influir negativamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumno.

Estos errores conceptuales de que parte el alumno al inicio del curso son conocidos en la literatura con distintos nombres (Jiménez, Solano y Marín, 1994) tal y como recopila De Posada (2000):

- Errores conceptuales.
- Preconceptos.
- Ideas previas.
- Ideas alternativas.
- Teorías implícitas.

Si bien en principio pueden parecer similares estas nomenclaturas, hemos de decir que existen diferencias de matiz entre unas y otras. En el presente trabajo optamos por referirnos a las ideas previas como aquellas concepciones erróneas que el alumno toma como verdaderas al inicio del curso.

Estas ideas previas dan lugar a conceptos erróneos que perduran en las distintas épocas de la historia, pues muchas ya estaban presentes desde tiempos de Aristóteles.

A continuación, exponemos algunas características de las ideas previas (Mora y Diana, 2009; Pérez, 2021):

- Universales, están presentes en las distintas culturas.

- Persistentes, permanecen en el tiempo a pesar del paso del alumno por los diferentes niveles educativos, incluso los que tienen formación académica.
- Se originan a partir de la propia experiencia del sujeto, el cual trata de explicar el mundo a su alrededor. Así, por ejemplo, gran parte de los alumnos y alumnas consideran que los objetos se mueven por la acción que ejerce sobre ellos una fuerza y, además, que no existen fuerzas durante el equilibrio estático de un objeto. En estas observaciones, los sentidos ocupan un lugar preponderante ya que, para muchos, «lo que se ve es lo que es» y estas percepciones pueden llevar a errores como, por ejemplo, pensar que los objetos pesados caerán antes que los ligeros.
- Repercuten en el proceso de enseñanza-aprendizaje, dificultándolo.
- Además de su universalidad, trascienden en el tiempo y el espacio, ya que están presentes en culturas anteriores como, por ejemplo, la idea de Aristóteles sobre el movimiento de los objetos.

5.1. Causas y origen de las ideas previas

Entre otros factores que contribuyen a su formación podemos citar los siguientes (Campanario, 2001; Carrascosa, 1989; García y Galo, 2020):

- Las experiencias que cada uno de nosotros tiene en el día a día.
- Las diferentes culturas.
- Los libros de texto y los medios de comunicación.
- El vocabulario técnico y el lenguaje cotidiano.

Debido al modelo constructivista, cada uno de nosotros vamos aprendiendo a partir de las enseñanzas anteriores y, con la intención de dar respuesta a lo que sucede a nuestro alrededor, elabora sus propias construcciones a partir de sus vivencias (Pozo, 1998).

Necesitamos predecir y tratar de controlar los acontecimientos y para ello buscamos sus causas. Esta búsqueda de explicaciones y las causas de determinados sucesos físicos da lugar a la formación de ideas previas, como sucede, por ejemplo, en la mecánica newtoniana, en la que muchos alumnos y alumnas piensan en la idea de fuerza como causa del movimiento (Ramlo, 2002; Halloun y Hestenes, 1985).

El niño dirige la atención sobre las características más sobresalientes, aquellas que más sorprenden del fenómeno, obviando otros factores que también intervienen y que ayudan a explicar lo acontecido. Durante la etapa escolar, se le enseñan los conocimientos científicos y, generalmente, sin hacer uso de la experimentación. Estos conceptos y sus experiencias personales van unidos durante su proceso de enseñanza-aprendizaje e interfieren entre ambos, originándose en ocasiones malas

interpretaciones, así, por ejemplo, el alumno puede llegar a pensar que los gases no pesan.

Muchas veces se tiende a dar respuestas rápidas a las nuevas preguntas sin reflexionar ni considerar las distintas variables que intervienen.

Por otra parte, los libros de texto también pueden contribuir a fomentar las ideas previas si los textos, los esquemas y las ilustraciones no están explicados de forma fácil y rigurosa. Tampoco el alumno reflexiona con frecuencia sobre el resultado numérico de un problema planteado, dando por bueno, por ejemplo, un resultado de un ejercicio en el que salga una gravedad en la Luna similar a la Tierra.

Otro de los errores frecuentes en bastantes alumnos es relacionar magnitudes mediante reglas de tres, como, por ejemplo, pensar que un coche que circula a 50 km/h y frena parándose a 5 m de distancia, si circula al doble de su velocidad, se parará al doble de distancia.

Interviene también otro factor, el empleo del vocabulario técnico en el lenguaje cotidiano. Así, por ejemplo, a menudo se dice: ¡Qué calor tengo!, como si el calor fuese un fluido que se almacenara en el cuerpo. Muchos de los términos científicos que utilizamos ya eran utilizados en el lenguaje cotidiano antes de aplicarlos al lenguaje científico y esto da lugar a errores conceptuales como el descrito con anterioridad en el caso del calor. Otro ejemplo, se identifica la palabra trabajo con esfuerzo y cansancio, pero en Física para que exista trabajo sobre un objeto es necesario que exista desplazamiento.

Los medios de comunicación y la presencia de errores conceptuales en las noticias es otro factor a tener en cuenta. Valga como ejemplo la frecuencia con la que se dice en los medios de comunicación que los astronautas están en ausencia de gravedad durante su estancia en la Estación Espacial Internacional.

El cine y la publicidad con sus productos milagrosos también son causa frecuente de errores conceptuales. Son muy comunes en el cine de ciencia ficción las escenas de batallas espaciales con gran presencia de sonido y fuego en el espacio y, como sabemos, en el espacio no se transmite el sonido y debido a la ausencia de oxígeno, tampoco se producen llamas, y esto solo por citar alguno de tantos errores.

Por último, las creencias y la cultura del entorno interfieren en la formación de ideas previas en el individuo. La cultura, como conjunto de creencias compartida por el grupo social al que está vinculado el individuo, influye en la visión que el sujeto posee del mundo que le rodea.

5.2. Instrumentos para conocer las ideas previas en física

Es importante detectar cuanto antes las ideas previas del alumnado con la intención de utilizar la metodología didáctica más acorde a su modificación. Disponemos de medios para determinar su presencia. Así, se pueden realizar entrevistas para detectarlas preguntando al alumno sobre determinados conceptos, si bien la desventaja de este proceder reside en el tiempo que requiere, sobre todo si queremos analizar a un grupo numeroso de alumnos.

Los cuestionarios agilizan los tiempos de detección de ideas previas. Estos cuestionarios, que pueden ser de respuesta múltiple, abiertos, verdadero-falso, etc., facilitan numerosa información al profesor.

En la actualidad existen varios cuestionarios que analizan la presencia de ideas previas. Así, el *Force Concept Inventory* (FCI), diseñado por Hestenes y Halloun (1995), ayuda a explorar los errores conceptuales presentes en los alumnos sobre el concepto de fuerza y las leyes de Newton.

Más tarde surgieron otros como, por ejemplo, el de ondas electromagnéticas (Roedel y Rhoads, 1998), transferencia de calor (Jacobi, 2003), resistencia de materiales (Richardson, 2001), ciencia de materiales (Issen, 2004 y Krause, 2003), termodinámica (Midkiff, 2001), electricidad y magnetismo (Ding, 2006), circuitos (Engelhardt, 2004), concepto de energía (Evans, 2003) y mecánica de fluidos (Martin, 2003), entre otros.

5.2.1. Ideas previas sobre el concepto de fuerza

Son numerosos los estudios que se proponen la búsqueda de ideas previas. Así, por ejemplo, Minstrell, en 1982, preguntó a dos grupos de alumnos sobre las fuerzas que intervienen en un libro situado encima de una mesa. Muchos de sus alumnos consideraron la presión del aire junto a la gravedad como las responsables de que el libro se mantuviese en reposo sobre la mesa.

Halloun y Hestenes efectuaron un estudio en 1985 con un grupo de 478 estudiantes de primer curso universitario. El grupo contestó el «Mechanics Diagnostic Test» durante el curso y en dos ocasiones, una al principio del curso y otra al término de este. Los autores descubrieron que el 65 % de los alumnos en el pretest y el 45 % en el postest no entendían la relación fuerza-movimiento al considerar que todo movimiento tiene una causa. De las entrevistas realizadas dedujeron que para gran parte de los alumnos el movimiento se inicia por la aplicación de una fuerza y que para que permanezca en movimiento necesita la acción continua de una fuerza. A su vez, en el mismo estudio, hallaron que muchos alumnos pensaban que en ausencia de fuerza los objetos permanecen en reposo.

Por otra parte, Halloun y Hestenes descubrieron que para algunos alumnos los objetos caen por la tendencia propia a caer, pensamiento aristotélico, y que no están

sometidos durante su caída a ninguna fuerza, lo que revela que no entendían cómo actúa la fuerza de la gravedad.

Además, para un 14 % de los 478 alumnos universitarios que contestaron dicho test al inicio del curso, si se aplica una fuerza constante sobre un objeto, este se moverá a velocidad constante. Y para un 47 % de los alumnos, el tiempo necesario para recorrer una distancia bajo la acción de una fuerza constante es inversamente proporcional a la magnitud de dicha fuerza.

Un error bastante común entre los estudiantes, tal y como lo mostraron con sus estudios Halloun y Hestenes, es el de pensar que cuando dos objetos chocan entre sí, el de mayor masa ejerce mayor fuerza sobre el otro, mostrando con ello carencias en el entendimiento de la tercera Ley de Newton.

Este cuestionario tiene por finalidad estudiar las dificultades que presentan los alumnos en asimilar el concepto de fuerza y las leyes de Newton. El FCI, elaborado en 1992 por Hestenes, Wells y Swackhame, es una mejora de otro anterior, el Mechanics Diagnosis Test (MDT).

El cuestionario es de selección múltiple, con cinco posibles soluciones de las cuales solo una es correcta. Dichas cuestiones versan sobre cuestiones de mecánica y la respuesta elegida por el alumno proporciona al examinador una gran información sobre los errores conceptuales que alberga.

Este cuestionario se divide en varias secciones:

- Cinemática: las cuestiones están enfocadas sobre el movimiento y los conceptos de aceleración, posición y velocidad.
- Primera ley de Newton: se estudia si los alumnos entienden la primera Ley de Newton.
- Segunda Ley de Newton: las preguntas tratan de discernir entre aquellos que no entienden la segunda ley de Newton, en concreto, investiga si comprenden que para que exista movimiento no es necesaria la presencia de una fuerza.
- Tercera ley: estudia si los alumnos comprenden el principio de acción-reacción. En numerosas ocasiones los alumnos consideran que al interaccionar dos cuerpos simultáneamente, el más pesado ejercerá mayor fuerza sobre el otro.
- Principio de superposición: estudia la comprensión del principio de superposición de fuerzas.
- Tipos de fuerza: se estudian los conceptos de fuerza y masa.

Son varias las versiones que del FCI que se realizaron con posterioridad, como la mencionada de Halloun et al, en 1995.

Este cuestionario contribuye en los siguientes fines:

- Averiguar el nivel de conocimientos sobre mecánica de un grupo de estudio.

- Evaluar la metodología de enseñanza aplicada en la misma población de estudio.
- Conocer y clasificar las ideas previas que más inciden entre los alumnos.

El FCI ha sido utilizado desde entonces en múltiples ocasiones. Entre otras, Hestenes y Halloun en 1995, Huffman y Heller en 1995, Steinberg y Donnelly, 2002, y Artamónova y Mosquera en 2017.

Hestenes y Halloun, en 1995, aportaron durante la conferencia bianual de la American Association of Physics Teachers los resultados de una experiencia llevada a cabo con 10 000 alumnos y 100 profesores. Hake realizó otra experiencia en 1998 con 6 542 alumnos y Henderson, en 2002, con 2 178 alumnos.

Debido a su gran contribución en favor del estudio y las estrategias de modificación de las ideas previas, el profesor David Hestenes obtuvo la Oersted Medal en 2002, otorgada por la American Association of Physics Teachers, en reconocimiento a su labor científica.

El FCI, traducido al español, ha sido utilizado desde 1992 por Celemín y Covián en más de 1 300 los alumnos. A partir de los estudios que llevaron a cabo durante diez años establecieron las siguientes conclusiones:

- El proceso de enseñanza aprendizaje convencional no consigue eliminar las ideas previas, algunas se siguen manteniendo en el alumno tras su paso por la enseñanza universitaria.
- Los alumnos que se incorporan a estudios de ingeniería presentan dificultades de comprensión sobre el concepto de fuerza.
- Comparados con los estudiantes estadounidenses, los estudiantes españoles comienzan sus estudios universitarios con unos conocimientos superiores en cuanto al concepto de fuerza, sin embargo, al término de estos, son los estudiantes estadounidenses los que presentan mejores resultados en el FCI.

5.2.2. Cuestionarios sobre termodinámica y fluidos

Barbosa (2013) desarrolló un test de selección múltiple de respuesta única destinado a evaluar la comprensión de la ley de Bernoulli en estudiantes de ingeniería. Este test se validó inicialmente con aproximadamente 203 estudiantes y posteriormente se recalibró con una muestra de 63 estudiantes.

Lara-Barragán y Santiago (2010) llevaron a cabo una investigación sobre las concepciones erróneas que tienen los estudiantes universitarios de nuevo ingreso acerca del calor y la temperatura. De acuerdo con estos investigadores, ciertos errores conceptuales se originan en enseñanzas previas, destacando la noción errónea de que el «frío es la ausencia de calor», mientras que otros surgen de interpretaciones

erradas de experiencias diarias. El factor de Hake reveló que, de media, hubo un incremento en el número de respuestas correctas en el cuestionario conceptual, lo que sugiere que los estudiantes mejoraron su comprensión y percepción de los fenómenos físicos relacionados.

Es esencial identificar las nociones preconcebidas de los estudiantes al inicio del curso para poder transformarlas a través de estrategias pedagógicas efectivas. Dado que los conceptos de calor y temperatura son comunes en la vida diaria, deben tener una presencia destacada en la educación a todos los niveles. En este estudio, se han incorporado algunas de las preguntas formuladas por Lara-Barragán y Santiago, específicamente en el Cuestionario I3.

Bañas, Mellado y Ruiz (2003) investigaron las ideas previas de los estudiantes de primer ciclo de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) acerca de la transferencia y conservación de energía, y sus ideas sobre calor y temperatura. Estos investigadores descubrieron que la mayoría de los estudiantes concibe el calor como una forma de energía, sin reconocerlo como un proceso de transferencia o transformación energética. Para estos estudiantes, el calor es una propiedad inherente a los objetos, más que un mecanismo de cambio.

5.3. Estrategias utilizadas para modificar las ideas previas

Según describe Michel Picquart (2008), los trabajos sobre investigación didáctica de los últimos 30 años revelan que la enseñanza tradicional, aquella en la cual el profesor imparte una clase magistral y el alumno recibe conocimientos como si de un libro vacío se tratase, ha fracasado. Los alumnos, al contrario que los científicos profesionales, ven la Física como un conjunto de objetos aislados de conocimientos y no como un conjunto coherente y relacionado.

En la enseñanza tradicional, el profesor explica los temas y los alumnos los estudian y aprenden, pero no se investigan los errores conceptuales de que parten los alumnos ni la posible modificación de estos a lo largo del curso. Esto puede llevar a decepciones en el profesorado al comprobar cómo los alumnos, tras su finalización del curso académico, terminan con los mismos errores conceptuales con los que lo iniciaron.

Desde el punto de vista del modelo constructivista, los alumnos aprenden de forma significativa si los nuevos conceptos asimilados tienen cabida sobre los ya asentados, encajándose sobre aquellos como los ladrillos al ser colocados sucesivamente unos sobre otros en una pared. El aprendizaje significativo depende de la interconexión entre lo nuevo asimilado y el conocimiento asimilado con anterioridad, por lo que las ideas previas van a tener una gran importancia en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Antes de establecer una estrategia, es necesario conocer las ideas previas con las que parten los alumnos al comienzo del curso. Acompañados de entrevistas, los cuestionarios constituyen buenas herramientas de inicio para conocer el problema. A partir de los resultados obtenidos, junto con los alcanzados al presentar de nuevo a los alumnos el mismo cuestionario al término del curso, se puede reflexionar sobre si la estrategia didáctica utilizada ha sido la adecuada.

Este cambio conceptual no debe de estar basado en la erradicación de las ideas con las que parte el alumno, sino de un proceso de evolución de estas, fomentando el aprendizaje significativo. No será fácil, como tampoco lo fue en su día, el cambio del modelo aristotélico al newtoniano.

Como hemos comentado, una de las características principales de las ideas previas es la de su permanencia en el tiempo, por ello, no es fácil ni rápida su modificación. Encontrar una solución, una metodología, que resuelva el problema es difícil y son muchos los trabajos y propuestas que se vienen realizando desde hace décadas: Reif (1997); Heuvelen (1991); Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982).

Es fundamental impartir aquellos conceptos que resulten más complicados de asimilar por parte de los alumnos de una forma sencilla, entendible y apoyada en su propia experiencia. Por ello, es importante motivar al alumno con explicaciones sencillas (naturalmente no exentas de rigor científico), amenas y acompañadas de ejemplos de la vida diaria, experiencias de laboratorio y actividades interactivas u otros contenidos multimedia.

La historia de la ciencia nos muestra que una teoría científica desaparece cuando otra nueva ocupa su lugar, otra teoría que lleve a menos contradicciones que la anterior y dé respuesta a problemas diversos. Desde la más remota antigüedad, el ser humano ha tratado de explicar el mundo que le rodea, y así se asignaron deidades para explicar muchos de los procesos físicos. La llegada de la antigua Grecia, acompañada de Aristóteles y su método deductivo, aquel que consistía en la búsqueda del conocimiento a partir del razonamiento lógico, supuso un impulso en la búsqueda del conocimiento. La influencia del pensamiento aristotélico se mantuvo hasta el periodo conocido como Edad Media.

A partir del siglo XV se producen grandes avances científicos, se emplea el método experimental inductivo y se comienza a dar importancia a la suma de la observación, la formulación de hipótesis y la experimentación como recursos a aplicar en la búsqueda del conocimiento.

Con la llegada del siglo XVII, surge el método científico con sus etapas características:

- Observación y recogida de datos.
- Formulación de hipótesis.
- Elaboración de modelos.
- Diseño de experimentos.
- Formulación de nuevas hipótesis.

- Formalización de leyes.

Conocer la historia de la ciencia es de gran ayuda, ya que existe similitud entre las ideas previas en las que incurren los alumnos durante su aprendizaje y las que se desarrollaron a lo largo de la historia, como la física aristotélica o la teoría del flogisto (Harres, 2005). Al igual que las teorías científicas se fueron forjando a partir de los conocimientos existentes en la época de su creación, el alumno trata de encontrar respuestas a partir de sus vivencias y, por tanto, estudiando las dudas suscitadas en el pasado podemos resolver las que le surgen al alumno del presente.

El modelo del cambio conceptual debido a Posner et al (1982) y revisado por Strike y Posner (1992) sugiere las siguientes condiciones para que tenga lugar el cambio de las ideas previas en los alumnos:

- Que los propios alumnos estén insatisfechos con sus concepciones previas.
- Que el nuevo concepto sea comprensible, entendible para los alumnos.
- Que el nuevo concepto ofrezca respuesta a lo que el anterior no la daba.
- Que el nuevo concepto se pueda aplicar a distintas situaciones.

Se han desarrollado numerosos modelos de cambio conceptual aparte del de Posner, como, el de Carey y Spelke (1994); Vosniadou (1994), Chi (1992) y Linder (1993).

Uno de los modelos más conocidos y utilizados para la enseñanza de las ciencias apoyados en el cambio conceptual es el de Driver (1986). Este modelo consta de cuatro fases o etapas:

- Orientación: en esta fase se busca incentivar la atención y el interés de los alumnos por el contenido que se va a trabajar.
- Exposición: se incita al alumnado a que exponga sus ideas, con el fin de identificar las ideas previas de partida.
- Reestructuración: durante esta fase se busca la modificación de las ideas previas utilizando diversas estrategias, como, por ejemplo, planteando una serie de actividades y contraejemplos con el fin de demostrar lo irracional de las ideas previas.
- Revisión: para finalizar se comparan las nuevas ideas con las de partida.

Con este modelo, el profesor ejerce el papel de dinamizador y facilitador del proceso de enseñanza-aprendizaje, guiando a sus alumnos hacia un aprendizaje más reflexivo y menos memorístico (Driver, Squires y Wood-Robinson, 1999).

García y Sánchez (2008) sugieren la siguiente estrategia: establecer un coloquio entre los estudiantes y profesor sobre el concepto tratado con la intención de fomentar la reflexión en grupo sobre las ideas previas, enunciar algunas aplicaciones de lo estudiado en la vida cotidiana y describir algún pasaje histórico que verse sobre el concepto estudiado.

Desde hace más de cuatro décadas se han realizado numerosos estudios sobre las ventajas de fomentar el trabajo colaborativo en el aula como complemento a la enseñanza tradicional, como los trabajos de Piaget y Vygotski (Rodríguez, 1999). Desde este enfoque se pretende aprender los conceptos trabajando en grupo, respetando las opiniones distintas de los demás, las diferencias individuales y fomentando el diálogo como recurso positivo de cara a afianzar el conocimiento.

Rodríguez y Figueroa (2022) investigaron la relación entre el trabajo colaborativo, como el que se desarrolla en el laboratorio, y las habilidades sociales de los estudiantes de primer ciclo de una universidad. Los resultados mostraron que el trabajo colaborativo favorece el desarrollo de las habilidades sociales en los estudiantes universitarios y recomendaban su uso como estrategia pedagógica.

Otra estrategia de enseñanza y aprendizaje utilizada para la asignatura de Física es la denominada aprendizaje basado en problemas. Con el aprendizaje por problemas se fomenta la autonomía, la reflexión y la motivación del alumno al partir de un problema, así como el trabajo colaborativo. Con esta metodología el profesor ejerce de tutor, resolviendo dudas y guiando a los alumnos hacia la resolución del problema (Planella, Escoda y Suñol, 2009). El profesor deja de ser el transmisor fundamental del conocimiento, no es necesario que proporcione una información estructurada y secuenciada al modo de la enseñanza tradicional, y se abandona la secuencia: introducción, desarrollo de contenidos, ejercicios y problemas.

Podemos resumir las características del aprendizaje por problemas en:

- Se fomenta el aprendizaje en grupo y la autonomía del alumno.
- El alumno aprende mientras resuelve problemas e interactúa con sus compañeros y no a partir de una clase magistral por parte del profesor. Se favorece el constructivismo.
- Se trabajan las competencias.
- La secuenciación de contenidos no es tan rígida como en la enseñanza tradicional, se permite más autonomía y flexibilidad.

Las principales dificultades que encuentran los alumnos a la hora de resolver un problema de Física son las siguientes:

- Dificultades de comprensión lectora.
- Dificultades para identificar los datos relevantes.
- Falta de destrezas matemáticas.
- Presencia de ideas previas.

Gil Pérez (1993) propone incluir en la enseñanza actividades que relacionen los conceptos con la práctica con ayuda del aprendizaje por investigación.

Según Krulik y Rudnick (1980) y citado por Picquart (2008): «Un problema es una situación, cuantitativa o no, que pide una solución para la cual los individuos implicados no conocen medios o caminos evidentes para obtenerla». Los enunciados de los problemas que frecuentemente se resuelven en la enseñanza tradicional van provistos de los datos numéricos necesarios, lo que da pistas al alumno sobre que ecuaciones debe buscar para su resolución. En realidad, con esta metodología no se enseña a resolver problemas entendiendo los problemas como aquellas situaciones desconocidas por los alumnos, sino que los alumnos aprenden a resolver una tipología determinada de ejercicios, aprendiendo a resolver un tipo de problemas específicos, repetitivos. Los alumnos encuentran mayores obstáculos cuando se les plantea una situación nueva y con un planteamiento en el que no estén expresados de forma tan explícita los datos que necesitarán para su resolución.

Según Picquart (2008), estas son las fases que se debe seguir para la resolución por problemas:

- Definir el objetivo del problema.
- Realizar un estudio cualitativo de la situación, identificando los condicionantes y magnitudes físicas que intervienen.
- Elaborar posibles hipótesis que den respuestas a las cuestiones que se plantean.
- Definir posibles estrategias para su resolución.
- Realizar la resolución.
- Analizar los resultados obtenidos y su coherencia con las hipótesis planteadas.

Presentar los resultados e hipótesis al resto de la clase y discutirlos junto al profesor ayuda a identificar las ideas previas y a corregirlas. A su vez, se favorece la reflexión del grupo de alumnos.

Otros investigadores como Pérez, Furió-Mas, Valdés, Salinas, Martínez, Guisasola, González, Dumas-Carré, Goffard y Pessoa de Carvalho (1999) proponen las siguientes orientaciones a la hora de resolver un problema:

- Empezar una discusión sobre el interés de la situación problemática abordada. Este paso ayuda a formarse una primera idea del problema.
- Efectuar un estudio cualitativo de la situación con la intención de definir el problema.
- Emitir hipótesis sobre los factores de los que depende la magnitud buscada.
- Buscar varias estrategias de resolución para contrastar las distintas hipótesis planteadas.
- Realizar la resolución.
- Analizar los resultados obtenidos.

- Considerar el interés de la investigación efectuada y las posibles aplicaciones prácticas
- Elaborar una memoria del proceso de resolución incluyendo una reflexión sobre lo que puede haber aportado el trabajo.

El proceso descrito se asemeja al modo de realizar las prácticas de laboratorio. Tanto las prácticas de laboratorio como la resolución de problemas habría que tratarlos como variantes de una misma actividad.

Con la finalidad de estimular el aprendizaje significativo, a las explicaciones teóricas y a los problemas se puede añadir otro recurso, las prácticas de laboratorio. Trabajar de manera conjunta estos recursos, no como independientes entre sí, sino como complementarios, puede incentivar el interés del alumno y modificar las ideas previas.

Una estrategia de aprendizaje basada en el uso de diseños experimentales es:

- Plantear situaciones problemáticas que tengan en cuenta las ideas, destrezas y actitudes del alumnado, que logren atraer su interés.
- Proponer a los alumnos un estudio cualitativo del problema e impulsar la toma de decisiones.
- Orientar el tratamiento científico del problema:
 - Emitir hipótesis.
 - Elaborar modelos.
 - Definir estrategias para contrastar las hipótesis y, siempre que se pueda, acompañarlas de diseños experimentales.
 - Realizar estrategias y analizar resultados. Cotejar los resultados obtenidos entre grupos de alumnos. Si los resultados logrados no son los esperados, habrá que reformular nuevas hipótesis.
- Emplear los nuevos conocimientos en situaciones de la vida cotidiana, su relación con distintas disciplinas científicas y estudiar sus posibles aplicaciones prácticas. Favorecer las actividades de síntesis (memorias, esquemas, mapas conceptuales) y la concepción de nuevos problemas.

Podemos citar, a modo de resumen, las siguientes estrategias encaminadas a modificar las ideas previas:

- Plantear al alumno situaciones de estudio que sean atractivas.
- Incidir en la importancia del método científico. Esto conlleva la formulación de hipótesis, la construcción de conceptos y el diseño de experimentos que confirmen lo predicho.
- Promover el empleo de las nuevas concepciones adquiridas a distintas situaciones con la finalidad de afianzar estos conocimientos.

- Secuenciar los contenidos nuevos de manera correcta.
- Las actividades de síntesis y los esquemas conceptuales son recursos útiles a la hora de fijar ideas.
- Antes de abordar los temas con definiciones teóricas es mejor realizar una aproximación desde el punto de vista cualitativo con ayuda de ejemplos sencillos.
- Añadir algunos ejemplos sobre la aplicación de la física en la vida cotidiana.
- Es prioritario que el profesor esté al tanto, conozca, las ideas previas de que parten sus alumnos al inicio del curso para tratar de modificarlas. Para ello puede utilizar los recursos mencionados con anterioridad (test, entrevistas, etc.).
- Utilizar la historia de la ciencia como recurso para contar cómo surgieron y se modificaron determinados conceptos.
- Comentar las diferencias entre lenguaje cotidiano y lenguaje científico, citando ejemplos de cómo el significado coloquial de una palabra puede incurrir en errores conceptuales.
- Fomentar el diálogo entre los alumnos y entre alumnos y profesor
- Aprendizaje por problemas.
- El uso del laboratorio de física.

Dedicaremos el siguiente capítulo a describir las bondades del laboratorio de física para modificar las ideas previas centrándonos en el Laboratorio Virtual de Física, una asignatura de libre elección impartida íntegramente en línea por la Universidad Politécnica de Madrid.

CAPÍTULO VI. EL LABORATORIO DE FÍSICA COMO RECURSO PARA MODIFICAR IDEAS PREVIAS

6. El laboratorio de física como recurso para modificar ideas previas

Para fomentar el aprendizaje significativo, es importante la participación del alumno durante el proceso de construcción del conocimiento y no atribuirle el mero papel de receptor de unos conocimientos ya elaborados. Estudios como el realizado por Hodson, en 1992, revelan que los estudiantes asimilan mejor los conceptos si participan en las actividades científicas. No se trata de que el alumno trabaje en solitario, sino de compaginarlo con la supervisión y labor del profesor.

Marín (2008), citado por Espinosa (2016) señala que:

«La ciencia involucra una red de elementos: conceptual, teórico, instrumental y metodológico, que se entrelazan para resolver problemas sobre el comportamiento de la naturaleza, generando un cuerpo de conocimiento compacto en el cual se conjugan aspectos teóricos y prácticos, que conlleve en los estudiantes el aprendizaje de la ciencia (involucra la adquisición y desarrollo de conocimientos teóricos y conceptuales) y de la práctica de la ciencia (implica el desarrollo de conocimientos procedimentales) en el contexto de resolución de problemas en el laboratorio escolar.»

En el capítulo anterior describimos diversas estrategias encaminadas a la modificación de las ideas previas, en este nos centraremos en una de ellas, el uso del laboratorio de física y de un material elaborado por el autor de este trabajo, el Laboratorio Virtual de Física, que servirá para realizar uno de los estudios de este trabajo.

6.1. Las prácticas de laboratorio

La enseñanza de la Física, impartida de manera tradicional, incluye regularmente prácticas de laboratorio. Con la impartición de prácticas de laboratorio se pretende que el estudiante conozca las técnicas experimentales básicas como, por ejemplo, la toma de datos, el cálculo de incertidumbres, la representación gráfica de los resultados y la comprobación experimental de las leyes básicas de la Física. Gracias a las prácticas de laboratorio el alumno desarrolla una visión de la Física como ciencia experimental, relaciona la enseñanza teórica con las aplicaciones de la física en la vida cotidiana y aprende destrezas como el manejo de instrumental y equipos, el empleo de herramientas de cálculo y representación gráfica y el trabajo en equipo (López y Tamayo, 2012). Con el trabajo colaborativo, cada alumno expone sus ideas

al grupo y se someten a discusión, lo que favorece el aprendizaje significativo y contribuye a la modificación de ideas previas.

Gracias a las prácticas de laboratorio el alumno se familiariza con los procedimientos científicos y, además, se estimula la reflexión, la curiosidad, el pensamiento crítico y la investigación. El alumno pone en práctica sus conocimientos y comprueba que aquello que le ha sido explicado de forma teórica se puede demostrar con la experimentación. Contribuye, por tanto, a la modificación de las ideas previas.

En estos momentos, y debido al amplio temario de los currículos y a la escasa carga lectiva necesaria para su desarrollo, las prácticas de laboratorio ocupan un segundo lugar frente a las enseñanzas teóricas. Es más, están planteadas muchas veces como una mera aplicación directa de lo teórico sin promover la reflexión del alumno sobre los resultados obtenidos. Bien sea por falta de medios o por problemas de tiempo, no se imparten con la dedicación que merecen.

El constructivismo, como modelo de enseñanza que investiga y trabaja las ideas previas, es aplicado en el desarrollo de las prácticas de laboratorio. Para diseñar las prácticas es necesario conocer las ideas previas de las que parte el alumnado (Chin y Brown, 2000). Es importante que el alumno cuestione los fenómenos físicos que suceden a su alrededor y busque los porqués con ayuda de nuevos conceptos adquiridos apoyados en la experimentación, verificando por sí mismo si estas ideas previas son correctas o, por el contrario, han de ser modificadas.

Lo anteriormente expuesto no es fácil, requiere de estrategias que relacionen las enseñanzas teóricas con las prácticas, además de financieras, pues los laboratorios requieren de las inversiones económicas tanto para su instalación como para su mantenimiento. El papel de las prácticas de laboratorio será distinto según el tipo de metodología aplicada en el aula (Perales, 1994), así, por ejemplo, en el modelo de transmisión-recepción, el papel principal lo desempeña la clase teórica, ocupando las prácticas de laboratorio un papel muy reducido. Sin embargo, en el modelo de enseñanza por descubrimiento, se aprende ciencia haciendo ciencia, y la experimentación en este caso es fundamental.

Desde el enfoque constructivista, la experimentación tiene un papel preponderante durante el proceso de enseñanza aprendizaje. Para llevarlo a cabo de manera correcta, en primer lugar, el profesor debe investigar las ideas previas con las que parten sus alumnos para elegir las prácticas de laboratorio más acordes. No consiste simplemente en realizar una experiencia de laboratorio, el alumno debe aprender a discernir si los resultados obtenidos de la experimentación son correctos o, por el contrario, son fruto de algún error procedimental.

No tiene que elaborarse un simple guion que permita llegar a una conclusión ya enunciada que certifique que lo explicado en la teoría se cumple, es importante que fomenten la reflexión del alumno, la investigación y que relacionen lo explicado con aplicaciones en la vida cotidiana (Espinosa-Ríos et al, 2016). Hay que ir modificando las prácticas de laboratorio consideradas como tradicionales o «receta», aquellas que piden realizar una serie de pasos para llegar a un resultado esperado pues, como sostienen Rodríguez, Jiménez y Cuerva presentan relativa utilidad (1999).

En la figura 6.1 se representa el ciclo de aprendizaje de un experimento descrito por Pintó (1999).

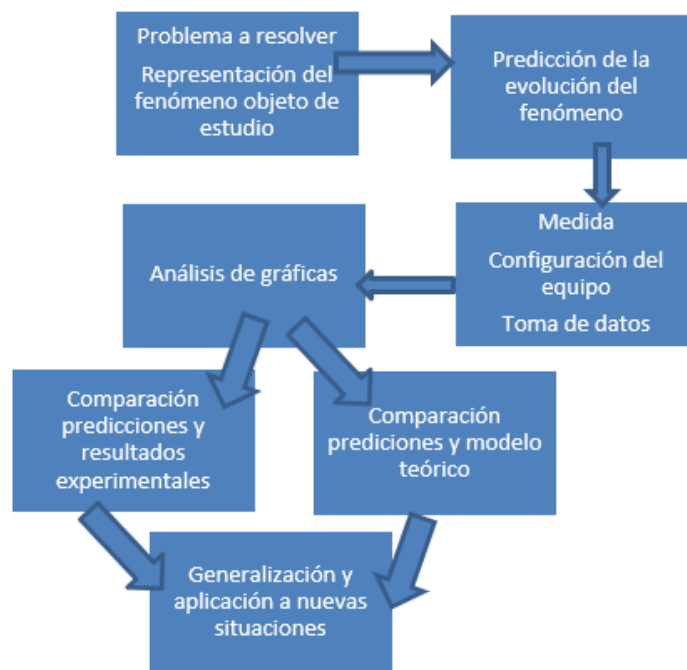


Figura 6.1. Ciclo de aprendizaje de un experimento (adaptado de Pintó et al, 1999).

Pero también, tal y como señala Espinosa (2016), es importante no reducir el concepto de enseñanza experimental al lugar, laboratorio, donde se realizan las experiencias, pues la experimentación debe ser entendida como un concepto más abierto y no reducirlo a un lugar físico, pues resulta una visión extremadamente reduccionista.

Conviene diseñar las prácticas de laboratorio según plantea Seré (2002) y cita Espinosa (2016), con la intención de que el alumno pueda «comprender» y «aprender» pero, además, «hacer» y «aprender a hacer».

Una propuesta que puede ser de gran utilidad para optimizar el uso del laboratorio de prácticas como recurso complementario a las enseñanzas teóricas es:

- Planificar los materiales con tiempo y recursos suficientes.
- Elaborar y analizar los resultados de un cuestionario al principio del curso como ayuda en la detección de ideas previas, errores conceptuales, en los alumnos.

- Elaborar la práctica incidiendo en aquellos errores conceptuales detectados en el cuestionario inicial, fomentando el aprendizaje colaborativo.
- Entregar los resultados de la práctica por parte de los alumnos. Estos datos deben ir acompañados de conclusiones, pues es importante favorecer el análisis y la reflexión en los alumnos.
- Relacionar los conceptos objeto de estudio en la experiencia con aplicaciones en la vida cotidiana.

6.2. Las TIC y su aplicación en la enseñanza de la Física.

Tipos de laboratorios

Las TIC, además de fomentar el aprendizaje colaborativo, contribuyen a la comprensión y asimilación de conceptos y son un buen recurso para modificar las ideas previas si bien, por sí solas, no bastan. Es necesario investigar las ideas previas presentes en el alumnado y posteriormente estudiar qué recursos tecnológicos y en qué formatos son los adecuados para afrontar ese cambio conceptual (Ariza y Quesada, 2014).

En la actualidad disponemos de varios tipos de laboratorios:

- Presencial: el alumno está en el laboratorio y registra directamente las medidas.
- Acceso remoto con equipos reales: el alumno se conecta de forma remota mediante los equipos del laboratorio y los maneja con la ayuda de una interfaz.
- Virtuales: todo el entorno es simulado, al alumno accede a un entorno virtual de aprendizaje.

Para referirse a las experiencias realizadas en un laboratorio se utilizan distintos nombres: prácticas de laboratorio, experiencias de laboratorio, etc., refiriéndose siempre al lugar donde se realizan dichas experiencias, el laboratorio. Con la creación de los laboratorios remotos y virtuales, este espacio es accesible a un mayor número de alumnos.

Para Fernández Cézar (2014) es recomendable, de cara al aprendizaje, combinar la utilización de laboratorios reales y virtuales.

6.2.1. El laboratorio asistido por ordenador (LAO)

Con respecto a cómo se realizaba la experimentación en los viejos laboratorios, el LAO presenta las siguientes ventajas: elimina errores manuales, permite tomar una gran cantidad de datos en poco tiempo y su representación gráfica y el almacenamiento de estos para posteriores estudios.

Durante los últimos años, la toma y registro de datos en el laboratorio ha experimentado un gran avance. El aumento de la presencia de sensores y *software* ha permitido la recopilación de datos y su representación de una manera más rápida. La señal eléctrica procedente de los sensores es transformada en código binario en la interfaz conectada al ordenador, lo que permite la entrada de datos y su manipulación posterior (creación de tablas, gráficos) con ayuda de un *software*. En la actualidad y debido al rápido incremento tecnológico, son cada vez más los sensores que nos posibilitan medir las distintas magnitudes físicas, así, tenemos sensores que nos miden: velocidades, fuerzas, temperaturas, campo magnético, presiones, etc.

Esta representación de datos permite el estudio de los resultados obtenidos y la contrastación de hipótesis, resultando un recurso muy útil para afrontar el cambio conceptual y transformar las ideas previas (Linn, 2003). La interpretación de los datos posibilita al alumno comprobar si las ideas previas de las que parte al inicio de la experiencia coinciden con las obtenidas de la experimentación.

6.2.2. Laboratorios virtuales

Una simulación es un programa de ordenador, una aplicación informática, que nos permite interactuar con un modelo, una representación del medio físico. Esos modelos admiten que el alumnado interactúe con el medio físico modelado y los diversos factores que intervienen. La reflexión y comprobación de cómo los cambios de determinados factores influirán en el comportamiento del modelo contribuyen de modo significativo a la construcción del conocimiento.

Con la finalidad de mejorar los resultados del uso del laboratorio, se han diseñado materiales destinados a servir como complemento a las prácticas presenciales, materiales que sirvan para acercar al alumno a la forma de trabajar en un laboratorio tradicional. Estos materiales pueden servir como toma de contacto anterior a la asistencia a las prácticas presenciales, de esta manera, los alumnos aprovecharán mejor su paso por el laboratorio al no perder tanto tiempo en cuestiones sobre procedimientos experimentales, dedicándose más a la reflexión y contrastación de hipótesis.

Un laboratorio virtual refleja, mediante el uso de simulaciones por ordenador, la forma de trabajar en un laboratorio tradicional. Muestra paso a paso cómo se realizan las experiencias, pero sin estar en el laboratorio y de la manera más real posible (Calvo, Zuleta, Gangoiti y López, 2008).

Con la ayuda de animaciones, ilustraciones y vídeos, se visualizan los equipos y montajes necesarios y se explica la forma de interactuar con los mismos para realizar

con éxito una experiencia de laboratorio. Al ser concebidos para ser utilizados con ayuda de un navegador, permite acercar la forma de trabajar en un laboratorio convencional a un gran número de estudiantes.

Las principales ventajas de los laboratorios virtuales son:

- Al no ser presenciales, se reducen los riesgos de accidentes.
- Debido a que se imparten con ayuda de Internet, pueden llegar a más alumnos, además, el alumno se ahorra el desplazamiento hasta el centro.
- Los entornos simulados de aprendizaje disminuyen los costos al ahorrarse los equipos y el mantenimiento de estos y, al no eliminarse residuos, contribuye a la conservación del medioambiente.
- Promueven el uso del modelo constructivista.
- Trabajan la competencia digital.
- Se puede repetir la experiencia.
- A la larga, resulta bastante más económico que un laboratorio tradicional.
- Fomentan la autonomía e iniciativa personal al permitir cambiar las variables y condiciones del experimento de manera más rápida y fácil que en un laboratorio tradicional.
- Pueden realizarse experiencias imposibles de realizar debido al riesgo que supondrían como, por ejemplo, en las simulaciones de experiencias con física nuclear.
- Los alumnos pueden poner a prueba sus ideas previas sobre el fenómeno estudiado.
- Los laboratorios virtuales acercan a los alumnos al modo de trabajar en un laboratorio convencional.

Si bien no pueden sustituir las bondades de un laboratorio de física presencial, los laboratorios virtuales constituyen un buen complemento, ya que permiten al alumno familiarizarse con la experiencia antes de ir al laboratorio y realizar la experiencia de forma más eficaz y presencial en el laboratorio. Noguera, Tortajada, Atienza y Herrero, gracias a un estudio realizado en 2011 con alumnos de primer curso del Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural de la Universidad Politécnica de Valencia, llegaron a la conclusión que la lectura del guion de prácticas antes de la realización de la experiencia junto a unos test de evaluación al inicio de la misma, contribuyen a mejorar las capacidades y destrezas de los alumnos.

Los laboratorios virtuales pueden ser locales o remotos en virtud del lugar en donde se lleven a cabo las simulaciones, los cálculos. Si los cálculos se ejecutan en servidores remotos, estaremos hablando de laboratorios virtuales remotos, y si los

cálculos se realizan en el propio ordenador del alumno, estaremos hablando de laboratorios virtuales locales.

6.2.3. Laboratorios remotos

Además de los laboratorios tradicionales y los virtuales, existen los laboratorios remotos. En este caso, el alumno trabaja con los equipos reales de un laboratorio de física tradicional, pero a distancia, gracias a sensores, cámaras web, hardware, conexión a Internet, etc.

Los alumnos no están en el laboratorio y, por lo tanto, no interaccionan directamente con los equipos, por lo que no adquirirán las mismas habilidades y destrezas que en un laboratorio presencial, pero es una buena opción si debido al tiempo y a la falta de dotación no se pueden impartir clases de laboratorio a todos los alumnos del centro y son una experiencia más cercana con respecto a los laboratorios virtuales.

Poner en marcha un laboratorio de este tipo permite aprovechar las instalaciones de un laboratorio convencional, pero no es tarea fácil, requiere de una inversión inicial elevada, un mantenimiento y aumentar los protocolos de seguridad al conectarse los equipos por Internet.

6.3. Laboratorio Virtual de Física. Una asignatura de la UPM

Ya sea por el coste, la falta de tiempo por explicar todo el temario, o el número excesivo de alumnos, no siempre es posible realizar prácticas de laboratorio. Con la finalidad de proporcionar un mayor acceso a la ciencia experimental se elaboraron los materiales de que consta el Laboratorio Virtual de Física, una asignatura impartida íntegramente en línea a través de la plataforma de teleenseñanza de la Universidad Politécnica de Madrid y que consta de seis prácticas impartidas durante un semestre de curso.

El Laboratorio Virtual de Física presenta la filosofía de los laboratorios presenciales y simulados ya que el material no permite trabajar con equipos reales, pero contiene un elevado número de vídeos de experiencias reales. Consta de un conjunto de materiales didácticos interactivos que abarcaban las prácticas más habituales en un laboratorio de Física General. Estos materiales, ampliados con otras prácticas de laboratorio, han dado lugar a la publicación Laboratorio de Física con soporte interactivo Moodle (Ablanque et al, 2010), siendo uno de los coautores el autor de este trabajo. Una obra que pretende ser una herramienta interactiva que, utilizando las TIC, pueda ser usada en línea como una alternativa a la realización presencial de las prácticas de laboratorio y destinada a complementar las enseñanzas de Física

General de primeros cursos de grados de Ciencias e Ingeniería, si bien también puede emplearse en el Bachillerato.

El objetivo de esta asignatura es acercar al alumnado a la manera de trabajar en un laboratorio convencional de Física para que de esta forma comprendan los conceptos físicos, aprendan a gestionar y analizar los datos experimentales y a elaborar informes. Si bien no se obtiene de forma directa los datos experimentales, los alumnos se acercan al modo de proceder en un laboratorio experimental al trabajar varias de las competencias que se desarrollan en un laboratorio de prácticas tradicional.

Se pretende que el texto, acompañado de numerosas ilustraciones y vídeos, ayude a familiarizarse al alumno con la forma de trabajar en los laboratorios actuales y no le suponga, llegado el caso, ningún esfuerzo realizar dicha experiencia en el laboratorio. Se ha procurado que el texto fuera sencillo, sin perder en rigurosidad, pero sin extenderse en demasía con desarrollos matemáticos ya vistos en las enseñanzas teóricas. Con el empleo de las hojas de cálculo, y los recursos que ofrece el material, el alumno trabaja la competencia digital, al ser el ordenador una herramienta imprescindible también en un laboratorio de física.

En la figura 6.2 se muestra un ejemplo de la parte teórica de la práctica y en la figura 6.3, el menú que permite desplazarse por las distintas opciones del material didáctico.

LABORATORIO VIRTUAL DE FÍSICA
© Javier Ablanque Ramírez, Rosa María Barrio Zaldúa

LEY DE BOYLE MARIOTTE

OBJETIVOS
MATERIAL
INTRODUCCIÓN
MONTAJE
REGISTRO

SUMARIO

1. OBJETIVOS
2. MATERIAL
3. INTRODUCCIÓN TEÓRICA
4. MONTAJE
5. REGISTRO Y TRATAMIENTO DE DATOS

1. OBJETIVOS

- Obtener experimentalmente la relación que existe entre la presión y el volumen en un gas a temperatura constante.
- Determinar las condiciones de presión en las que se puede considerar el aire como gas ideal.
- Calcular la masa de aire encerrada en el termómetro de gas.

2. MATERIAL

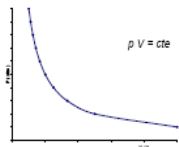
- 1 termómetro de gas
- 1 bomba de vacío
- material auxiliar: pinzas, varillas y mordazas

3. INTRODUCCIÓN TEÓRICA

La ley de Boyle Mariotte indica que para un gas ideal a **temperatura constante**, el producto de la presión por el volumen que ocupa el gas permanece constante:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = \dots = \text{cte.}$$

Si representamos en los ejes de coordenadas el valor de la presión y el volumen obtenemos la siguiente gráfica, que corresponde a una hipérbola equilátera.



p V = cte

Para sacar o introducir aire en el interior del tubo se utiliza una válvula manual de vacío y presión provista de una escala en milibares.

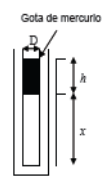
A partir de la altura de la gota de mercurio, h , y del diámetro interior del tubo $D=2,7 \pm 0,2$ mm podemos calcular la variación del volumen de aire encerrado en su interior. El volumen se calcula a partir de la expresión: $V=A_x x$, siendo x la longitud (altura) que ocupa el gas en el interior del tubo medida en la escala graduada y A_x el área interior de la sección recta del tubo de vidrio.

El gas está sometido a las siguientes presiones: el incremento de presión ejercido por la bomba (p_b), la atmosférica (p_a) y por último la originada por la gota de mercurio (p_{hg}):

$$p_g = p_b + p_a + p_{hg}$$

La presión debida a la bomba la medimos en su escala graduada y para la presión atmosférica tomamos el valor de 1013,3 mb, aunque lo correcto sería medir con un barómetro la presión en el lugar en donde se realiza el experimento.

El valor de la presión debida a la gota de mercurio se calcula a partir de la expresión: $p_{hg} = h \rho_{hg}$, siendo h la altura de la gota y $\rho_{hg} = 1,329 \cdot 10^3 \text{ N/m}^3$ el peso específico del mercurio.



Gota de mercurio

Figura 4. Gota de mercurio.

NOTA

Como la fuente principal de imprecisión cometida en el cálculo de la presión p es p_a , se puede tomar como valor de la presión atmosférica 1013,3 mb.



Figura 5. Bomba manual.

5. REGISTRO Y TRATAMIENTO DE DATOS

En esta práctica el registro de datos se realiza de forma sencilla, simplemente accionando la bomba manual de presión y midiendo el desplazamiento de la gota de mercurio en la escala graduada del tubo de vidrio.

En primer lugar hay que medir la altura de la gota de mercurio del interior del termómetro de mercurio, en esta experiencia se ha obtenido un valor de $h = 11 \pm 1$ mm. El catálogo del fabricante nos facilita un valor para el diámetro de la gota que coincide con el diámetro interior del tubo de $2,7 \pm 0,2$ mm.

Figura 6.2. Ejemplo de práctica de laboratorio del Laboratorio Virtual de Física.

Cada práctica consta de los siguientes apartados:

- **Objetivos:** objetivos previstos a alcanzar al término de la experiencia.
- **Material:** equipo necesario para realizar la práctica acompañada de una sucinta descripción de este y de su montaje.
- **Introducción teórica:** breve resumen de los conceptos físicos imprescindibles para abordar con éxito la experiencia.
- **Registro y tratamiento de datos:** en este apartado se indica paso a paso cómo se realiza la experiencia, acompañado de ilustraciones y vídeos que aclaran lo explicado.
- **Aplica:** actividad a realizar por los alumnos y que debían entregar al profesor en los tiempos indicados en el cronograma de la asignatura. Los datos de la actividad a desarrollar fueron obtenidos de forma experimental. Con su realización, el alumno comprueba que ha asimilado correctamente lo explicado y es capaz de efectuar la experiencia de laboratorio. Cada trabajo debe de ir acompañado de una reflexión sobre el resultado final ya que, y por lo explicado con anterioridad, se busca fomentar la reflexión con este tipo de experiencias y no dar un dato por válido sin más ya que, a veces, un resultado depende de la toma de datos y los errores procedimentales pueden conllevar a conclusiones erróneas.
- **Amplía:** con la finalidad de ampliar conocimientos se adjuntan direcciones de Internet y bibliografía interesante.
- **Test:** al término de la práctica se pide a los alumnos que contesten un test sobre los conceptos fundamentales explicados en la práctica a modo de comprobación del grado de asimilación de la experiencia (figura 6.4).

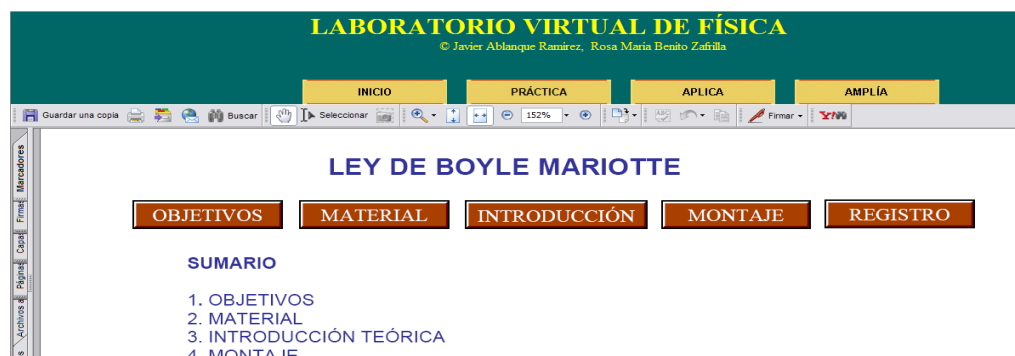


Figura 6.3. Selección de opciones.

APLICA TUS CONOCIMIENTOS

1. Con los datos facilitados en la siguiente tabla y obtenidos de forma experimental de la radiación de un cuerpo negro en un horno eléctrico tubular, comprueba que se cumple la ley de Stefan-Boltzmann completando los siguientes apartados:
 - a) Representa gráficamente la temperatura del cuerpo negro T frente al tiempo transcurrido t ; potencial U frente a t ; U frente a T .
 - b) Representa U frente a $(T^4 - T_o^4)$, ¿Se cumple la ley?
 - c) Representa $\ln U$ frente a $\ln(T^4 - T_o^4)$.

t	U (mV)	T (°C)	T_o (°C)
15	8,21	384	21
45	7,99	379	21
75	7,77	374	21
105	7,55	370	21
135	7,33	365	21
165	7,11	361	21
195	6,90	356	21
225	6,70	351	21
255	6,50	346	21
285	6,29	341	21
315	6,12	336	21
345	5,94	332	21
375	5,78	327	21
405	5,63	324	21
435	5,43	318	21
465	5,29	314	21

Figura 6.4. Apartado Aplica tus conocimientos.

La experiencia anterior nos ha indicado que la asignatura de Laboratorio Virtual de Física permite desarrollar algunas competencias específicas que los estudiantes adquieren en el laboratorio tradicional (Ablanque et al, 2009). El entorno virtual de aprendizaje fomenta además el trabajo activo del estudiante y la mejora en competencias digitales y de comunicación, como la administración del tiempo, habilidad en comunicación, trabajo en equipo y la habilidad para resolver problemas y buscar información.

Se procura con este material que las destrezas tradicionales queden cubiertas en parte, mediante el apoyo del material multimedia (videos para mostrar el uso de los aparatos de medida, cálculo de incertidumbres utilizando Excel, representaciones gráficas y presentación de resultados en formato electrónico..

CAPÍTULO VII. LA ENSEÑANZA EN LÍNEA

7. La enseñanza en línea

Desde hace unos años y debido a las necesidades de formación tanto en el ámbito escolar como en el mundo de la empresa, se ha incrementado de manera notable la demanda de formación a distancia. Se puede comprobar con la multitud de asignaturas y cursos en línea que se publicitan y ofertan.

Las principales características de la formación a distancia se pueden resumir en:

- El alumno es el gestor de su tiempo, él decide la distribución de sus horas de estudio y se organiza como mejor estime.
- El alumno no tiene que desplazarse hasta el lugar de impartición, se evitan los tiempos de desplazamiento y los gastos de transporte. Se solventan de esta manera los problemas por dificultades por movilidad geográfica.
- Utiliza las TIC para establecer la comunicación entre alumno y profesor.
- Requiere de la elaboración previa de los materiales al inicio del curso.

Antes de la llegada de las TIC la formación a distancia consistía en la entrega al inicio del curso del material didáctico en formato papel y la comunicación entre el profesor y el alumno se llevaba a cabo mediante conversación telefónica o correo postal.

La llegada de las TIC supuso un gran impulso para esta metodología de aprendizaje. A la entrega de material en papel se acompañó el empleo de materiales multimedia, CD Rom, videoconferencias, chats, foros, etc.

La enseñanza ha ido evolucionando hacia los siguientes modelos (ver figura 7.1 y figura 7.2):

- **Modelo tradicional.** La comunicación entre profesor y alumno se realiza mediante teléfono y correo postal. Los contenidos son elaborados para el formato papel y en ocasiones se hacen tutorías presenciales.
- **Modelo mixto:** los contenidos son elaborados en papel o CD Rom pero la comunicación entre alumno y profesor tiene lugar por teléfono, fax y correo electrónico. Se dispone de foros, chats, correo electrónico, etc.
- **Teleformación:** con la llegada de las TIC los materiales didácticos son elaborados para estar a disposición de los alumnos en una plataforma en línea.

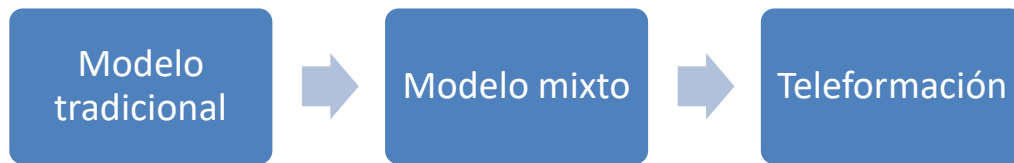


Figura 7.1.Evolución de la enseñanza.

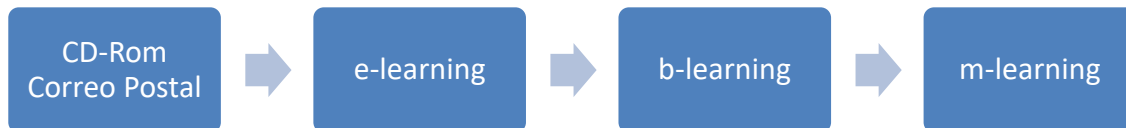


Figura 7.2.Evolución de la teleformación.

7.1. El *e-learning*

El término *e-learning* proviene del anglicismo *electronic learning* (aprendizaje electrónico). El organismo que imparte el curso debe disponer de una plataforma en la que ubicar los contenidos y que permita la comunicación entre alumnos y entre profesor y alumno.

El *e-learning* requiere que los materiales didácticos estén bien estructurados y sean de fácil lectura y comprensión. La deficiencia en lo anterior y la falta de comunicación entre profesores y alumnos redundará en el fracaso del curso.

El *e-learning* es una metodología de enseñanza-aprendizaje a distancia que emplea las tecnologías de la comunicación y de la información. Una metodología en la que interviene en gran medida el aprendizaje colaborativo, por lo que se apoya en el modelo constructivista. Las principales características del *e-learning* son:

- Universalidad. Al poderse realizar la formación desde cualquier lugar geográfico dotado de conexión a Internet y ordenador, la educación deja de estar localizada, contribuyendo a la democratización del conocimiento.
- Flexibilidad: el alumno es el propio gestor de su proceso de aprendizaje, organiza sus horarios de estudio de forma que se adapte mejor a sus requerimientos.
- Retroalimentación: los alumnos y profesores, con ayuda de los foros de discusión y chats, pueden mostrar sus dudas y preguntas lo que redundará en una mayor retroalimentación de los cursos y al aprendizaje compartido. Con esta metodología ya no es solamente el profesor el que imparte el conocimiento.

- Mientras que en la enseñanza tradicional se emplean de forma mayoritaria los documentos en papel, el *e-learning* dispone de mayores recursos al incorporar aplicaciones multimedia.

En la tabla 7.1 se exponen las diferencias entre el *e-learning* y la enseñanza tradicional.

Enseñanza tradicional	<i>e-learning</i>
Es necesario asistir al aula y los horarios son estrictos.	Mayor flexibilidad, el alumno puede estudiar con su ordenador desde cualquier lugar que disponga de conexión a Internet y a las horas que prefiera.
El cronograma del curso lo marca el centro de enseñanza.	Mayor flexibilidad, el alumno puede dosificar su ritmo de aprendizaje dentro de los plazos marcados.
El profesor imparte la asignatura y los materiales están disponibles en formato papel.	Utiliza un mayor número de recursos multimedia.
El tamaño del aula impone un número máximo de alumnos.	Se pueden matricular un mayor número de alumnos al no necesitar de aula. Contribuye a la democratización del conocimiento.
La comunicación entre profesor y alumno se realiza en la clase y tutorías.	La comunicación entre profesor y alumno se realiza de manera síncrona (por teléfono, chat o videoconferencia) y de forma asíncrona (correo electrónico y foros).
El profesor enseña con una clase magistral y el alumno atiende.	Cambia el rol del profesor, ejerce de tutor.

Tabla 7.1. Diferencias entre la enseñanza tradicional y el *e-learning*.

7.1.1. Ventajas e inconvenientes del *e-learning*

En la tabla 7.2 se han incorporado algunas ventajas e inconvenientes de esta metodología.

Ventajas	Inconvenientes
▪ Flexibilidad horaria. ▪ Se adapta a las necesidades horarias y formativas del alumno. ▪ Se pueden enviar dudas a cualquier hora. ▪ Se optimizan costes, no requiere de aula. ▪ Se pueden matricular mayor número de alumnos. ▪ Actualización rápida de contenidos. ▪ Fomenta la interactividad entre alumnos y profesores gracias a los foros y chats. ▪ Utiliza recursos multimedia para facilitar la comprensión de lo estudiado. ▪ Permite completar ejercicios de autoevaluación para afianzar los contenidos. ▪ El tutor puede realizar un seguimiento del curso de forma sencilla ya que las plataformas incluyen herramientas de gestión. ▪ El alumno es el gestor de su propio proceso de enseñanza-aprendizaje.	▪ Desembolso económico y gran trabajo inicial para la elaboración de materiales didácticos y compra y puesta en marcha de equipos informáticos. ▪ Si los materiales no están bien elaborados desde el punto de vista pedagógico, el curso será un fracaso. ▪ Los alumnos deben partir con unos conocimientos informáticos mínimos. ▪ Desaparece el rol tradicional del profesor al dejar de dar una clase magistral para ocupar el rol de tutor. Parte de la comunidad educativa advierte sobre las desventajas que supone el abandonar por completo la metodología tradicional.

Tabla 7.2. Ventajas e inconvenientes del *e-learning*.

A lo anteriormente expuesto hay que agregar la alta tasa de abandono que tiene lugar en muchos cursos *e-learning* en comparación con la enseñanza presencial, sobre todo si los cursos van destinados a trabajadores (Fernández-Jiménez, Mena-Rodríguez y Tójar-Hurtado, 2017).

7.1.2. Plataformas de teleformación

Durante los últimos años han sido muchos los avances en teleformación, tanto en la enseñanza reglada como en los cursos destinados a los trabajadores y demandantes de empleo. Así, y dentro de las universidades, el incremento de entornos virtuales de aprendizaje ha sido notable.

Los contenidos elaborados para un curso *e-learning* han de estar disponibles para el alumno dentro de una plataforma de teleformación. En estas plataformas, conocidas con las siglas LMS (de las palabras en inglés *learning management system*), se insertan los contenidos, ejercicios, recursos interactivos, chats, foros y demás elementos integrantes del curso. El acceso a los contenidos se realiza mediante las claves facilitadas al alumno tras matricularse.

La plataforma admite varios perfiles, como administrador, profesor, alumno o invitado, cada uno con sus correspondientes funciones. Así, por ejemplo, de la inclusión de los alumnos al curso se ocupa el administrador, el profesor de la evaluación de los alumnos y los alumnos del acceso a los materiales didácticos y foros.

Las principales ventajas que aportan las plataformas de enseñanza las podemos resumir en:

- Sencillas de manejar, cualquier alumno con unos mínimos conocimientos informáticos puede navegar fácilmente por ellas.
- Admiten que el alumno sea el gestor de su proceso de enseñanza-aprendizaje, conectándose cuando mejor le venga bien, al estar disponibles las 24 horas.
- Permiten la impartición de cursos a menores precios que la enseñanza presencial al ahorrarse aulas.
- Favorecen que se matricule gran número de alumnos.
- Colaboran en la democratización del conocimiento al anular las distancias geográficas.
- Admiten la comunicación tanto síncrona como asincrónica.
- Posibilitan al profesor llevar un control del aprendizaje del grupo gracias a sus herramientas administrativas.
- Ayudan a desarrollar las competencias digitales de los alumnos.

Hay diversidad de plataformas, tanto de *software* libre como privado. Las de *software* privado requieren de un pago de una licencia a la empresa propietaria y el código fuente no es visible o no puede modificarse. Un problema, además del coste, puede surgir al estar sujetos a las actualizaciones, mejoras de la empresa, ya que el cierre de la misma afecta al desarrollo del curso.

Al contrario, el *software* libre, al no tener coste por licencia, permite elaborar cursos a las empresas y organismos que no podrían permitírselo por falta de presupuesto, colaborando con ellos notablemente a la democratización del conocimiento. Es por lo anterior por lo que en la actualidad las plataformas de *software* libre son las más empleadas.

Moodle, acrónimo de *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment* (<https://moodle.org/>, entorno de aprendizaje dinámico orientado a objetos y modular), es un *software* libre, pero tiene derechos de autor. Se permite copiar, utilizar y modificar el *software* siempre que se comparta el código fuente a terceros y no se modifique la licencia original y los derechos de autor.

El entorno Moodle es fácil de usar, cualquier alumno con un mínimo de conocimientos informáticos puede navegar por su interfaz. Además, también es fácil de utilizar por el profesor y el administrador de la plataforma, pudiéndose ajustar el entorno a las necesidades del curso de una forma sencilla.

El profesor puede llevar un control del aprendizaje de cada alumno al mostrar sus resultados y con ello, la marcha del grupo.

Esta plataforma admite insertar los contenidos de una forma sencilla y dispone, entre otras, de las siguientes herramientas:

- **Consulta.** Con ella el profesor puede realizar una pregunta a los alumnos.
- **Cuestionarios.** Test de opción múltiple, verdadero/falso o de respuestas cortas.
- **Encuesta.**
- **Foro.** Espacio de encuentro entre alumnos y alumnos y profesor.
- **Tarea.** Trabajo que realizar por los alumnos.

7.1.3. Elaboración de materiales didácticos

Los cursos *e-learning* suelen contar con los siguientes elementos:

- **Guía del curso:** contiene la información sobre el curso, el índice, la forma de evaluar y el cronograma.
- **Guía de la plataforma:** es una ayuda para que el alumno aprenda a moverse por la misma (entrar en los contenidos, ver su perfil, entregar trabajos, etc.).
- **Contenidos:** es la parte principal del curso y en donde se hallan los conceptos que el alumno debe estudiar y asimilar. Es fundamental que estén pedagógicamente muy bien elaborados, ya que se pretende que el alumno aprenda por sí mismo.

- **Cuestionarios de autoevaluación y tareas:** se encargan de la evaluación de los alumnos. Los cuestionarios admiten varios formatos (respuesta múltiple, verdadero-falso, completar, etc.) y las tareas son ejercicios prácticos que el alumno tiene que entregar al profesor.
- **Foros y chats:** permiten la comunicación entre estudiantes y profesor.
- **Otros recursos:** como las videoconferencias, por ejemplo.

El diseño de estos materiales debe estar dirigido a fomentar el aprendizaje, utilizando con sensatez las TIC, ya que se trata de estimular la motivación del alumnado, pero no caer en entornos tecnológicos en los que el alumno se pierda en una infinidad de vídeos y aplicaciones.

Diseño de contenidos

Antes de proceder a la creación de los materiales hay que analizar el tipo de alumnado al que irá dirigido, de cara a ajustar el nivel de conocimientos.

Los entornos en línea requieren de unas características especiales si las comparamos con los contenidos en formato papel. Estos contenidos deben ser interactivos y para ello, se acompañan de multitud de recursos multimedia con la intención de hacerlos más atractivos y didácticos para el alumno.

Los contenidos han de presentarse de forma secuencial y ser actuales, relevantes, rigurosos y concretos, con numerosas imágenes y vídeos y, además, en un formato accesible al alumno, como, por ejemplo, el pdf.

Existen varios formatos gráficos. El formato gif, si bien tiene como ventaja el pequeño tamaño del archivo, no es recomendable para fotografías debido a la pérdida de calidad con respecto a otros formatos como el png, jpeg o el tiff, por ejemplo.

El formato png, si bien permite una compresión sin pérdida de calidad de las imágenes con un tamaño algo mayor que el gif, pero relativamente pequeño, no es el mejor, pues da problemas en algunos navegadores.

Los formatos jpeg y tiff permiten una mayor calidad de las imágenes, siendo el jpeg el más aplicado en diseño web para imágenes que necesitan un mínimo de calidad, utilizándose más el formato tiff para la impresión en papel.

Como resumen en cuanto a los formatos gráficos: gif sirve para pequeñas imágenes y jpeg para las de mayor calidad.

Para los audios disponemos de diversos formatos siendo muy utilizado el MP3 por su reducido tamaño.

Para los vídeos también hay varios formatos, como, por ejemplo, el AVI.

Redacción de los contenidos

Este tipo de metodología requiere de unas características específicas a la hora de escribir:

- Como cualquier texto, debe estar bien escrito, respetando la ortografía y la gramática.
- Evitar los textos largos y complicados ya que prima la sencillez y la síntesis. Se busca que el alumno comprenda el texto y aquellos conceptos imprescindibles.
- Las explicaciones se realizarán de manera gradual, apoyándose en lo anteriormente explicado, pues se busca el aprendizaje progresivo.
- Incluir muchos ejemplos prácticos y sobre todo relacionados con el quehacer diario.
- Emplear abundantes tablas, fotografías y vídeos para ejemplificar lo aprendido y que, de paso, motiven al alumno.

Estructura de la unidad didáctica

Es recomendable que cada unidad didáctica que compone el curso tenga un título motivador que logre despertar en el alumnado las ganas de comenzarla.

Se recomienda que como mínimo cada unidad contenga los siguientes apartados:

- Introducción de lo que se va a impartir
- Objetivos que alcanzar al término de la misma.
- Esquema conceptual con los contenidos impartidos y la relación entre los mismos.
- Desarrollo de contenidos.
- Test de autoevaluación al término de la unidad.
- Actividades para afianzar lo aprendido. Es importante que muestren la aplicación de los contenidos tratados a la vida cotidiana.
- Resumen.
- Bibliografía y enlaces para ampliar conocimientos.

Guía didáctica

Es el documento que recoge toda la información del curso y sirve de orientación al alumno. Contiene la siguiente información:

- Índice de contenidos.
- Calendario del curso con las fechas de las entregas de los trabajos.
- Presentación de la asignatura.

Herramientas disponibles en un curso *e-learning*

Para desarrollar un curso *e-learning* están disponibles las siguientes herramientas o recursos que facilitarán la interactividad y comunicación entre alumnos y entre alumnos y profesor:

- **Foros:** permiten la comunicación asíncrona. El usuario puede dejar un contenido en el foro en cualquier momento y leer a su vez los comentarios de otros participantes. Favorece el desarrollo del aprendizaje colaborativo pues los alumnos, al contestar las dudas de sus compañeros, contribuyen a la construcción del conocimiento. Esta herramienta resulta muy útil para trabajar el modelo constructivista.
- **Agenda:** calendario del curso con el cronograma de la asignatura, las fechas de apertura de los contenidos, las entregas de trabajos y de realización de los cuestionarios, etc. Al inicio del curso debe quedar bien claro el calendario para que el alumno organice su tiempo lo mejor posible.
- **Glosario:** esta herramienta muestra el significado de aquellos términos que pueden resultar desconocidos al alumno. Es, pues, un vocabulario de consulta.
- **Wiki:** es un recurso web para ampliar contenidos y fomentar el intercambio de información entre los alumnos.
- **Videoconferencias:** a modo de clase presencial y destinada para clarificar aquellas partes del temario que requieran una mayor explicación. El profesor explicará y los alumnos podrán preguntar en directo aquellas dudas que les vayan surgiendo.
- **Chat:** posibilita la comunicación de forma síncrona, en directo, entre alumnos y profesor.
- **Contenidos:** es la parte principal del curso y en donde se volcarán los contenidos.

El papel del profesor

El profesor debe cumplir una serie de características:

- Ser experto en los contenidos que imparte.
- Planificar correctamente los tiempos del curso.
- Experiencia en el uso de las TIC.
- Experto en pedagogía. Es importante que el profesor logre incentivar al alumno e imparta las explicaciones de la forma más amena posible. Además, debe fomentar la participación y retroalimentación por parte del alumno ya que ello hará posible el aprendizaje colaborativo.

El profesor pasa de ejercer el papel de mero transmisor de conocimientos al de orientador del alumno en su proceso de aprendizaje. No se trata por tanto de transmitir más información, sino de orientar al alumno para que supere las dificultades que le vayan surgiendo a través del curso (Sánchez, 2014). Ha de orientar al alumno no solo sobre los contenidos del curso, sino que debe ayudarlo a familiarizarse con el entorno virtual de aprendizaje.

Es necesario que conozca las necesidades de formación y las diferencias de aprendizaje entre los alumnos del grupo.

El tutor debe reforzar los materiales del curso implementándolos si fuera necesario para evitar las posibles carencias formativas.

Es importante que informe con prontitud al alumno sobre el resultado de sus evaluaciones. La rápida respuesta del tutor a las dudas de los alumnos contribuye a la mejora del aprendizaje.

El tutor debe estimular la autonomía del alumno y concienciarle de que es el alumno el gestor de su propio proceso de enseñanza-aprendizaje.

7.2. *b-learning*

El *b-learning* (*blended-learning*) es una metodología de enseñanza semipresencial en la que parte de la enseñanza se realiza de forma presencial y parte en línea. La parte presencial se suele aprovechar para explicar aquellos contenidos de mayor dificultad y para tutorías, dejando la parte *e-learning* para contenidos más fáciles, ejercicios y foros.

Para Graham (2006) y citado por J. Salinas, B. de Benito y A. Pérez (2018):

«Los sistemas *blended learning* combinan sistemas presenciales con instrucción mediada por ordenador, donde el uso de las tecnologías digitales de la comunicación e interacción en red, a tiempo real o diferido, definen modelos de aprendizaje *b-learning*. Son sistemas basados en la intersección entre estas modalidades que tratan de aprovecharse tanto de las ventajas y riqueza de recursos del aprendizaje virtual como de la interacción y las sinergias generadas en los grupos en las sesiones presenciales.»

Woods, Jason y Hopper (2004) consideran que si se combina durante el curso la enseñanza presencial con la enseñanza en línea se alcanzan mejores resultados si se compara con cursos impartidos totalmente de forma presencial o los impartidos enteramente en línea.

7.3. El *m-learning*

Con la llegada de las tabletas y los teléfonos móviles surgió otra metodología de enseñanza, el *m-learning* (*mobile-learning*). El *m-learning* es una metodología de enseñanza que se apoya en el uso de pequeños dispositivos móviles, como las tabletas y los teléfonos móviles inteligentes, dispositivos que gozan de conexión inalámbrica. Con ella el alumno puede estar conectado en todo momento y cualquier lugar aprovechando de esta forma la flexibilidad del aprendizaje.

El teléfono móvil forma parte de la vida cotidiana de millones de personas y es un recurso, si es bien utilizado, que puede contribuir a la enseñanza y motivación del alumno.

Podemos citar como principales características del *m-learning* las siguientes:

- Multitarea: permite realizar diversas tareas.
- Conectividad: se puede acceder a Internet.
- Portabilidad: fácil de transportar debido al pequeño tamaño de estos dispositivos.
- Uso particular: cada dispositivo está personalizado a su propietario.
- Motivacional: entorno visual e intuitivo.
- Disponibilidad de aplicaciones: accesibilidad a multitud de aplicaciones de enseñanza-aprendizaje.
- Flexibilidad horaria y espacial: el aprendizaje se adapta a las necesidades horarias y de ubicación de cada alumno.

El paso del *e-learning* al *m-learning* implica incorporar aquellas ventajas que supuso el *e-learning* a otras nuevas.

Algunas de las ventajas que aporta el *m-learning* son:

- Fomenta el trabajo colaborativo.
- Los contenidos pueden estar constantemente actualizados.
- Permite aprender idiomas.
- Estos dispositivos posibilitan las comunicaciones síncrona y asíncrona entre alumnos y profesor y la utilización de juegos educativos como herramienta de aprendizaje.
- Permite trabajar el aprendizaje basado en proyectos.
- Admite incluir elementos multimedia.
- Ayuda a entrenar la competencia informática.

- Permite trabajar el aprendizaje individualizado según las necesidades propias de cada alumno.
- Contribuye a la democratización del conocimiento.
- Ayuda a fomentar la autonomía del alumno.

Algunas desventajas de esta tecnología son:

- El precio de los dispositivos y la necesidad de cambiarlos cada pocos años.
- El pequeño tamaño de las pantallas de los smartphones.
- La corta duración de las baterías, unas pocas horas.
- El escaso almacenamiento de datos.

Gracias a los dispositivos móviles y a sus numerosas funcionalidades, el *m-learning* está en constante crecimiento y evolución. Cada vez son más los usuarios de este tipo de tecnologías lo que ha contribuido a la democratización del conocimiento, si bien en muchas ocasiones el empleo de estos recursos dista mucho de acercarse a la calidad pedagógica que se exige.

Un proyecto *m-learning* debe contar no solo con los condicionantes tecnológicos, también con los económicos, pedagógicos, culturales y sociales.

El *m-learning* es un primer paso hacia la *u-learning* (*ubiquitous learning*). Con el *u-learning* las acciones formativas están accesibles en cualquier tiempo y lugar a través de dispositivos varios e incluye las bondades del *e-learning* y del *m-learning*.

CAPÍTULO VIII. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS EXPERIMENTAL

8. Metodología del análisis experimental

Este capítulo está dedicado íntegramente a explicar la metodología empleada en los posteriores estudios. Se presentan los diversos cuestionarios sobre ideas previas y estilos de aprendizaje completados por los alumnos y se describen los indicadores utilizados en el análisis de los ítems. Además, se describe el Software de Análisis Automático CHAEA (CHAEA³S).

8.1. Cuestionarios sobre ideas previas

Se han desarrollado diversos cuestionarios sobre temas de física (en particular sobre fuerzas, fluidos y termodinámica con la premisa de que fueran capaces de discriminar entre los sujetos que comprenden determinado concepto de los que, al contrario, presentaban ideas erróneas o equivocadas (estos cuestionarios puede encontrarlos como anexo al final de este trabajo). A la hora de redactar cada ítem del cuestionario se tuvo en cuenta como criterio general evitar en la medida de lo posible las clásicas definiciones de libro de texto, además, se buscaron ejemplos de su aplicación en la vida cotidiana. La respuesta correcta se redactó de forma clara, entendible, y, los distractores, aquellas opciones erróneas, presentan relativa coherencia para el que los lea e inciden en los errores más comunes presentados entre los estudiantes.

La primera parte de los cuestionarios consta de 9 preguntas generales, como sexo, el grupo de estudio del alumno. Para mantener el anonimato y evitar posibles susceptibilidades a la hora de contestar por parte de los alumnos, no se les preguntaba sus nombres (excepto en el estudio que hemos realizado sobre la posible relación entre rendimiento académico y estilos de aprendizaje). La segunda parte de la prueba constaba de preguntas de opción múltiple que abarcan diferentes conceptos de física, como, por ejemplo: inercia, velocidad o aceleración. Algunas de las preguntas eran de nueva creación mientras que otras forman parte de otros famosos cuestionarios como el *Force Concept Inventory* (FCI).

La comparación de las respuestas al inicio del trimestre con las del final del módulo llevado a cabo con un grupo de estudio permitió identificar las ideas previas más persistentes y la ganancia de aprendizaje. Estas ideas se describieron cuantitativamente utilizando la teoría clásica de ítems y el coeficiente de correlación producto-momento de Pearson (P).

8.1.1. Cuestionario I1

En la tabla 8.1 se las ideas previas investigadas en el cuestionario I1 según la taxonomía propuesta por David Hestenes (1992), adaptada por el autor.

Idea previa	Descripción	Respuestas incorrectas asociadas a ideas previas
I. CINEMÁTICA		
PC01-1	Confusión entre concepto de velocidad y el de aceleración.	4(a) 4(b) 4(d) 5(d) 6 (a) 12 (a) 12(b) 12(c)
II. INERCIA		
PC02-1	Inercia por efecto de un golpe.	20(d) 13(b) 13(c)
PC03-1	Pérdida o recuperación de la inercia inicial.	14 (a) 16 (a) 16 (d)
PC04-1	Disipación de la energía	17(c) 20(b)
III. FUERZAS ACTIVAS		
PC06-1	Solo los cuerpos activos ejercen fuerzas	9(d) 11(d) 13 (a)
PC07-1	Para que haya movimiento tiene que haber fuerzas actuando.	20(a)
PC08-1	La ausencia de movimiento implica ausencia de fuerzas.	5(a) 9(d)
PC09-1	La velocidad es proporcional a la fuerza aplicada.	15(a) 19(a)
PC10-1	La aceleración implica la existencia de una fuerza de magnitud variable.	10(b)
PC11-1	Una fuerza provoca aceleración hasta una velocidad máxima.	10(a) 15(d) 19(c)
PC12-1	Una fuerza actuando llega a consumirse.	15(c)
IV. ACCIÓN-REACCIÓN		
PC13-1	A mayor masa, mayor fuerza ejercida.	8(a) 8(c)
V. SUPERPOSICIÓN DE ACCIONES		
PC14-1	La mayor fuerza es la que determina el movimiento.	11(a) 11 (d)
PC15-1	El movimiento viene determinado por una combinación de las fuerzas que actúan.	14(c)
PC16-1	La última fuerza en actuar es la que determina el movimiento.	14(b) 16(c)
PC 17-1	Un cuerpo se mueve siempre en la misma dirección de la fuerza resultante.	5(b)
VI. I.FUERZAS REACTIVAS		
PC18-1	Los obstáculos no ejercen fuerzas.	9(a) 8(b)
VII. II. FUERZAS RESISTIVAS		
PC19-1	La propia masa de los cuerpos hace que estos se paren	20(a) 20(b)
PC20-1	El movimiento se produce cuando la fuerza que actúa es mayor que la resistencia.	18(b) 19(b) 18(d)
VIII. III.FUERZAS GRAVITATORIAS		
PC21-1	La presión del aire contribuye a la acción de la gravedad.	9(c) 10(d) 11(d)
PC22-1	Los objetos más pesados caen más rápido.	21 (b) 21 (d)
PC23-1	La gravedad se incrementa a medida que los cuerpos caen.	10 (b)
PC24-1	En el espacio no hay gravedad.	7 (a) 7(c)
IX. INCERTIDUMBRE		
PC25	Desconocimiento al expresar el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.	1 (a) 1(b) 1 (d) 3(a) 3(b) 3(d)
PC26-1	Medida más precisa	2 (a) 2(b) 2(d)
X. CENTRO DE MASAS		
PC27-1	Confusión en el concepto del centro de masas.	24(a) 24(b) 24(d)
XI. MOVIMIENTO DE ROTACIÓN		
PC28-1	Confusión entre velocidad angular y lineal.	23(a) 23(b) 23(d)
PC29-1	El momento de inercia es una magnitud vectorial.	
PC30-1	El momento de inercia no refleja la distribución de la masa de un cuerpo.	22 (a) 22 (b) 22 (d)

Tabla 8.1. Ideas previas y las correspondientes opciones erróneas del cuestionario I1 según la taxonomía propuesta por David Hestenes en el FCI a lo que se han añadido otras cuestiones elaboradas por el autor.

En la tabla 8.1 se han agrupado las ideas previas investigadas en los bloques temáticos descritos según la taxonomía propuesta por David Hestenes (1992) para los conceptos de fuerza, a lo que se han añadido otras creadas por el autor de este trabajo con el fin de abarcar más contenidos:

- I. Cinemática: conceptos relacionados con el movimiento, como posición, velocidad y aceleración.
- II. Inercia: estudio de la comprensión de la primera ley de Newton al indagar sobre el efecto de las fuerzas sobre el movimiento de diferentes objetos.
- III. Fuerzas activas: efecto de las fuerzas en diferentes escenarios estáticos y dinámicos.
- IV. Acción-reacción: interacción entre dos objetos, es decir, la relación entre las fuerzas de acción / reacción y las masas.
- V. Superposición de acciones: análisis del efecto de varias fuerzas sobre un objeto.
- VI. I. Fuerzas activas: aquellas que tienden a cambiar el estado de movimiento de un cuerpo.
- VI. II. Fuerzas resistentes: fuerzas que se oponen al movimiento de un objeto.
- VI. III. Fuerzas gravitacionales: fuerzas ejercidas por masas debido a la ley de Gravitación Universal.
- VII. Incertidumbre: saber expresar correctamente las mediciones experimentales (cifras significativas, incertidumbre, etc.).
- VIII. Centro de masa: concepto de centro de masa.
- IX. Movimiento de rotación: efecto de un cambio en el momento de inercia de un objeto en rotación sobre su velocidad angular. Relación entre velocidad angular y lineal.

Estas ideas previas, teniendo en cuenta los conceptos fundamentales de la mecánica, se pueden a su vez agrupar de la siguiente forma (tabla 8.2):

- I. Cinemática.
- II. Inercia / Primera Ley de Newton.
- III. Fuerzas activas / Segunda Ley de Newton.
- IV. Acción y reacción / Tercera Ley de Newton.
- V. Superposición de acciones / Principio de superposición.
- VI.I. Tipos de fuerzas: fuerzas reactivas.
- VI.II. Tipos de fuerzas: fuerzas resistivas.
- VI.III. Tipos de fuerzas: fuerzas gravitatorias.

- VII. Incertidumbre.
- VIII. Centro de masas.
- IX. Movimiento de rotación.

La tabla 8.2 muestra los conceptos evaluados en el cuestionario I1 junto con las respuestas correctas.

Conceptos	Opciones correctas
I CINEMÁTICA	
Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.	4(c)
Distinción entre velocidad y aceleración.	12(d)
Movimiento parabólico supone aceleración constante.	14 (d)
Aceleración constante implica cambio de velocidad.	15(b) 4 (c)
II. PRIMERA LEY DE NEWTON	
Fuerza resultante nula implica movimiento rectilíneo.	16 (b)
Fuerza resultante nula implica módulo de la velocidad constante.	17(a) 11(b) 18 (c)
Sistema de fuerzas con resultante nula	18 (c) 11(b)
III. SEGUNDA LEY DE NEWTON	
Fuerzas constantes implican aceleraciones constantes.	14(d) 15(b)
IV. TERCERA LEY DE NEWTON	
Tercera ley de Newton para fuerzas impulsivas.	8 (d)
V. PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN	
Resultante de fuerzas nula	11(b) 18 (c)
VI.I FUERZAS ENTRE SÓLIDOS EN CONTACTO	
Fuerzas entre sólidos en contacto.	11 (b) 19(d) 6(c) 9(b)
Resistencia como oposición al movimiento.	18 (c) 20(c)
VI.II FUERZAS PRODUCIDAS POR FLUIDOS EN CONTACTO CON SÓLIDOS	
Resistencia del aire.	13 (d)
VI. III. FUERZAS GRAVITACIONALES	
Fuerza de la gravedad.	9 (b) 13(d) 5(c) 6(c) 7(b) 10 (c) 11(b)
Aceleración independiente del peso.	21 (a)
VII MEDICIONES E INCERTIDUMBRE	
Expresar correctamente el resultado de una medida.	1 (c) 3(c)
Precisión de una medida.	2 (c)
VIII CENTRO DE MASAS	
Concepto centro de masas.	24 (c)
IX MOVIMIENTO DE ROTACIÓN	
Velocidad angular y lineal.	23 (c)
Concepto momento inercia.	22 (c)

Tabla 8.2. Conceptos estudiados junto con las respectivas respuestas correctas del cuestionario I1. La taxonomía empleada por Hestenes ha sido modificada para adecuarla a los conceptos fundamentales de la mecánica y a los ítems creador por el autor.

8.1.2. Cuestionario I2

Este cuestionario comparte la mayoría de los ítems del cuestionario I1, con la adición de algunas preguntas sobre el momento de inercia y el principio de Arquímedes, tal y como se muestra en la tabla 8.3.

Esta ampliación del cuestionario permite abordar aspectos adicionales relevantes para el curso, como el momento de inercia, que es fundamental en el estudio del movimiento rotacional, y el principio de Arquímedes, que es esencial para comprender el comportamiento de los cuerpos sumergidos en fluidos.

Idea previa	Descripción	Respuestas incorrectas asociadas a ideas previas
I. CINEMÁTICA		
PC01-2	Confusión entre concepto de velocidad y el de aceleración.	4 (d) 5 (a)
II. INERCIA		
PC02-2	Inercia por efecto de un golpe.	12 (b) 12 (c) 19 (d)
PC03-2	Pérdida o recuperación de la inercia inicial.	13 (a) 15 (a) 15 (d)
PC04-2	Disipación de la energía.	16 (c) 19 (b)
III. FUERZAS ACTIVAS		
PC06-2	Solo los cuerpos activos ejercen fuerzas.	8 (d) 10 (d) 12 (a)
PC07-2	Para que haya movimiento tiene que haber fuerzas actuando.	19 (a)
PC08-2	La ausencia de movimiento implica ausencia de fuerzas.	5 (a) 8 (d)
PC09-2	La velocidad es proporcional a la fuerza aplicada.	14 (a) 18 (a)
PC10-2	Una fuerza provoca aceleración hasta una velocidad máxima.	14 (d) 18 (c)
PC11-2	Una fuerza actuando llega a consumirse.	14 (c)
IV. ACCIÓN Y REACCIÓN		
PC12-2	A mayor masa, mayor fuerza ejercida.	7 (a) 7 (c)
V. SUPERPOSICIÓN DE ACCIONES		
PC13-2	La mayor fuerza es la que determina el movimiento.	10 (a) 10 (d)
PC14-2	El movimiento viene determinado por una combinación de las fuerzas que actúan.	13 (c)
PC15-2	La última fuerza en actuar es la que determina el movimiento.	13 (b) 15 (c)
PC16-2	Un cuerpo se mueve siempre en la misma dirección de la fuerza resultante.	4 (b)
VI. I.FUERZAS REACTIVAS		
PC17-2	Los obstáculos no ejercen fuerzas.	7 (b) 8 (a)
VII. II. FUERZAS RESISTIVAS		
PC18-2	La propia masa de los cuerpos hace que estos se paren.	19 (a) 19 (b)
PC19-2	El movimiento se produce cuando la fuerza que actúa es mayor que la resistencia.	17 (b) 17 (d) 18 (b)
VIII. III.FUERZAS GRAVITATORIAS		
PC20-2	La presión del aire contribuye a la acción de la gravedad.	8 (c) 10 (d)
PC21-2	Los objetos más pesados caen más rápido.	20 (b) 20 (d)
PC22-2	En el espacio no hay gravedad.	6 (a) 6 (c)
IX. INCERTIDUMBRE		
PC23-2	Desconocimiento al expresar el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.	1 (a) 1 (b) 1 (d) 3 (a) 3 (b) 3(d)
PC24-2	Medida más precisa.	2 (a) 2 (b) 2 (d)
X. CENTRO DE MASAS		
PC25-2	Confusión en el concepto del centro de masas	23 (a) 23(b) 23 (d)
PC26-2	Confusión con la definición de sólido rígido.	11 (a) 11 (b) 11 (c)
XI. MOVIMIENTO DE ROTACIÓN		
PC27-2	Confusión entre velocidad angular y lineal.	22 (a) 22 (b) 22 (d)
PC28-2	El momento de inercia es una magnitud vectorial.	9 (a)
PC29-2	El momento de inercia no refleja la distribución de la masa de un cuerpo.	21 (a) 21 (b) 21 (d)
XII. PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES		
PC30-2	El empuje de Arquímedes es independiente del volumen del objeto.	24 (a) 24 (b) 24 (c)

Tabla 8.3. Ideas previas y las correspondientes opciones erróneas del cuestionario I2 según la taxonomía propuesta por David Hestenes a lo que se han añadido otras cuestiones elaboradas por el autor.

Estos grupos de ideas previas, teniendo en cuenta los conceptos fundamentales de la mecánica, se pueden agrupar de forma similar a como se hizo en el cuestionario I1 pero añadiendo los nuevos contenidos de la siguiente manera (tabla 8.4):

- I. Cinemática.

- II. Inercia / Primera Ley de Newton.
- III. Fuerzas activas / Segunda Ley de Newton.
- IV. Acción y reacción / Tercera Ley de Newton.
- V. Superposición de acciones / Principio de superposición.
- VI.I. Tipos de fuerzas: fuerzas entre sólidos en contacto.
- VI.II. Tipos de fuerzas: fuerzas producidas por fluidos en contacto con sólidos.
- VI.III. Tipos de fuerzas: fuerzas gravitacionales.
- VII. Mediciones e incertidumbre.
- VIII. Centro de masas.
- IX. Movimiento de rotación.
- X. Momento de inercia.
- XI. Sólido rígido.

Conceptos	Opciones correctas
I CINEMÁTICA	
Movimiento parabólico supone aceleración constante.	13 (d)
Aceleración constante implica cambio de velocidad.	14 (b)
II. PRIMERA LEY DE NEWTON	
Fuerza resultante nula implica movimiento rectilíneo.	15 (b)
Fuerza resultante nula implica módulo de la velocidad constante.	16 (a)
Sistema de fuerzas con resultante nula.	17 (c) 10 (b)
III. SEGUNDA LEY DE NEWTON	
Fuerzas constantes implican aceleraciones constantes.	13 (d) 14 (b)
IV. TERCERA LEY DE NEWTON	
Tercera ley de Newton para fuerzas impulsivas.	7 (d) 17 (c)
V. PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN	
Resultante de fuerzas nula.	10 (b)
VI.I FUERZAS ENTRE SÓLIDOS EN CONTACTO	
Fuerzas entre sólidos en contacto.	10 (b) 18 (d) 5(c) 8 (b)
Resistencia como oposición al movimiento.	17 (c) 19 (c)
VI.II FUERZAS PRODUCIDAS POR FLUIDOS EN CONTACTO CON SÓLIDOS	
Resistencia del aire.	12 (d)
Principio de Arquímedes.	24 (d)
VI.III FUERZAS GRAVITACIONALES	
Fuerza de la gravedad.	8 (b) 12 (d) 4 (c) 5 (c) 6(b) 10 (b)
Aceleración independiente del peso.	20 (a)
VII MEDICIONES E INCERTIDUMBRE	
Expresar correctamente el resultado de una medida.	1 (c) 3(c)
Precisión de una medida.	2 (c)
VIII CENTRO DE MASAS	
Concepto centro de masas.	23 (c)
IX MOVIMIENTO DE ROTACIÓN	
Velocidad angular y lineal.	22 (c)
X MOMENTO DE INERCIA	
Concepto momento inercia.	21 (c) 9 (b)
XI SÓLIDO RÍGIDO	
Concepto sólido rígido.	11 (d)

Tabla 8.4. Conceptos estudiados junto con las respectivas respuestas correctas del cuestionario I2. La taxonomía empleada por Hestenes ha sido modificada para adecuarla a los conceptos fundamentales de la mecánica y a los ítems creados por el autor.

8.1.3. Cuestionario I3

Con este cuestionario se pretende indagar la presencia de ideas previas sobre termodinámica y mecánica de fluidos. En la tabla 8.5 se muestran las ideas previas del cuestionario I3 junto con su descripción y los ítems asociados a ellas.

Idea previa	Ideas previas	Respuestas incorrectas asociadas a ideas previas
I. TERMODINÁMICA		
PC01-3	El frío es un fluido que se pasa de un cuerpo a otro.	3 (a)
PC02-3	El agua siempre hierve a 100°C independientemente de la presión atmosférica.	5 (b)
PC03-3	El calor es un fluido que se pasa de un cuerpo a otro.	6 (b)
PC04-3	El calor es la cantidad de energía que tiene un cuerpo.	6(a)
PC05-3	Desconocimiento del concepto de calor específico.	8 (a) 8(b) 8(c)
PC06-3	Confusión sobre el concepto cambio de estado.	9(a) 9(b) 9(c)
PC07-3	La temperatura de ebullición del agua depende de su volumen.	10(a) 10(c)
PC08-3	La temperatura de congelación del agua depende de su volumen.	11(b) 11(c) 11(d)
PC09-3	La temperatura de los objetos situados en una habitación es función del material de construcción.	12(b) 12(c)
PC10-3	El hielo siempre está a 0°C.	13(c)
PC11-3	El agua hierve por encima de los 100°C en condiciones normales.	14(c)
PC12-3	Las burbujas que se forman en el agua al hervir son de aire u oxígeno.	15(b) 15(c)
PC13-3	Confusión sobre el concepto de temperatura.	16(a) 16(b) 16(d)
II. MECÁNICA DE FLUIDOS		
PC14-3	Los fluidos disminuyen su velocidad al circular por los tramos de tubería más estrechos.	17(a) 17(b) 19(b) 19(d)
PC15-3	Los fluidos aumentan su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.	17(b) 17(d) 19(d)
PC16-3	Los fluidos no modifican su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.	19(a) 19(b)
PC17-3	El aire siempre ejerce una acción frontal empujando aquellos objetos que encuentra a su paso.	18(b) 18(d)
PC18-3	Desconocimiento del efecto Magnus.	20(a) 20(b) 20(d)
PC19-3	La presión que ejerce un fluido sobre las paredes de un objeto sumergido es independiente de la profundidad.	4(a) 4(c) 4(d)
PC20-3	El empuje de Arquímedes es independiente del volumen del objeto	7(a) 7(b) 7(c)
III. INCERTIDUMBRE Y PRECISIÓN DE UNA MEDIDA		
PC21-3	Desconocimiento al expresar el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.	1(a) 1(b) 1(d)
PC22-3	Medida más precisa.	2(a) 2(b) 2(d)

Tabla 8.5. Ideas previas y las correspondientes opciones erróneas del cuestionario I3. La mayoría de las cuestiones tienen su origen de los trabajos llevados a cabo por Barbosa (2013), Lara-Barragán y Santiago (2010) y Bañas, Mellado y Ruiz (2003).

Las ideas previas se pueden agrupar en los siguientes grupos, tabla 8.6:

- Termodinámica
- Mecánica de fluidos.
- Incertidumbre y precisión de una medida.

Conceptos	Opciones correctas
I.TERMODINÁMICA	
El calor es una transferencia de energía que se produce entre objetos a diferentes temperaturas.	3(b) 6(c)
La temperatura de ebullición de un fluido depende de la presión a la que es sometido.	5(a)
Calor específico.	8(d)
Definición de cambio de estado.	9(d)
La temperatura de ebullición del agua no depende de su volumen.	10(b)
La temperatura de congelación del agua es independiente de su volumen.	11(a)
La temperatura de los objetos situados en una habitación es independiente del material de construcción.	12(a)
El hielo puede estar a temperaturas por debajo de 0°C.	13(b)
El agua hierve alrededor de los 100°C en condiciones normales.	14(b)
Las burbujas que se forman en el agua al hervir son de vapor de agua.	15(d)
Definición del concepto de temperatura.	16(c)
II.MECÁNICA DE FLUIDOS	
Los fluidos aumentan su velocidad al circular por los tramos de tubería más estrechos.	17(c) 19(c)
Los fluidos disminuyen su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.	17(c) 19(c)
El aire no siempre ejerce una acción frontal empujando aquellos objetos que encuentra a su paso	18(a)
Efecto Magnus	20(c)
La presión que ejerce un fluido sobre las paredes de un objeto sumergido aumenta con la profundidad.	4(b)
El empuje de Arquímedes.	7(d)
III.INCERTIDUMBRE Y PRECISIÓN DE UNA MEDIDA	
Expresión correcta del resultado de una medida.	1(c)
Precisión de una medida.	2(c)

Tabla 8.6. Conceptos estudiados junto con las respectivas respuestas correctas del cuestionario I3 . La mayoría de las cuestiones tienen su origen de los trabajos llevados a cabo por Barbosa (2013), Lara-Barragán y Santiago (2010) y Bañas, Mellado y Ruiz (2003).

8.1.4. Cuestionario I4

En el cuestionario I4, con 10 ítems, se adopta una estructura similar al cuestionario I1, por lo que algunas preguntas se han tomado del cuestionario FCI (*Force Concept Inventory*), un instrumento ampliamente utilizado para evaluar la comprensión de conceptos fundamentales de la física. Además, se agregaron nuevas preguntas creadas por el autor del trabajo para abordar más temario del curso.

En la tabla 8.7 se muestran las ideas previas del cuestionario I4 junto con su descripción, así como los ítems asociados a cada una de ellas.

Estas ideas previas, teniendo en cuenta los conceptos fundamentales de la mecánica, se pueden agrupar en (ver tabla 8.8):

- I. Cinemática.
- II. Fuerzas activas / Segunda Ley de Newton.
- III. Acción y reacción / Tercera Ley de Newton.
- IV. Superposición de acciones / Principio de superposición.
- V. Incertidumbre.
- VI. Movimiento de rotación.

Idea previa	Descripción	Respuestas incorrectas asociadas a ideas previas
I.CINEMÁTICA		
PC01-4	Confusión entre los conceptos velocidad y aceleración.	2(a), 2(b), 2 (d), 3 (a), 3 (c), 3 (d)
PC02-4	Confusión entre velocidades absoluta y relativa.	6 (a), 6 (c), 6 (d)
II.FUERZAS ACTIVAS		
PC03-4	Para que haya movimiento tiene que existir fuerzas.	8 (a), 8(b) 10 (a)
PC04-4	Para que un cuerpo se mueva a velocidad constante es necesario la ausencia de fuerzas.	8 (c)
PC05-4	La ausencia de movimiento implica ausencia de fuerzas.	10 (a)
PC06-4	Aceleración constante implica ausencia de fuerzas.	10(c)
PC07-4	La cantidad de movimiento solo depende de la velocidad del objeto.	9(a)
III. ACCIÓN- REACCIÓN		
PC08-4	A mayor masa, mayor fuerza se aplica.	7(a), 7(c)
IV.SUPERPOSICIÓN DE FUERZAS		
PC09-4	El movimiento viene determinado por una combinación de fuerzas.	10 (a)
V.FUERZAS REACTIVAS		
PC10-4	Los obstáculos no ejercen fuerzas.	7(b)
VI. INCERTIDUMBRE		
PC011-4	Desconocimiento al expresar el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.	1(a), 1(b), 1(c)
VII.MOVIMIENTO DE ROTACIÓN		
PC12-4	Un cambio en el momento de inercia no afecta la velocidad angular del objeto que gira.	5(a), 5 (b), 5 (d)
PC13-4	Confusión entre velocidad angular y lineal.	4(a), 4(b), 4(d), 3(d)

Tabla 8.7. Ideas previas y las correspondientes opciones erróneas del cuestionario I4 según la taxonomía propuesta por David Hestenes en el FCI para el concepto de fuerza, al que se han añadido otras cuestiones de diferente temática elaboradas por el autor.

Conceptos	Opciones correctas
I.CINEMÁTICA	
Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.	2 (c)
Movimiento circular uniforme	3 (b)
Velocidad absoluta y relativa de un objeto	6 (b)
II.SEGUNDA LEY DE NEWTON	
La cantidad de movimiento de un objeto está directamente relacionada con su masa y velocidad	9 (b)
III.TERCERA LEY DE NEWTON	
Tercera ley de Newton para fuerzas impulsivas.	7 (d)
IV.PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN	
Fuerza resultante nula implica módulo de la velocidad constante.	8 (d) 10 (b)
V.INCERTIDUMBRE	
Expresar correctamente el resultado de una medida.	1(d)
VI.MOVIMIENTO DE ROTACIÓN	
Velocidad angular y lineal	4(c)
Momento de inercia	5(c)

Tabla 8.8. Conceptos estudiados junto con las respectivas respuestas correctas del cuestionario I4. La taxonomía empleada por Hestenes ha sido modificada para adecuarla a los conceptos fundamentales de la mecánica y a los ítems creados por el autor.

8.1.5. Cuestionario I5

Para este cuestionario, consta de 10 ítems de elaboración propia con el objetivo de evaluar la comprensión de conceptos incluidos en la asignatura Física I.

La tabla 8.9 proporciona un resumen de las ideas previas de los estudiantes, así como las opciones de respuesta para cada ítem.

Idea previa	Descripción	Respuestas incorrectas asociadas a ideas previas
I. FUERZAS ACTIVAS		
PC01-5	Para que haya movimiento tiene que existir fuerzas.	2 (a)
PC02-5	Para que un cuerpo se mueva a velocidad constante es necesario la ausencia de fuerzas.	2 (b)
PC03-5	La ausencia de movimiento implica ausencia de fuerzas.	2 (a)
II. SUPERPOSICIÓN DE ACCIONES		
PC04-5	El movimiento viene determinado por una combinación de fuerzas que actúan.	2(a)
III. FUERZAS RESISTIVAS		
PC05-5	La fuerza de rozamiento es mayor que la fuerza normal.	3 (a), 3 (b)
IV. INCERTIDUMBRE		
PC06-5	Desconocimiento al expresar el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.	1(a), 1(c), 1(d)
V. CENTRO DE MASAS		
PC07-5	Confusión en el concepto del centro de masas.	4 (a), 4 (c), 4 (d), 5 (a), 5 (c), 5 (d)
VI. MOVIMIENTO DE ROTACIÓN		
PC08-5	El momento de inercia de un objeto con respecto a su eje de gravedad es mayor que el calculado con respecto a cualquier otro punto.	6 (a)
PC09-5	Mala interpretación del momento de inercia de un disco homogéneo.	7 a), 7 (b), 7 (c)
PC10-5	La aceleración de un objeto que rueda sin deslizar por un plano inclinado es mayor cuanto mayor sea su masa o su momento de inercia.	8 (a), 8 (b)
PC11-5	La tensión de la cuerda que pasa por una polea de masa despreciable es distinta para ambos lados de la polea.	9 (b), 9 (c)
PC12-5	Dificultades a la hora de comparar las aceleraciones de cubo u esfera.	10 (a), 10 (b), 10 (d)

Tabla 8.9. Ideas previas y las correspondientes opciones erróneas del cuestionario I5 según la taxonomía propuesta por David Hestenes en el FCI para el concepto de fuerza, al que se han añadido otras cuestiones de diferente temática elaboradas por el autor.

Teniendo en cuenta los conceptos fundamentales de la mecánica, estas ideas previas pueden agruparse en las categorías mostradas la tabla 8.10:

- I. Primera ley de Newton
- II. Segunda Ley de Newton.
- III. Principio de superposición.
- IV. Fuerzas entre sólidos en contacto.
- V. Incertidumbre.
- VI. Centro de gravedad.
- VII. Momento de inercia.
- VIII. Movimiento de rotación.

Conceptos	Opciones correctas
I. PRIMERA LEY DE NEWTON	
Fuerza resultante nula implica módulo de la velocidad constante.	2 (d)
II. SEGUNDA LEY DE NEWTON	
La cantidad de movimiento de un objeto está directamente relacionada con su masa y velocidad.	9 (b)
III. PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN	
Resultante de fuerzas nula.	2 (d)
IV. FUERZAS ENTRE SÓLIDOS EN CONTACTO	
La fuerza de rozamiento con el suelo de un objeto en equilibrio actúa en la dirección paralela al suelo.	3 (c)
V. INCERTIDUMBRE	
Expresar correctamente el resultado de una medida.	1(b)
VI. CENTRO DE GRAVEDAD	
El centro de gravedad de una superficie puede estar fuera de ella.	4 (b), 5 (b)
VII. MOMENTO DE INERCIA	
Momento de inercia.	6(b), 7 (d)
VIII. MOVIMIENTO DE ROTACIÓN	
Aceleración de un objeto que rueda.	8 (c), 10 (c)
La tensión de una cuerda que pasa por una polea de masa despreciable Es la misma en ambos lados de la polea.	9 (a)

Tabla 8.10. Conceptos estudiados junto con las respectivas respuestas correctas del cuestionario I5. La taxonomía empleada por Hestenes ha sido modificada para adecuarla a los conceptos fundamentales de la mecánica y a los ítems creados por el autor.

8.2. Indicadores utilizados en el estudio de las ideas previas

A continuación, se describen los indicadores que se han utilizado para evaluar los cuestionarios sobre ideas previas.

8.2.1. Indicadores individuales de los ítems

Índice de facilidad

El índice de facilidad de cada ítem se calcula como el cociente entre el número de respuestas correctas dividido entre el número de respuestas totales.

$$IF = \frac{N_c}{N} \quad (1)$$

Siendo: N_c el número de respuestas correctas y N el número de respuestas totales.

Este índice estudia la proporción de estudiantes que respondieron a la pregunta de forma correcta y por ello suministra información de su mayor o menor facilidad. Su valor oscila entre 0 y 1 y se cumple que, a mayor índice de facilidad, más fácil será la pregunta y al revés. Existen diversidad de modos de clasificar la dificultad de las respuestas. Ruiz Bolívar (2002) propone la siguiente clasificación:

81 a 100 %	Muy Fácil
61 a 80 %	Fácil
41 a 60 %	Moderadamente Fácil
21 a 40 %	Difícil
01 a 20 %	Muy Difícil

Tabla 8.11. Clasificación del índice de facilidad según Ruiz Bolívar.

Para Menéndez et al (2010), el índice de facilidad se establece con los valores que se muestran en la siguiente tabla:

IF	Ítem
<0,3	Descartar
<0,5	Difícil
0,5 a 0,7	Adecuada
0,7 a 0,9	Buena pregunta
> 0,9	Muy fácil

Tabla 8.12. Clasificación del índice de facilidad según Menéndez.

Aliaga Tovar (2015) considera los ítems de dificultad media los que toman valores entre 0,30 y 0,70.

En este trabajo se ha optado por la siguiente clasificación:

IF	Ítem
<0,3	Difícil. Descartar
0,3 a 0,7	Válida
> 0,7	Muy fácil, descartar

Tabla 8.13. Criterio utilizado en el presente trabajo para determinar el Índice de Facilidad (IF).

Índice de dificultad

Para el cálculo de este índice haremos uso de la ecuación

$$Idif= 1- p \quad (2)$$

siendo p el promedio normalizado a 1 de los resultados de los estudiantes para un ítem determinado.

En algunos trabajos estadísticos se utiliza la expresión (1) para calcular el índice de dificultad de un ítem pero consideramos que es más didáctico utilizar la expresión (2) para medir el grado de dificultad de un ítem, pues cuanto mayor resulte, más difícil será para el alumno.

Para Gómez de Terreros (1998), es aceptable una pregunta que tenga un índice de dificultad comprendido entre 30% y 70%. Díaz Rojas PA. y Leyva Sánchez (2013), clasifican los ítems en virtud del índice de dificultad de la siguiente forma:

- Menos de 40 % de respuestas correctas se consideran difíciles.
- Entre 41 y 50 % de respuestas correctas se consideran medianamente difíciles.
- Entre 51 y 80 % de respuestas correctas se consideran de dificultad media.
- Entre 81 y 90 % de respuestas correctas se consideran medianamente fáciles.
- Entre 91 y 100 % de respuestas correctas se consideran fáciles.

Puesto que el índice de dificultad es contrario al de facilidad, se ha optado en este trabajo por seguir el criterio expuesto en la tabla 8.14.

Idif	Ítem
<0,3	Fácil. Descartar
0,3 a 0,7	Válida
> 0,7	Muy difícil, descartar

Tabla 8.14. Criterio utilizado en el presente trabajo para determinar el Índice de dificultad (Idif).

Índice de discriminación

Este índice evalúa si el ítem es capaz de establecer diferencias entre los estudiantes con mayor rendimiento académico con respecto de aquellos con peores resultados. Con este índice se estudia el poder discriminatorio que tiene una pregunta entre dos grupos de estudiantes: los que consiguieron mejores resultados en el test con respecto a aquellos que obtuvieron un peor resultado.

Para ello, se divide a la población de estudio en dos grupos iguales en número, el grupo 1 (G1) constituido por los alumnos que alcanzaron los mejores resultados en la prueba y el grupo 2 (G2) por aquellos que obtuvieron los peores resultados.

Para calcular este índice se utiliza la siguiente expresión:

$$ID = \frac{G1 - G2}{N/2} \quad (3)$$

Siendo:

- G1: número de aciertos del grupo 1.
- G2: número de aciertos del grupo 2.
- N: número total de alumnos de la muestra de estudio.

Si se da el caso que la mayoría de los alumnos del grupo 1 han contestado bien a una pregunta difícil y, al contrario, los alumnos del grupo 2 han errado en su mayoría, este índice discriminará correctamente.

Si, por el contrario, se da la circunstancia que los que contestaron correctamente fueron los alumnos con peores resultados, este índice nos indicará que se produce una discriminación negativa, y, por tanto, discrimina mal.

Por último, si no existe diferencia entre grupos a la hora de responder a la pregunta, este índice no discriminará, se produce una discriminación nula.

El índice de discriminación oscila entre -1 y 1. En caso de que resulte 1, indica que todos los miembros del grupo con mejores resultados aciertan el ítem y todos los alumnos con peores resultados contestan de forma incorrecta, lo que discriminaría perfectamente entre ambos grupos. En el caso de salir un valor de -1, ocurriría lo contrario.

Ebel y Frisbie (1986) establecen la siguiente tabla de valores para el índice de Discriminación (tabla 8.15).

Índice de discriminación	Calidad	Recomendaciones
> 0,39	Excelente	Conservar
0,30 – 0,39	Buena	Posibilidades de mejorar
0,20 – 0,29	Regular	Necesidad de revisar

Tabla 8.15. Índice de discriminación por Ebel y Frisbie.

Backhoff, E., Larrazolo, N. y Rosas, M. (2000) establecen los siguientes valores para el índice de discriminación (tabla 8.16):

Índice de discriminación	Calidad	Recomendaciones
Negativo	Pésima	Descartar
0-0,19	Pobre	Revisar a profundidad o descartar
0,20-0,29	Regular	Revisar
0,30-0,39	Buena	Posibilidad de mejora
0,40-1	Excelente	Conservar

Tabla 8.16. Índice de discriminación por Backhoff, E., Larrazolo, N. y Rosas.

Para este trabajo, estableceremos como aquellos valores que permitan discriminar de forma correcta para cada ítem del test los que tengan un índice de discriminación mayor o igual a 0,3. Valores por debajo no permiten discriminar entre los alumnos de ambos grupos. Por tanto, los ítems con valor por debajo de 0,3 deben de ser descartados del banco de preguntas de cara a próximos cuestionarios.

Coeficiente de correlación producto-momento de Pearson

Los indicadores anteriores pertenecen a la teoría clásica de análisis de test. Un parámetro más sofisticado en el análisis de ítems es el coeficiente de correlación producto-momento de Pearson (P) (Schober y Schwarte, 2018), que analiza la correlación entre los aciertos de cada estudiante en el ítem de estudio y su resultado global en la prueba en conjunto. Estudia, por tanto, las respuestas de los estudiantes que obtienen mejores resultados de los que obtienen peores resultados en un ítem en particular y los compara con sus resultados globales del test. Consideremos una prueba con n ítems que ha sido respondida por N estudiantes, siendo la nota del estudiante i en un ítem particular x_i y y_i su nota en toda la prueba, mientras que $\bar{x}$ e $\bar{y}$ son los valores medios del ítem y del test respectivamente. El valor de P para el ítem en estudio se define como

$$P = \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n\sigma_x\sigma_y} = \frac{\text{cov}(xy)}{\sigma_x\sigma_y} \quad (4)$$

donde σ_x y σ_y son las desviaciones estándar del ítem y la prueba, respectivamente, y $\text{cov}(xy)$ la covarianza entre la calificación en un ítem individual, x , y en la prueba, y .

P siempre tiene valores que se encuentran entre -1 y 1. Si P es positivo, el ítem puede discriminar correctamente a los estudiantes.

8.2.2. Estudio global del cuestionario

La forma más sencilla de definir un grupo de ítems es calcular los valores medios de sus indicadores. A su vez, existen dos expresiones que generalizan los indicadores clásicos de los ítems individuales para un cuestionario global:

$$IF_{test} = \frac{\text{media del test}}{\text{número de ítems}} \quad (5)$$

$$ID_{test} = \frac{\text{puntuación más alta} - \text{puntuación más baja}}{\text{número de ítems}} \quad (6)$$

Esta última expresión puede ser cuestionable pues depende en buen grado de las puntuaciones extremas por lo que, o bien se calcula excluyendo los casos extremos, o se hace la media del índice de discriminación del grupo de alumnos. Teniendo en cuenta lo dicho con anterioridad, estas expresiones pueden resultar útiles como primera aproximación del estudio de un test pero goza de una mayor credibilidad el promedio de los IF e ID de todos los ítem (IF_{tesm} , ID_{testm}).

Valores intermedios indican que el test presenta una dificultad intermedia y que además permite la discriminación entre ítems y grupos de trabajo.

8.2.3. El factor de Hake

El factor de Hake, propuesto por Richard R. Hake en 1998, es una medida que permite calcular la ganancia de aprendizaje experimentada por los estudiantes durante un curso académico. Este factor se determina comparando los aciertos obtenidos en dos cuestionarios diferentes: uno respondido al inicio del curso y otro al término de este.

La ganancia de aprendizaje se calcula mediante la diferencia entre el porcentaje de respuestas correctas en el cuestionario final y el porcentaje de respuestas correctas en el cuestionario inicial. Un factor de Hake positivo indica una mejora en el aprendizaje, mientras que un valor negativo sugiere un retroceso o una disminución en el conocimiento adquirido durante el curso.

Se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$h = \frac{\overline{M}_2 - \overline{M}_1}{100 - \overline{M}_1} \quad (7)$$

donde M_i es el porcentaje de aciertos para el cuestionario en el momento i . Este factor siempre se encuentra entre 0 y 1. Se considera que el proceso de aprendizaje ha

tenido un alto grado de éxito para $h > 0,7$, un grado moderado para $0,3 < h < 0,7$ y un bajo grado de éxito para $h < 0,3$.

8.3. El cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje (CHAEA)

En este trabajo se ha utilizado el Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje (CHAEA), descrito por Alonso et al. en 2007, una herramienta reconocida y utilizada para evaluar los estilos de aprendizaje. Este cuestionario adapta el cuestionario de Honey y Mumford a la enseñanza en lengua española (García Cué et al., 2009), y hoy en día se cumplimenta habitualmente en un fichero Excel que proporciona automáticamente la tendencia de cada alumno hacia los diferentes estilos de aprendizaje. Al igual que el cuestionario de Honey y Mumford, el CHAEA está formado por 80 preguntas y clasifica a los estudiantes como activos, reflexivos, teóricos y pragmáticos en función de su preferencia hacia determinadas formas de aprendizaje.

Esta herramienta ofrece una visión integral de los estilos de aprendizaje individuales, lo que permite a los educadores adaptar sus métodos de enseñanza para satisfacer las necesidades específicas de cada alumno.

El CHAEA consiste en una colección de 80 ítems, de los cuales 20 están diseñados para evaluar cada uno de los cuatro estilos de aprendizaje, como se detalla en la tabla 4.1. La validez del cuestionario se ha establecido mediante el análisis de las respuestas proporcionadas por más de 1 300 estudiantes en su conjunto (Alonso et al., 2007).

Estilo de aprendizaje	Preguntas	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Activo	3, 5, 7, 9, 13, 20, 26, 27, 35, 37, 41, 43, 46, 48, 51, 61, 67, 74, 75, 77	0-6	7-8	9-12	13-14	15-20
Reflexivo	10, 16, 18, 19, 28, 31, 32, 34, 36, 39, 42, 44, 49, 55, 58, 63, 65, 69, 70, 79	0-10	11-13	14-17	18-19	20
Teórico	2, 4, 6, 11, 15, 17, 21, 23, 25, 29, 33, 45, 50, 54, 60, 64, 66, 71, 78, 80	0-6	7-9	10-13	14-15	16-20
Pragmático	1, 8, 12, 14, 22, 24, 30, 38, 40, 47, 52, 53, 56, 57, 59, 62, 68, 72, 73, 76	0-8	9-10	11-13	14-15	16-20

Tabla 8.17. Preguntas asociadas a cada uno de los estilos de aprendizaje de Honey-Mumford (Activo, reflexivo, teórico y pragmático), y tendencias cualitativas (muy bajo/bajo/moderado/alto/muy alto) hacia ellos en función del número de puntos totales (0-20) obtenidos en el cuestionario de Honey-Alonso (Alonso et al., 2007).

Se puede acceder a una versión electrónica de CHAEA realizada en un documento Excel a través de la página web de O. Cancino (2024). Existe una versión en inglés de este cuestionario, con algunos cambios menores, disponible en GitHub (<https://github.com/fabiorevuelta/chaea3s>, Ablanque et al, 2024). El cuestionario consta de 7 hojas diferentes. La primera hoja contiene 80 ítems y los encuestados

deben seleccionar 1 para estar de acuerdo o 0 para estar en desacuerdo con cada afirmación.

La segunda hoja del documento Excel resume las respuestas del alumno asociando cada respuesta con el estilo de aprendizaje correspondiente y calcula los puntos obtenidos para cada estilo de aprendizaje (que van de 0 a 20), estableciendo el baremo expresado en la tabla 8.17 (muy bajo, bajo, moderado, alto, muy alto).

La tercera hoja de Excel ofrece una representación gráfica de los resultados, creando una figura característica de los estilos de aprendizaje de cada alumno.

La simplicidad al responder el cuestionario es una de sus características destacadas, con instrucciones precisas integradas en el mismo archivo. Solo se requiere marcar un 0 si se está en desacuerdo y un 1 si se está de acuerdo con la característica descrita. La herramienta realizará automáticamente los cálculos pertinentes y es imperativo responder a la totalidad de los ítems. El cuestionario se ha estructurado de manera que las preguntas se presentan de forma aleatoria, con algunas redundantes como medida de control. Al concluir, la suma de la puntuación de preguntas específicas indica la puntuación obtenida en cada una de las categorías.

El análisis de los estilos de aprendizaje de un grupo de estudiantes puede ser complicado, incluso cuando se emplea la herramienta de Excel mencionada anteriormente. Requiere abrir y revisar los resultados de cada estudiante individualmente, además de posiblemente transferir esos datos a otro lugar para realizar un análisis global. Este proceso puede propiciar la aparición de errores y puede ser muy laborioso en caso grupos numerosos. Además, el manejo de datos siempre implicará ciertas habilidades computacionales, las cuales pueden no estar al alcance de todos los docentes.

Se ha utilizado en este trabajo el Software de Análisis Automático CHAEA (CHAEA^{3S}) en Python (Ablanque et al., 2024b). Este software genera un breve informe que presenta diversos aspectos de los estilos de aprendizaje del grupo sin necesidad de habilidades computacionales avanzadas. El paquete de software implementa un análisis estadístico estándar de los estilos de aprendizaje y utiliza el análisis de componentes principales (ACP), una técnica fundamental en el análisis de datos que permite reducir la dimensionalidad en conjuntos de datos extensos con mínima pérdida de información, es decir, de dispersión. Esto permite a los educadores obtener una visión más clara y eficiente de los estilos de aprendizaje (EA) de sus estudiantes sin la carga de trabajo manual intensiva y el riesgo de errores.

8.3.1. Análisis de las tendencias globales

Para proporcionar una descripción de los estilos de aprendizaje presentes en un grupo de estudiantes, se han calculado las medias asociadas a cada uno de ellos. Las incertidumbres correspondientes se calculan utilizando una distribución t-Student con un intervalo de confianza del 95%.

Para establecer la relación entre el número de estudiantes con una tendencia moderada, alta y muy alta hacia un determinado estilo de aprendizaje se ha calculado la afinidad. Este parámetro se define como el siguiente porcentaje:

$$A_x(\%) = 100 \frac{N_x^M + N_x^A + N_x^{MA}}{N_x^{MB} + N_x^B + N_x^M + N_x^A + N_x^{MA}} \quad (8)$$

Donde N_x^T proporciona el número de estudiantes según la tendencia cualitativa (MB: muy bajo; B: baja; M: moderada; A: alta; y MA: muy alta) hacia el estilo de aprendizaje (activo, reflexivo, teórico y pragmático).

Un valor alto en la afinidad indica que el estilo de aprendizaje estudiado está muy extendido entre el grupo de estudiantes.

8.3.2. Análisis de componentes principales

Este análisis facilita la reducción de la dimensionalidad en un conjunto de datos, a la vez que minimiza la pérdida de información. Encuentra un nuevo sistema de coordenadas (los componentes principales) que definen un conjunto de bases óptimo para describir el espacio vectorial correspondiente en nuestro caso, el espacio cuatridimensional formado por los cuatro estilos considerados (activo, reflexivo, teórico y pragmático).

El Análisis de Componentes Principales (ACP) requiere la construcción de la matriz de covarianza asociada a un conjunto de vectores aleatorios de longitud k , como $\vec{X}$ (Jolliffe y Cadima, 2002; Jolliffe y Cadima, 2016).

$$K = \text{Cov}[\vec{X}, \vec{X}] = E \left[\left(\vec{X} - E(\vec{X}) \right) \left(\vec{X} - E(\vec{X}) \right)^T \right] \quad (9)$$

con $E[\vec{X}]$ el valor esperado de $\vec{X}$.

En el caso de los estilos de aprendizaje de CHAEA, el vector asociado a cada uno de los estudiantes tiene cuatro componentes, cada uno de los cuales contiene el número total de puntos (0-20) relacionados con uno de los cuatro estilos de aprendizaje. La traza de la matriz de covarianza, $\text{tr}(K) = \sum_{i=1}^p K_{i,i}$, representa la dispersión total en los datos.

Los vectores propios obtenidos tras diagonalizar esta matriz definen los componentes principales, un nuevo sistema de referencia cuyas coordenadas son funciones lineales del conjunto de datos original y no presentan las correlaciones que aparecen en las coordenadas originales, que corresponden, en el caso estudiado, a los resultados de aprendizaje. Como la traza de la matriz de covarianza también satisface eso, $\text{tr}(K) = \sum_{i=1}^K \lambda_i$, los valores propios de la matriz se asocian con la dispersión de las nuevas coordenadas. Luego, la proporción $\lambda_i / \text{tr}(K)$ facilita la cantidad de información que representa el valor propio λ_i . Normalmente, el número de componentes principales a tener en cuenta es tal que representan el 70% de la variabilidad total de los datos.

8.3.3. Índices de participación

El índice de participación (*participation ratio*, PR) proporciona el número de elementos básicos que se requieren para reconstruir aproximadamente un vector dado. Se define como:

$$PR_n = \frac{|\sum_{i=1}^N l_{n,i}^2|^2}{\sum_{i=1}^N l_{n,i}^4} \quad (10),$$

Siendo $l_{n,i}$ el componente i -ésimo del vector $\vec{l}_n = (l_{n,1}, l_{n,2}, \dots, l_{n,N})$ en un conjunto de base dado de dimensión N (cuatro en nuestro caso). En consecuencia, cuanto más pequeño sea el índice de participación para un vector dado, más adecuado será el conjunto de base considerado para su descripción. En el caso «óptimo», $PR_n=1$. Entonces, el vector $\vec{l}_n$ coincide con uno de los elementos de la base, por ejemplo, el j -ésimo, y luego todos los coeficientes $l_{n,i}$ con $i \neq j$ que describen el vector en el conjunto de base considerado se anulan. El coeficiente $l_{n,j}$ es el único diferente de cero. Por el contrario, en el caso «peor», $PR_n=N$. En este caso, todos los coeficientes $l_{n,i}$ del vector $\vec{l}_n$ tienen el mismo valor, lo que significa que todos los elementos de la base son igualmente importantes para reproducir el vector y ninguno de ellos puede ser eliminado. En general, $1 \leq PR_n \leq N$

8.3.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados se basa en la distribución de Weibull de tres parámetros (Krishnamoorthy, 2006),

$$P(s) = \begin{cases} \left(\frac{k}{\alpha}\right) \left(x - \frac{\theta}{\alpha}\right)^{k-1} e^{-\left(x - \frac{\theta}{\alpha}\right)^k}, & \text{para } x \geq 0 \\ 0, & \text{para } x < 0 \end{cases}$$

donde $k > 0$ es el parámetro de forma, $\alpha > 0$ es el parámetro de escala y $\theta \geq 0$ es el parámetro de ubicación. En todos nuestros cálculos, los parámetros anteriores se obtienen ajustando la distribución acumulada correspondiente:

$$W(s) = \int_0^s P(s) ds = 1 - e^{-\left(\frac{x-\theta}{\alpha}\right)^k} \quad (12)$$

CAPÍTULO IX. ESTUDIOS SOBRE IDEAS PREVIAS

9. Estudios sobre ideas previas

A continuación, se describen los distintos casos de estudio llevados a cabo sobre ideas previas y se discuten los resultados obtenidos en cada uno de ellos. A su vez, estos estudios se dividen en: ideas previas sobre el concepto de fuerza e ideas previas sobre termodinámica y fluidos.

9.1. Ideas previas sobre el concepto de fuerza

A continuación, se exponen dos estudios realizados sobre la presencia de las ideas previas en alumnos procedentes de primer curso universitario. En el primero se investiga la presencia de ideas previas en tres grupos de alumnos al comienzo del curso y, en el segundo, se estudia la ganancia de aprendizaje en uno de estos grupos.

9.1.1. Ideas previas presentes al comienzo de la carrera universitaria

Descripción de la experiencia

Formaron parte de la experiencia los siguientes grupos de alumnos:

- Grupo 1: 46 alumnos, 17 alumnos y 29 alumnas, de los Grados Ingeniería Agroambiental, Ingeniería Alimentaria e Ingeniería y Ciencia Agronómica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAB) de Madrid.
- Grupo 2: 43 alumnos, 12 alumnos y 31 alumnas, de los Grados Ingeniería Agroambiental, Ingeniería Alimentaria e Ingeniería y Ciencia Agronómica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAB) de Madrid.
- Grupo 3: 56 alumnos, 37 alumnos y 19 alumnas, del Grado de Edificación de la Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSEM) de Madrid.

Al comienzo del curso académico 2016/17, se facilitaron los cuestionarios sobre ideas previas I1 (grupos 1 y 2) e I2 (grupo 3), descritos en el capítulo 8, a los tres grupos de estudiantes de primer año de la Universidad Politécnica de Madrid.

Correlación entre los resultados del cuestionario y la nota de acceso a la universidad

La mayoría de los alumnos tenían experiencia de laboratorio, salvo el grupo 3 y eran usuarios de la hoja de cálculo Excel, pero son pocos los que sabían cómo hacer un ajuste por mínimos cuadrados (figura 9.2). En la figura 9.1 se contrastan para cada

alumno, los aciertos del cuestionario y la nota de acceso a la universidad (NAU) y no se observa una correlación entre ambas variables, ya que altas calificaciones académicas no garantizan buenos resultados en el cuestionario y viceversa.

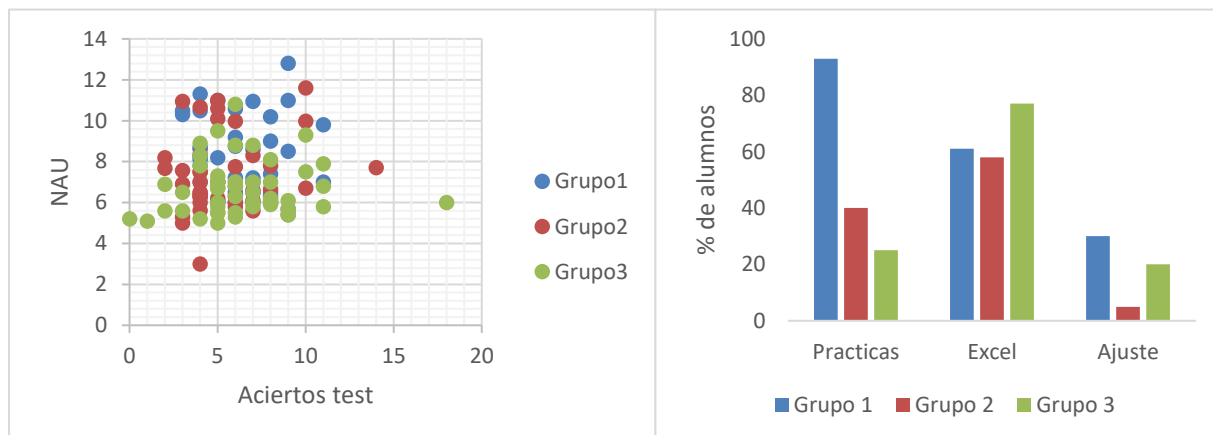


Figura 9.1. Relación de la calificación de acceso a la universidad de cada alumno y el número de aciertos obtenidos en el cuestionario I1 (grupo 1 y 2) y el cuestionario I2 (grupo 3).

Figura 9.2. Porcentaje de alumnos que habían realizado prácticas de laboratorio, familiarizados con la hoja de cálculo Excel y el ajuste por mínimos cuadrados.

Análisis de los resultados del cuestionario

En la tabla 9.1 se presentan los porcentajes de las respuestas a los cuestionarios para los tres grupos de estudio.

Ítem	Grupo 1. ETSI Agronómica					Grupo 2. ETSI Agronómica					Grupo 3. ETS Edificación				
	a	b	c	d	NS/NC	a	b	c	d	NS/NC	a	b	c	d	NS/NC
1	22	20	48	4	6	7	2	40	5	51	18	14	38	11	19
2	24	43	15	7	11	9	47	5	0	40	7	46	14	13	20
3	13	43	43	0	1	12	12	58	0	19	20	34	41	2	3
4	13	20	65	0	2	9	53	16	12	21	25	59	16	0	0
5	28	65	4	0	3	16	67	2	12	14	16	39	30	5	10
6	20	26	30	4	20	19	33	26	2	23	59	16	5	11	9
7	59	28	2	7	4	67	14	2	7	16	63	4	2	30	1
8	65	2	0	30	3	67	0	2	28	30	32	46	11	5	6
9	24	26	9	17	24	42	40	7	5	12	14	7	4	57	18
10	11	22	57	9	1	12	26	49	12	14	52	7	5	36	0
11	43	20	4	33	0	51	12	5	30	33	11	14	16	52	7
12	15	13	50	13	9	14	19	35	12	33	0	21	70	7	2
13	0	20	70	9	1	2	12	63	19	23	13	20	16	46	5
14	7	41	15	26	11	14	37	16	19	33	29	23	16	29	3
15	24	33	17	22	4	19	23	21	21	37	7	16	50	16	11
16	11	4	46	17	22	7	9	30	33	53	39	9	46	1	5
17	33	17	37	7	6	44	0	37	5	19	2	18	7	71	2
18	2	17	17	63	1	2	16	12	65	70	25	43	20	5	7
19	30	43	11	9	7	21	53	16	2	9	25	23	43	2	7
20	35	26	30	4	5	35	23	35	0	7	20	23	7	43	7
21	17	26	9	37	11	19	9	7	49	65	14	0	21	57	8
22	13	9	20	58	0	21	2	21	47	56	16	5	38	30	11
23	15	7	54	20	4	19	5	35	23	42	2	43	18	20	17
24	11	41	20	20	8	5	37	14	14	44	2	14	13	50	21

Tabla 9.1. Respuestas de los tres grupos de estudio a los cuestionarios sobre ideas previas expresadas en porcentaje. En sombreado las opciones correctas y de estas, en rojo, las clasificadas como muy difíciles.

Los grupos 1 y 2 respondieron el cuestionario I1, mientras que el grupo 3 completó el cuestionario I2 (se pueden encontrar todos los cuestionarios al final de este trabajo). Se han resaltado en sombreado las respuestas correctas y entre estas, en rojo, aquellas clasificadas como muy difíciles.

En la figura 9.3 se presenta el porcentaje de aciertos de cada ítem del cuestionario para los tres grupos de estudio

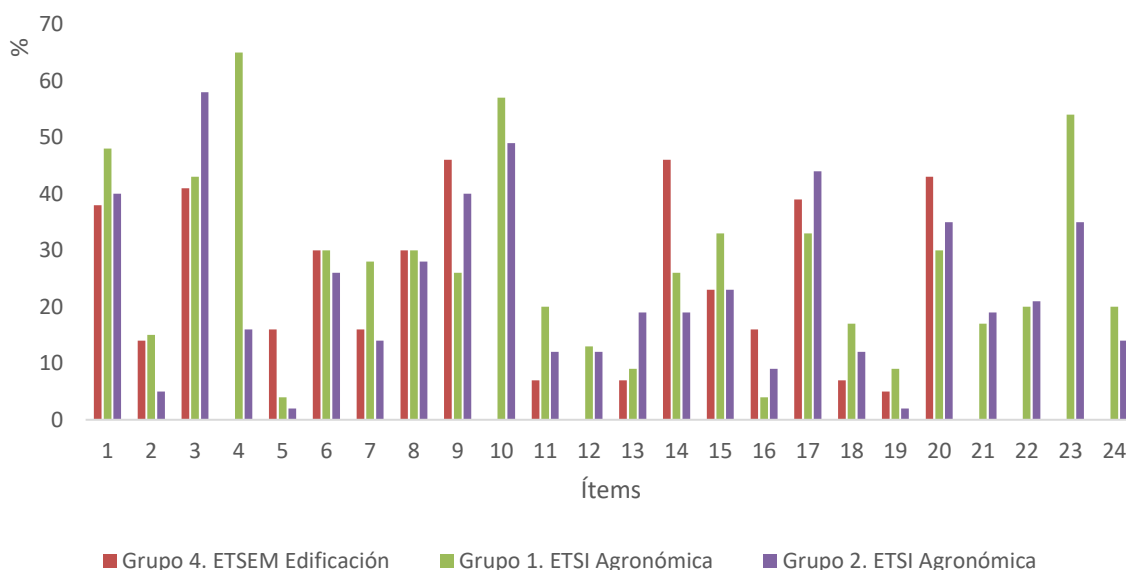


Figura 9.3. Aciertos por ítem en porcentaje y grupo de estudio.

En la tabla 9.2 se presentan los distintos indicadores estadísticos utilizados en este estudio, es decir el índice de facilidad (IF), el índice de discriminación (ID), el índice de dificultad (Idif) y el índice de discriminación (P) calculado por el coeficiente de Pearson, para cada ítem del cuestionario y grupo de estudio.

Los ítems que han presentado mayor fiabilidad han sido el 1,6,8,15 y 17 para el grupo 1, el 17, 20 y 23 para el grupo 2 y, el 3,5,8,13 y 22 para el grupo 3. Los que han resultado más difíciles según el índice de facilidad son:

- Grupo 1: 2,5,7,9,11,12,13,14,16,18,19,21,22,24.
- Grupo 2: 2,5,6,7,8,11,12,13,14,15,16,19,21,22,24.
- Grupo 3: 2,4,6,9,10,12,14,15,16,17,18,20,23.

Algunos de los ítems del cuestionario I1 también estaban presentes en el cuestionario I2. En la tabla 9.3 se han reordenado los datos con el fin de que resulte más fácil la comparación entre ítems iguales.

Ítem	Grupo1				Grupo2				Grupo3			
	IF	ID	Idif	P	IF	ID	Idif	P	IF	ID	Idif	P
1	0,48	0,43	0,52	0,53	0,40	0,42	0,60	0,45	0,38	0,18	0,63	0,38
2	0,15	-0,13	0,85	-0,02	0,05	0,09	0,95	0,53	0,14	0,00	0,86	-0,01
3	0,43	0,00	0,57	-0,08	0,58	-0,14	0,42	0,09	0,41	0,32	0,59	0,42
4	0,65	0,00	0,35	0,09	0,16	0,14	0,84	0,09	0,16	-0,11	0,84	-0,03
5	0,04	0,00	0,96	0,18	0,02	-0,05	0,98	-0,09	0,30	0,32	0,70	0,41
6	0,30	0,35	0,70	0,52	0,26	0,23	0,74	0,08	0,16	0,25	0,84	0,37
7	0,28	-0,04	0,72	-0,10	0,14	0,09	0,86	0,30	0,30	0,25	0,70	0,41
8	0,30	0,43	0,70	0,48	0,28	0,09	0,72	0,33	0,46	0,50	0,54	0,51
9	0,26	0,26	0,74	0,44	0,40	0,33	0,60	0,37	0,07	0,00	0,93	-0,01
10	0,57	0,17	0,43	0,27	0,49	0,23	0,51	0,31	0,07	0,14	0,93	0,34
11	0,20	0,04	0,80	0,10	0,12	0,05	0,88	-0,07	0,52	0,25	0,48	0,25
12	0,13	0,09	0,87	-0,03	0,12	0,14	0,88	0,19	0,07	0,00	0,93	0,22
13	0,09	0,09	0,91	0,06	0,19	0,09	0,81	0,19	0,46	0,43	0,54	0,46
14	0,26	0,17	0,74	0,23	0,19	0,09	0,81	0,19	0,23	0,32	0,77	0,50
15	0,33	0,39	0,67	0,36	0,23	0,28	0,77	0,29	0,16	0,18	0,84	0,37
16	0,04	-0,09	0,96	0,00	0,09	0,09	0,91	0,32	0,39	0,07	0,61	0,17
17	0,33	0,30	0,67	0,36	0,44	0,42	0,56	0,41	0,07	0,00	0,93	0,20
18	0,17	0,00	0,83	0,00	0,12	0,14	0,88	0,07	0,05	-0,04	0,95	0,16
19	0,09	0,09	0,91	0,00	0,02	0,05	0,98	0,09	0,43	0,21	0,57	0,39
20	0,30	0,09	0,70	0,24	0,35	0,42	0,65	0,50	0,20	0,18	0,80	0,20
21	0,17	0,17	0,83	0,44	0,19	0,00	0,81	0,41	0,21	0,29	0,79	0,38
22	0,20	0,30	0,80	0,62	0,21	0,05	0,79	0,10	0,38	0,39	0,63	0,47
23	0,54	0,30	0,46	0,22	0,35	0,42	0,65	0,58	0,18	0,07	0,82	0,06
24	0,20	0,13	0,80	0,43	0,12	0,14	0,88	0,42	0,50	0,21	0,50	0,37

Tabla 9.2. Indicadores estadísticos del test para cada ítem y grupo de estudio. Siendo IF el índice de facilidad, ID el índice de discriminación, Idif el índice de dificultad y P el índice de discriminación calculado por el coeficiente de Pearson.

Ítem	Grupo 1. ETSIAAB					Grupo 2. ETSIAAB					Grupo 3. ETSE				
	a	b	c	d	NS/NC	a	b	c	d	NS/NC	a	b	c	d	NS/NC
1	22	20	48	4	6	7	2	40	5	51	18	14	38	11	19
2	24	43	15	7	11	9	47	5	0	40	7	46	14	13	20
3	13	43	43	0	1	12	12	58	0	19	20	34	41	2	3
4	13	20	65	0	2	9	53	16	12	21					
5	28	65	4	0	3	16	67	2	12	14	25	59	16	0	0
6	20	26	30	4	20	19	33	26	2	23	16	39	30	5	10
7	59	28	2	7	4	67	14	2	7	16	59	16	5	11	9
8	65	2	0	30	3	67	0	2	28	30	63	4	2	30	1
9	24	26	9	17	24	42	40	7	5	12	32	46	11	5	6
10	11	22	57	9	1	12	26	49	12	14					
11	43	20	4	33	0	51	12	5	30	33	52	7	5	36	0
12	15	13	50	13	9	14	19	35	12	33					
13	0	20	70	9	1	2	12	63	19	23	0	21	70	7	2
14	7	41	15	26	11	14	37	16	19	33	13	20	16	46	5
15	24	33	17	22	4	19	23	21	21	37	29	23	16	29	3
16	11	4	46	17	22	7	9	30	33	53	7	16	50	16	11
17	33	17	37	7	6	44	0	37	5	19	39	9	46	1	5
18	2	17	17	63	1	2	16	12	65	70	2	18	7	71	2
19	30	43	11	9	7	21	53	16	2	9	25	43	20	5	7
20	35	26	30	4	5	35	23	35	0	7	25	23	43	2	7
21	17	26	9	37	11	19	9	7	49	65	20	23	7	43	7
22	13	9	20	58	0	21	2	21	47	56	14	0	21	57	8
23	15	7	54	20	4	19	5	35	23	42	16	5	38	30	11
24	11	41	20	20	8	5	37	14	14	44	2	43	18	20	17

Tabla 9.3. Resultados de los ítems coincidentes de ambos cuestionarios siguiendo la numeración de los grupos 1 y 2. Se destacan las opciones correctas (verde) y de estas, en rojo, las difíciles.

Agrupando de nuevo los ítems y tomando como numeración la del cuestionario de los grupos 1 y 2, los ítems más fiables han sido:

- Grupo 1: 1, 6,8,15 y 17.
- Grupo 2: 3,5,8,13 y 22.
- Grupo 3: 3,6,9,14 y 23.

Los calificados como difíciles para los tres grupos de estudio (siguiendo la numeración del cuestionario de los grupos fueron: 1 y 2: 2-5-7-11-13-16-18-19-21-22 y 24. En la tabla 9.4 se muestran los índices de discriminación y dificultad del test en su conjunto referidos a los tres grupos y calculados mediante las expresiones generales (5) y (6):

	Grupo 1. ETSI Agronómica	Grupo 2. ETSI Agronómica	Grupo 3. ETS Edificación
IFTTest	0,27	0,23	0,26
IDTest	0,42	0,54	0,75

Tabla 9.4. Índices de discriminación y de dificultad calculados a partir las expresiones (5) y (6).

Estos mismos índices, obtenidos a partir del promedio de los datos de la tabla 9.3.:

	Grupo 1. ETSI Agronómica				Grupo 2. ETSI Agronómica				Grupo 3. ETS Edificación			
	IF	ID	Idif	P	IF	ID	Idif	P	IF	ID	Idif	P
Media	0,27	0,15	0,73	0,22	0,23	0,16	0,77	0,26	0,26	0,18	0,74	0,29

Tabla 9.5. Índices de discriminación y de dificultad del cuestionario calculados a partir de las medias.

Con el ítem 2 se estudia si los alumnos saben elegir, de entre varias, la medida más precisa. El máximo de aciertos ha sido el 15% para el grupo 1.

El ítem 5 presenta un porcentaje de aciertos del 4% y 2% para los grupos 1 y 2 respectivamente y un 16% para el grupo 3. Más de la mitad de los alumnos de los tres grupos (65%,67% y 59%) consideraron que «un objeto lleva siempre la misma dirección que la fuerza que actúa sobre él», mientras que para un 28%,16% y 25 %, respectivamente «si un cuerpo no se acelera es porque no actúa ninguna fuerza».

Es de resaltar el bajo porcentaje de aciertos (entre el 14% y el 28%) en el ítem 7. Los alumnos, en su mayoría, consideran que los astronautas no están sometidos a la gravedad terrestre al considerar que «en el espacio no hay gravedad».

El ítem 11 fue contestado de forma correcta por el 20% de los alumnos del grupo 1 y aún por debajo en el caso de los grupos 2 y 3. En esta cuestión, en la que se plantea la subida de un ascensor a velocidad constante, la mayoría de los alumnos se decantaron por la opción que incide en la idea previa «la fuerza mayor es la que determina el movimiento por lo que, si el ascensor se mueve, es que una de las fuerzas es mayor».

El ítem 13 pregunta sobre las fuerzas que intervienen durante la trayectoria que sigue una pelota. La mayoría de los alumnos, 63 y 70 %, consideraron que durante toda la

trayectoria intervienen la fuerza de la gravedad, la fuerza de lanzamiento y el rozamiento del aire.

El ítem 16 solo ha sido contestado de forma correcta por el 4% en el caso del grupo 1, el 9% en el grupo 2 y el 16% en el grupo 3. La mayoría de los alumnos eligieron la opción c, aquella que conlleva implícitamente la idea previa de «la última fuerza en actuar es la que determina el movimiento».

El ítem 18, con un 17%, 12% y 7% de aciertos respectivamente, estudia el movimiento de un objeto bajo la acción de una fuerza. Más de la mitad de los encuestados, 63%, 65% y 71%, optaron por la siguiente idea previa: «el movimiento se produce siempre cuando la fuerza que actúa es mayor que la resistencia».

El ítem 19 ha sido contestado correctamente por el 9%, el 2% y el 5% respectivamente. Los alumnos, en su mayoría, incurren en las siguientes ideas previas: «la velocidad es proporcional a la fuerza aplicada» (30, 21 y 25% respectivamente), y, «el movimiento se produce porque la fuerza aplicada es mayor que la resistencia» (43, 53 y 43%).

Si bien el ítem 20, relacionado con el 19, ha presentado un tanto por ciento de aciertos superior al 30%, los alumnos inciden en las siguientes ideas previas: «la propia masa de los cuerpos hace que estos se paren inmediatamente» (35%, 35% y 25% respectivamente) y «tras la acción de una fuerza el cuerpo continuará moviéndose a velocidad constante durante un tiempo y luego se detendrá poco a poco» (26, 23 y 23 %). En el ítem 21, aquel en cuyo enunciado indica que dos bolas de diferente peso caen desde el extremo de una mesa, la mayor parte de los alumnos (37, 49 y 43%) han elegido la opción d como válida, lo que denota que incurren en la siguiente idea previa: «los objetos más pesados caen más rápido».

El ítem 22 versa sobre concepto momento de inercia. Solo el 20% del grupo 1 y el 21% en los grupos 2 y 3 contestaron de forma correcta.

Con el ítem 24 se investiga si los alumnos han aprendido correctamente el concepto del centro de masas. Solo el 20% del grupo 1 y el 14 y 18% de los grupos 2 y 3 seleccionaron la opción correcta. La mayoría de los alumnos optaron por aquellas que reflejan las siguientes ideas previas: «el centro de gravedad siempre coincide con el centro de masas» (41, 37 y 43 %) y, «en un sistema de partículas no existe centro de masas, pero si centro de gravedad» (20, 14 y 20%).

Los ítems calificados como muy difíciles solo para los grupos 1 y 2 (siguiendo la numeración del cuestionario de los grupos 1 y 2) han sido el 12 y el 14.

El ítem 12 obtuvo un máximo de 13% de aciertos. El enunciado, acompañado de una ilustración, indica que varios bloques se mueven hacia la derecha y se les pide a los

alumnos que decidan cual irá a mayor aceleración. Si se observa la ilustración se puede apreciar que los bloques recorren distancias iguales en tiempos iguales por lo que las velocidades son constantes, siendo correcta la respuesta d, la aceleración de a es igual a la aceleración de b y ambas iguales a cero. La mayoría de los alumnos optaron por la opción incorrecta: $a_a < a_b$, lo que muestra una «confusión entre los conceptos de aceleración y velocidad».

En el Ítem 14, con un 26% y un 19% de aciertos respectivamente, trata sobre el comportamiento de un cohete espacial tras ser impulsado por un motor. Un 41% de los alumnos del grupo 1 y un 37% del grupo 2 optaron por la opción que indica la siguiente idea previa: «la última fuerza en actuar es la que determina el movimiento».

El ítem 15 ha sido calificado como muy difícil solo para los grupos 2 y 3. Las ideas previas que afloran de las respuestas por parte de los alumnos fueron: «la velocidad es proporcional a la fuerza aplicada» (19% y 29%) y, «una fuerza provoca la aceleración del móvil, pero hasta una velocidad máxima» (21% y 29%).

El ítem 17 está relacionado con el ítem 15 y, si bien, el tanto por ciento de aciertos de los tres grupos supera el 30%, hay que resaltar que para un 37% en los grupos 1 y 2 y para un 46% en el tercer grupo: «si deja de actuar una fuerza sobre un móvil la velocidad de este irá decreciendo».

El ítem 6, que describe el desplazamiento de un móvil situado sobre una mesa unido a otro que está suspendido por medio de una cuerda ha resultado muy difícil (con un 26% de aciertos) solo para el grupo 2 (30% de aciertos en los grupos 1 y 3).

Solo un 28% del grupo 2 seleccionaron la opción correcta al ítem 8. Más de la mitad de los alumnos (67%) optaron por la siguiente idea previa: «a mayor masa, mayor fuerza ejercida por un objeto». Esto constituye un mal resultado para alumnos que, en principio, deberían entender el principio de acción-reacción.

El ítem 9, ha resultado muy difícil solo para el grupo 1, con un 26% de aciertos. Un 24% optó por la idea previa: «sobre un cuerpo situado en el suelo solo actúa la fuerza de la gravedad y no la reacción del suelo sobre él».

El ítem 9, pero según numeración del cuestionario del grupo 3, ha tenido un 7% de aciertos. La mayoría de los alumnos consideran que el momento de inercia de un sólido es una magnitud vectorial.

Si bien el ítem 24 (según numeración del cuestionario del grupo 3) ha tenido más del 50% de aciertos, es curioso que para el resto de los alumnos: «el volumen de fluido desalojado de un objeto sumergido está en función del material de que está construido, más que del volumen que ocupa».

En la tabla 9.6 se muestran las ideas previas en las que más han incurrido los alumnos expresados en porcentaje y por grupo de estudio, así como los valores medios de todos los grupos.

Ítem	Ideas previas	G1 %	G2 %	G3 %	Media
1	Desconocimiento a la hora de expresar correctamente el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.	52	60	62	58
2	Confusión sobre el concepto de precisión de una medida.	85	95	86	89
3	Desconocimiento a la hora de expresar correctamente el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre	57	42	59	53
4	En un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado la aceleración normal es constante y la tangencial es cero.	20	53		37
5	Un objeto lleva siempre la misma dirección que la fuerza que actúa.	65	67	59	64
5	Si un cuerpo no se acelera es porque no actúa ninguna fuerza sobre él.	28	16	25	26
6	Confusión entre los conceptos velocidad y aceleración.	20	19	16	18
7	En el espacio no hay gravedad.	59	67	59	62
8	A mayor masa, mayor fuerza ejercida por un objeto.	65	69	65	66
9	Sobre un cuerpo situado en el suelo solo actúa la fuerza de la gravedad y no la reacción del suelo sobre él.	24	42	32	33
10	La aceleración implica una fuerza de magnitud variable.	22	26		24
11	La fuerza mayor es la que determina el movimiento.	43	51	53	49
12	Confusión entre los conceptos velocidad y aceleración.	87	88		88
13	Inercia por efecto del golpe.	70	63	70	68
14	La última fuerza en actuar es la que determina el movimiento.	41	37	20	33
15	La velocidad es proporcional a la fuerza aplicada.	24	19	29	24
15	Una fuerza provoca la aceleración del móvil, pero hasta una velocidad máxima.	22	21	29	24
16	La última fuerza en actuar es la que determina el movimiento.	46	30	50	42
17	Si deja de actuar una fuerza sobre un móvil la velocidad de este irá decreciendo.	37	37	46	40
18	El movimiento se produce siempre cuando la fuerza que actúa es mayor que la resistencia.	63	65	71	66
19	La velocidad es proporcional a la fuerza aplicada.	30	21	25	46
19	El movimiento se produce porque la fuerza aplicada es mayor que la resistencia.	43	53	43	25
20	La propia masa de los cuerpos hace que estos se paren inmediatamente.	35	35	25	32
20	Tras la acción de una fuerza el cuerpo continuará moviéndose a velocidad constante durante un tiempo y luego se detendrá poco a poco.	26	23	23	24
21	Los objetos más pesados caen más rápido.	37	49	43	43
22	Un cambio en el momento de inercia no afecta a la velocidad angular del objeto que gira.	80	79	79	79
23	Confusión entre velocidad angular y lineal.	46	65	62	58
24	El centro de gravedad siempre coincide con el centro de masas.	41	37	43	40
24	En un sistema de partículas no existe centro de masas, pero si centro de gravedad.	20	14	20	18

Tabla 9.6. Ítems y las ideas previas en las que incurren los alumnos expresados en % según numeración del cuestionario I1 para cada grupo de estudio.

Por otro lado, en la tabla 9.7 se muestran los ítems clasificados como muy difíciles solo en el cuestionario I2 y las ideas previas en las que incurren los alumnos, expresadas en porcentaje.

Ítem	Ideas previas	G3 %
9	El momento de inercia de un sólido es una magnitud vectorial	57
24	El volumen de fluido desalojado de un objeto sumergido está en función del material de que está construido, más que del volumen que ocupa	50

Tabla 9.7. Ítems clasificados como muy difíciles y las ideas previas en las que incurren los alumnos, expresadas en %, presentes solo en el cuestionario I2.

Las ideas previas en las que han incidido con mayor frecuencia los alumnos han sido:

1. Desconocimiento a la hora de distinguir la medida más precisa.
2. Confusión entre el concepto de velocidad y el de aceleración.
3. Un cambio en el momento de inercia no afecta a la velocidad angular del objeto que gira.
4. Inercia por efecto del golpe.
5. A mayor masa, mayor fuerza ejercida por un objeto.
6. El movimiento se produce siempre cuando la fuerza que actúa es mayor que la resistencia.
7. Un objeto lleva siempre la misma dirección que la fuerza que actúa.
8. En el espacio no hay gravedad.
9. Desconocimiento a la hora de expresar correctamente el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.
10. Confusión entre velocidad angular y lineal.

9.1.2. Ganancia de aprendizaje en alumnos de primer curso universitario

Descripción de la experiencia

Durante el curso académico 2016-2017, el Grupo 2 descrito con anterioridad cursó la asignatura de Física I de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB). Este grupo completó un cuestionario sobre ideas previas relacionadas con el concepto de fuerza (cuestionario I1) en dos ocasiones, al inicio y al final del semestre.

Los estudiantes reciben la enseñanza de Física I en el primer curso de universidad y tres veces por semana (5 horas en total) durante un semestre (14 semanas). Los contenidos de la materia se dividen en los siguientes temas:

- Cálculo vectorial.
- Cinemática de partículas puntuales.
- Cinemática de sólidos rígidos.
- Cinemática relativa.
- Dinámica de partículas puntuales.
- Dinámica de sólidos rígidos.
- Estática:
 - Equilibrio.

- Centro de gravedad.
- Momento de inercia.
- Dinámica de sólidos y sistemas rígidos.

Además, los estudiantes llevaron a cabo tres sesiones de prácticas de laboratorio con los siguientes objetivos: experimentar algunos conceptos fundamentales de física (Segunda Ley de Newton, colisiones elásticas, momentos de inercia, entre otros) y presentar adecuadamente los resultados experimentales, prestando especial atención a los cálculos de error e incertidumbre.

Para identificar la persistencia de las ideas previas al final del período lectivo, a los estudiantes se les administró el mismo cuestionario (cuestionario I1) en dos ocasiones: al inicio del curso (test 1) y al final del curso (test 2).

Al comienzo del semestre, el grupo estaba compuesto por 43 alumnos, de los cuales 31 eran mujeres y 12 hombres. Más del 80% eran estudiantes de primer año universitario con edades comprendidas entre los 17 y 20 años. La mayoría se inscribió en el curso de Física I por primera vez, y el 60% no tenía experiencia previa en el laboratorio. Además, el 65% tenía ciertos conocimientos sobre hojas de cálculo, como Excel o LibreOffice, posiblemente debido a su uso en la educación secundaria.

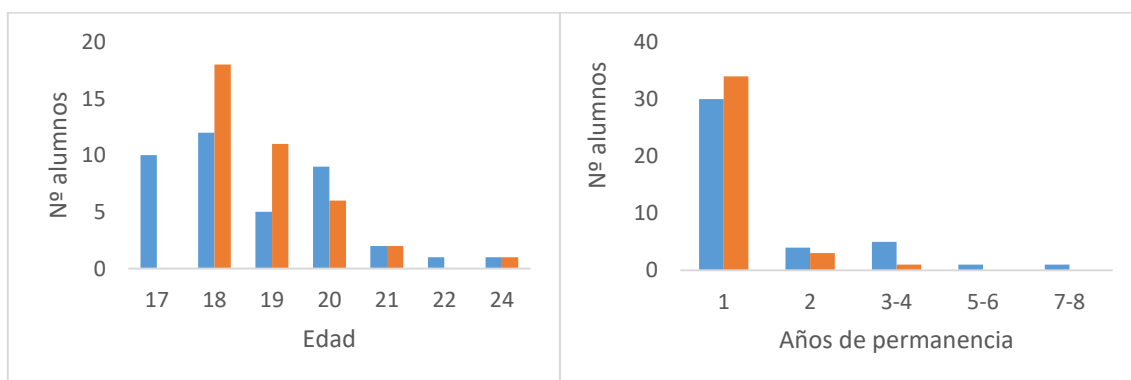


Figura 9.4. Número de estudiantes y sus edades (izquierda) y número de años en la universidad (derecha) para el test 1 inicial (barras azules) y el test 2 (barras naranjas).

Al final del semestre, el test 2 fue completado por 38 estudiantes, de los cuales 26 eran mujeres y 12 hombres. Es importante observar que el número total de estudiantes que completaron el cuestionario I1 (40 y 41, respectivamente) es ligeramente menor que el número total de estudiantes (43). La razón de esta discrepancia es que algunos estudiantes no proporcionaron información completa sobre sus edades y el número de años matriculados en la universidad.

Correlación entre el número de aciertos del cuestionario y la nota de acceso a la universidad

En la figura 9.5 se coteja la nota de acceso a la universidad (NAU) de cada alumno y sus resultados en el test 1 (círculos azules) y el test 2 (cuadrados rojos). Como se puede observar, los datos representados no tienen un patrón claro, lo que demuestra la falta de correlación entre el rendimiento de la prueba y la calificación de ingreso a la universidad. En otras palabras: las ideas previas están presentes incluso en aquellos estudiantes que tienen los mejores expedientes académicos.

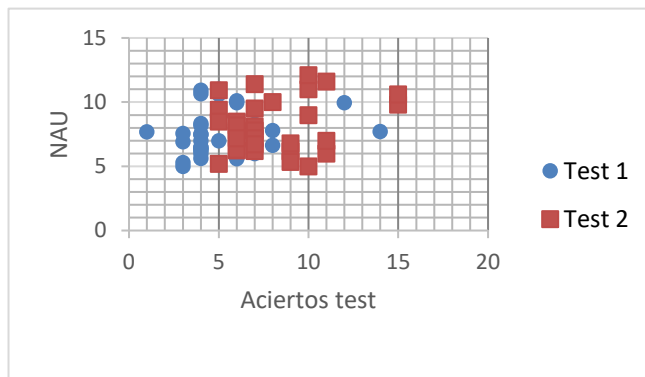


Figura 9.5. Comparación entre la calificación en la prueba de acceso a la universidad y el número de aciertos en el cuestionario 1 inicial (círculos azules) y el cuestionario 2 final (círculos rojos).

Análisis de las respuestas a los ítems

En la siguiente tabla se presentan las respuestas de los alumnos a los correspondientes ítems expresadas en porcentaje.

	% Test 1				% Test 2			
Ítem	a	b	c	d	a	b	c	d
1	7	2	40	5	11	0	71	11
2	9	47	5	0	18	66	3	5
3	12	12	58	0	3	16	74	0
4	9	53	16	12	13	55	18	5
5	16	67	2	12	13	74	3	11
6	19	33	26	2	18	21	47	5
7	67	14	2	7	58	13	16	0
8	67	0	2	28	61	0	0	34
9	42	40	7	5	24	61	13	0
10	12	26	49	12	5	47	45	3
11	51	12	5	30	66	8	0	21
12	14	19	35	12	24	5	37	21
13	2	12	63	19	3	13	61	18
14	14	37	16	19	3	11	21	55
15	19	23	21	21	24	32	8	29
16	7	9	30	33	13	13	21	24
17	44	0	37	5	47	11	32	0
18	2	16	12	65	11	16	24	47
19	21	53	16	2	32	42	18	5
20	35	23	35	0	32	32	26	8
21	19	9	7	49	34	5	11	39
22	21	2	21	47	11	8	37	42
23	19	5	35	23	13	11	61	8
24	5	37	14	14	11	24	32	29

Tabla 9.8. Respuestas a los cuestionarios sobre ideas previas expresadas en porcentaje. En sombreado las opciones correctas y de estas, en rojo, las clasificadas como muy difíciles.

La tabla 9.9 presenta los resultados de los indicadores para los 24 ítems que componen la prueba junto con la diferencia en el número de respuestas correctas entre el cuestionario 1 y el cuestionario 2 expresadas como porcentaje, $\Delta\%$.

Ítem	$\Delta\%$	Primer test				Segundo test			
		IF	ID	Idiff	P	IF	ID	Idiff	P
1	31,5	0,40*	0,42*	0,60*	0,45*	0,71	0,37	0,29	0,33
2	-2,0	0,05	0,09	0,95	0,53	0,03	-0,05	0,97	-0,05
3	15,5	0,58	-0,14	0,42	0,09	0,74	0,11	0,26	0,27
4	2,1	0,16	0,14	0,84	0,09	0,18	0,16	0,82	0,21
5	0,3	0,02	-0,05	0,98	-0,09	0,03	0,05	0,97	0,14
6	21,8	0,26	0,23	0,74	0,08	0,47	0,11	0,53	0,28
7	-0,8	0,14	0,09	0,86	0,29	0,13	0,26	0,87	0,51
8	6,3	0,28	0,09	0,72	0,33	0,34	0,26	0,66*	0,41*
9	21,0	0,40*	0,33*	0,60*	0,37*	0,61	0,16	0,39*	0,30*
10	-4,1	0,49	0,23	0,51*	0,31*	0,45	0,05	0,55*	0,30*
11	-3,7	0,12	0,05	0,88	-0,07	0,08	0,05	0,92	0,06
12	9,4	0,12	0,14	0,88	0,19	0,21	0,21	0,79	0,06
13	-0,2	0,19	0,09	0,81	0,19	0,18	0,16	0,82	0,06
14	36,7	0,19	0,09	0,81	0,19	0,55	0,16	0,45	0,02
15	8,3	0,23	0,28	0,77	0,29	0,32	0,21	0,68*	0,39*
16	3,9	0,09	0,09	0,91	0,32	0,13	0,16	0,87	0,44
17	3,2	0,44*	0,42*	0,56*	0,41*	0,47*	0,32*	0,53*	0,48*
18	12,1	0,12	0,14	0,88	0,07	0,24	-0,05	0,76	-0,08
19	2,9	0,02	0,05	0,98	0,09	0,05	0,11	0,95	0,37
20	-8,6	0,35*	0,42*	0,65*	0,50*	0,26	0,53	0,74	0,49
21	15,6	0,19	0,00	0,81	0,40	0,34	0,05	0,66	0,15
22	15,9	0,21	0,05	0,79	0,10	0,37*	0,42*	0,63*	0,38*
23	25,6	0,35*	0,42*	0,65*	0,58*	0,61	0,05	0,39	0,28
24	20,0	0,12	0,14	0,88	0,42	0,32	0,11	0,67*	0,37*

Valor medio 9,70 0,23 0,16 0,77 0,26 0,33 0,16 0,67 0,26

Tabla 9.9. Valores del índice de facilidad (IF), índice de discriminación (ID), índice de dificultad (Idiff) y correlación producto-momento de Pearson (P) para cada ítem para el test 1 inicial (izquierda) y el test 2 (derecha) realizado al final del trimestre. $\Delta\%$ indica la diferencia entre el número de respuestas correctas entre ambos cuestionarios expresada como porcentaje. Los asteriscos resaltan los resultados más fiables de acuerdo con la teoría clásica de ítems y la correlación producto-momento de Pearson, respectivamente. Sombreadas en rojo se muestran los ítems más difíciles ($IF < 0,3$) coincidentes en ambos cuestionarios.

Se han resaltado con un asterisco (*) aquellos ítems con $0,3 < IF < 0,7$, $ID > 0,3$ y $P > 0,3$ (el ítem 17 cumple los dos criterios previos en ambos cuestionarios). En general, los estudiantes encontraron ambas pruebas difíciles por el gran número de ítems con $IF < 0,3$. Asimismo, el IF está, en general, más bajo en el test 2 que en el test 1, lo que demuestra que el proceso de aprendizaje ha resultado positivo (aunque solo en un

grado moderado). Los estudiantes, en general, obtuvieron mejores resultados en el segundo cuestionario.

Se han calculado los indicadores globales del cuestionario. El indicador IF_{test} obtenido como el valor medio de los datos de la tabla 9.9 resultó 0,23 para el test 1 y de 0,33 para el test 2. El índice de dificultad, I_{dif} , se redujo de 0,77 para el test 1 a 0,67 para el test 2. Estos resultados indican que los estudiantes encontraron la prueba difícil en ambos casos, como se esperaba debido a la gran cantidad de ítems considerados difíciles, pero el test 1 resultó más difícil que el test 2. Mientras que más del 70% de los ítems fueron percibidos por los estudiantes como difíciles y ninguno como fácil en el test 1, en el test 2 solo el 46% de los ítems resultaron difíciles, mientras que el 8% fueron considerados fáciles. Además, el promedio de respuestas correctas en el test 2 fue un 9,7% más alto que en el test 1.

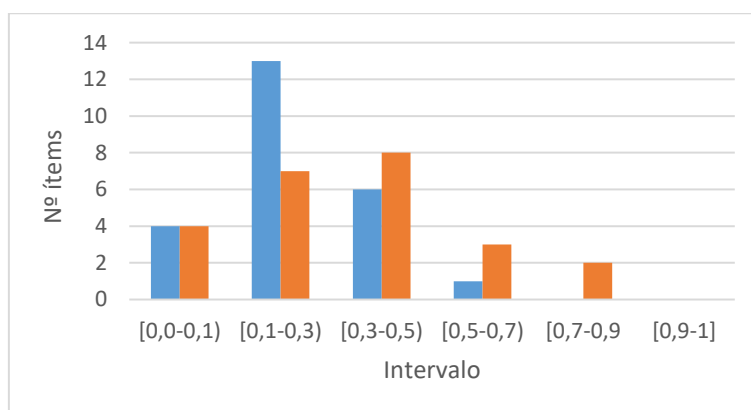


Figura 9.6. Gráfico de barras para la Índice de Facilidad (IF) para el test 1 (barras azules) y el test 2 (barras naranjas).

El poder de discriminación de ambos cuestionarios es casi el mismo. Por un lado, el valor promedio de P es 0,26, tanto para el test 1 como para el test 2, lo que implica que los ítems individuales tienen, en promedio, el mismo poder de discriminación en ambos test. Por otro lado, el valor promedio de ID también es el mismo ($ID_{\text{Test1}} = ID_{\text{Test2}} = 0,16$), lo que demuestra que las dos pruebas tienen la misma capacidad para discriminar entre el grupo de estudiantes que logró mejores resultados del grupo que los obtuvo peores, pero con $ID < 0,3$. El poder de discriminación es mucho mejor cuando se calcula utilizando la ecuación matemática pues se consiguen valores de 0,54 para ambos test, si bien, esta expresión es solo una aproximación, siendo menos fiable que el promedio de los datos.

Los ítems que han resultado con mayor fiabilidad han sido:

- Test 1: 1, 9, 17, 20 y 23
- Test 2: 17 y 22.

Y los que han resultado más difíciles:

- Test 1: 2, 4,5,6, 7, 8, 11,12, 13, 14, 15,16, 18,19, 21,22 y 24.
- Test 2: 2, 4,5, 7, 11,12, 13, 16, 18 ,19 y 20.

Contestaron correctamente en torno al 5% de los alumnos al ítem 2 en el test inicial, porcentaje que bajó al 3 % en el test final del curso. En torno a un 16% y un 18 % contestaron correctamente al ítem 4 en ambos test.

El ítem 5 presenta un porcentaje de aciertos del 2% y 3% para los test 1 y 2 respectivamente. En ambos test, más de la mitad de los alumnos (67% y 76%) consideraron que un objeto lleva siempre la misma dirección que la fuerza que actúa sobre él mientras que para un 9% y 13% respectivamente: «si un cuerpo no se acelera es porque no actúa ninguna fuerza sobre él».

Es notable el bajo porcentaje de aciertos en el ítem 7, con un rango del 14% al 13%. La mayoría de los alumnos, un 67% y 58% respectivamente, consideran que los astronautas no están sujetos a la gravedad terrestre al creer que «en el espacio no hay gravedad».

El ítem 11 fue contestado de forma correcta por el 12% entre de los alumnos del test 1 y por el 8% en del test 2. La mayoría de los alumnos (51 % y 66%) optó por la opción que incide en la siguiente idea previa: «la fuerza mayor es la que determina el movimiento, por lo que, si el ascensor se mueve, es que una de las fuerzas es mayor».

El ítem 12 obtuvo un 12% de aciertos en el test 1 y un 21% de aciertos en el test 2. Estos resultados sugieren que existe cierta «confusión entre los conceptos de velocidad y aceleración». La mayoría de los alumnos optaron por la opción incorrecta: $a_a < a_b$, lo que muestra una «confusión entre los conceptos de aceleración y velocidad.»

Con respecto al ítem 13, un 63% en el test 1 y un 61% en el test 2, consideró que durante toda la trayectoria de una pelota intervienen la fuerza de la gravedad, la fuerza de lanzamiento y el rozamiento del aire.

El ítem 16 solo ha sido contestado de forma correcta por el 9% en el caso del test 1 y por el 13% en el test 2. Un 30% y un 21%, respectivamente, eligieron la opción c, aquella que refleja la idea previa: «la última fuerza en actuar es la que determina el movimiento».

El ítem 18, con un 12% y un 24% de aciertos respectivamente, aborda el movimiento de un objeto bajo la acción de una fuerza. En el test 1, más de la mitad de los encuestados (65%) y un 47 % en el test 2 optaron por la siguiente idea previa: «el movimiento siempre se produce cuando la fuerza que actúa es mayor que la resistencia».

El ítem 19 ha sido contestado de forma correcta por el 2% del test 1 y el 5% del test 2. Los alumnos inciden en las siguientes ideas previas: «la velocidad es proporcional a la fuerza aplicada» (21% y 32%) y «el movimiento se produce porque la fuerza aplicada es mayor que la resistencia» (53% y 42%).

Además de los anteriores, resultaron muy difíciles al principio del curso los ítems: 6,8,14,15,21,22 y 24. Las respuestas a estos ítems ya fueron analizadas en el estudio que comparaba las respuestas a tres grupos, pues, corresponde al grupo 2.

El ítem 6 ha resultado difícil con un 26% de aciertos en el cuestionario 1.

Solo un 28 % del test 1 contestaron de forma correcta al ítem 8. El 67% optaron por la siguiente idea previa: «a mayor masa, mayor fuerza ejercida por un objeto».

En el ítem 14, un 37 % del test 1 eligieron la opción que refleja la idea previa: «la última fuerza en actuar es la que determina el movimiento».

En el ítem 15, las ideas previas que surgen son las siguientes: «la velocidad es proporcional a la fuerza aplicada» (19%) y, «una fuerza provoca la aceleración del móvil, pero hasta una velocidad máxima» (21%).

En el ítem 21, un notable 49% de los alumnos ha seleccionado la opción d como respuesta, lo que sugiere que muchos de ellos están aferrados a la idea previa de que «los objetos más pesados caen más rápido». Este concepto erróneo desafía directamente los principios fundamentales de la caída libre y la gravedad, lo que puede influir en su comprensión más profunda de la física.

Un 21% del test inicial contestaron de forma correcta al ítem 22 y solo el 14% de los alumnos del test 1 contestaron de forma correcta al ítem 24. La mayoría de los alumnos seleccionaron aquellas opciones que manifiestan las siguientes ideas previas: «el centro de gravedad siempre coincide con el centro de masas» (37%) y, «en un sistema de partículas no existe centro de masas, pero si centro de gravedad» (14%).

El ítem 20, relacionado con el 19, ha resultado muy difícil para los alumnos que contestaron el cuestionario al final del curso. Ello supuso un decrecimiento del 35% al 26 % si comparamos las respuestas con respecto al primer cuestionario. Un 32 % de los alumnos que contestaron el cuestionario final incurrieron en la idea previa de «la propia masa de los cuerpos hace que estos se paren inmediatamente» y otro 32% consideró que «tras la acción de una fuerza el cuerpo continuará moviéndose a velocidad constante durante un tiempo y luego se detendrá poco a poco».

Ítem	Ideas previas	T1 %	T2 %
1	Desconocimiento a la hora de expresar correctamente el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.	60	29
2	Confusión sobre el concepto de precisión de una medida.	95	97
3	Desconocimiento a la hora de expresar correctamente el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre	42	26
4	En un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado la aceleración normal es constante y la tangencial es cero	53	55
5	Un objeto lleva siempre la misma dirección que la fuerza que actúa.	67	76
5	Si un cuerpo no se acelera es porque no actúa ninguna fuerza sobre él	16	13
6	Confusión entre los conceptos velocidad y aceleración	19	18
7	En el espacio no hay gravedad.	67	58
8	A mayor masa, mayor fuerza ejercida por un objeto	67	61
9	Sobre un cuerpo situado en el suelo solo actúa la fuerza de la gravedad y no la reacción del suelo sobre él	42	24
10	La aceleración implica una fuerza de magnitud variable.	26	47
11	La fuerza mayor es la que determina el movimiento	51	66
12	Confusión entre los conceptos velocidad y aceleración	88	89
13	Inercia por efecto del golpe	63	61
14	La última fuerza en actuar es la que determina el movimiento	37	11
15	La velocidad es proporcional a la fuerza aplicada	19	24
15	Una fuerza provoca la aceleración del móvil, pero hasta una velocidad máxima	21	8
16	La última fuerza en actuar es la que determina el movimiento	30	21
17	Si deja de actuar una fuerza sobre un móvil la velocidad de este irá decreciendo	37	32
18	El movimiento se produce siempre cuando la fuerza que actúa es mayor que la resistencia	65	47
19	El movimiento se produce porque la fuerza aplicada es mayor que la resistencia	53	42
19	La velocidad es proporcional a la fuerza aplicada	21	32
20	La propia masa de los cuerpos hace que estos se paren inmediatamente	35	32
20	Tras la acción de una fuerza el cuerpo continuará moviéndose a velocidad constante durante un tiempo y luego se detendrá poco a poco	23	32
21	Los objetos más pesados caen más rápido	49	39
22	Un cambio en el momento de inercia no afecta a la velocidad angular del objeto que gira	79	63
23	Confusión entre velocidad angular y lineal	65	39
24	El centro de gravedad siempre coincide con el centro de masas	37	24
24	En un sistema de partículas no existe centro de masas, pero si centro de gravedad	14	29

Tabla 9.10. Las ideas previas en las que más incurren los alumnos expresadas en porcentaje.

Las ideas previas más frecuentes al inicio del curso fueron:

1. Confusión sobre el concepto de precisión de una medida.
2. Confusión entre los conceptos velocidad y aceleración.
3. Un cambio en el momento de inercia no afecta a la velocidad angular del objeto que gira.
4. Un objeto lleva siempre la misma dirección que la fuerza que actúa.
5. En el espacio no hay gravedad.
6. A mayor masa, mayor fuerza ejercida por un objeto.
7. El movimiento se produce siempre cuando la fuerza que actúa es mayor que la resistencia.
8. Confusión entre velocidad angular y lineal.
9. Inercia por efecto del golpe.

10. Desconocimiento a la hora de expresar correctamente el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.

Y al término del curso:

1. Confusión sobre el concepto de precisión de una medida.
2. Confusión entre los conceptos velocidad y aceleración.
3. Un objeto lleva siempre la misma dirección que la fuerza que actúa.
4. La fuerza mayor es la que determina el movimiento.
5. Un cambio en el momento de inercia no afecta a la velocidad angular del objeto que gira.
6. A mayor masa, mayor fuerza ejercida por un objeto.
7. Inercia por efecto del golpe
8. En el espacio no hay gravedad.
9. En un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado la aceleración normal es constante y la tangencial es cero.
10. El movimiento se produce siempre cuando la fuerza que actúa es mayor que la resistencia.

Factor de Hake

En la siguiente tabla se publica la ganancia de aprendizaje por cada ítem calculado a partir del factor de Hake.

Ítem	% Aciertos Test 1	% Aciertos Test 2	h
1	39,53	71,05	0,52
2	4,65	2,63	-0,02
3	58,14	73,68	0,37
4	16,28	18,42	0,03
5	2,33	2,63	0,00
6	25,58	47,37	0,29
7	13,95	13,16	-0,01
8	27,91	34,21	0,09
9	39,53	60,53	0,35
10	48,84	44,74	-0,08
11	11,63	7,89	-0,04
12	11,63	21,05	0,11
13	18,60	18,42	0,00
14	18,60	55,26	0,45
15	23,26	31,58	0,11
16	9,30	13,16	0,04
17	44,19	47,37	0,06
18	11,63	23,68	0,14
19	2,33	5,26	0,03
20	34,88	26,32	-0,13
21	18,60	34,21	0,19
22	20,93	36,84	0,20
23	34,88	60,53	0,39
24	11,63	31,58	0,23

Tabla 9.11. ítems, porcentaje de aciertos de ambos test y el factor de Hake, h.

Con un porcentaje promedio de aciertos de los estudiantes en las pruebas inicial y final de, respectivamente, 22,86% y 32,35%, el factor de Hake, h , ha dado un valor de 0,12. El bajo valor del factor de Hake (al ser menor a 0,3) indica una ganancia baja de aprendizaje.

Por último, se presenta a continuación una descripción del proceso de aprendizaje mediante el cálculo del IF y el factor Hake, agrupando los ítems relacionados con la misma temática. La tabla 9.12 muestra el porcentaje de aciertos, el IF, y el factor de Hake correspondiente. Los datos revelan que la mejora en cuanto a la comprensión de conceptos ha sido bastante moderada, en línea con los resultados globales reportados anteriormente. Las ideas previas que han mostrado mejores resultados fueron aquellas relacionadas con la correcta expresión de una medida, el concepto de centro de masas y el movimiento de rotación. Sin embargo, apenas hubo diferencia en las ideas previas relacionadas con las leyes de Newton y los tipos de fuerzas.

Contenidos	Ítems relacionados	Primer test			Segundo test			Factor de Hake (h)
		N _r	%	IF	N _r	%	IF	
Cinemática	4,12, 14,15	30	17,4	0,17	48	31,6	0,32	0,17
Primera ley de Newton	11,13,14,15,16, 17 , 18,20	74	21,5	0,22	85	28,0	0,28	0,08
Segunda ley de Newton	5,9,10,11,14,15, 19,20	78	22,7	0,23	89	29,3	0,29	0,09
Tercera ley de Newton	8	12	27,9	0,28	13	34,2	0,34	0,09
Principio de superposición	5,11,14,18, 19	16	7,4	0,11	20	10,5	0,21	0,03
Tipos de fuerzas	6,7,9,10,11,13,18,19,20, 21	97	22,6	0,21	107	28,2	0,26	0,07
Expresión de una medida	1 , 2 , 3	44	34,1	0,34	56	49,1	0,49	0,23
Centro de masas	24	5	11,6	0,12	12	31,6	0,32	0,23
Movimiento de rotación	22, 23	24	27,9	0,28	37	48,7	0,49	0,29

Tabla 9.12. Contenidos trabajados e ítems donde aparecen, junto con el total y porcentaje de aciertos y su índice de facilidad, IF, para el test 1 inicial y el test 2 final, y el factor Hake, h .

9.2. Ideas previas sobre termodinámica y fluidos

A continuación, se presentan varios estudios sobre la presencia de ideas previas sobre termodinámica y fluidos. El primero, realizado con un grupo de alumnos de primer curso universitario y el segundo, con un grupo de alumnos que cursaban un Máster de Formación del Profesorado. Se busca con ello, investigar la presencia y persistencia de las ideas previas en distintos niveles educativos.

9.2.1. Alumnos de primer curso de carrera universitaria

Descripción de la experiencia

Durante el curso académico 2018-2019, se llevó a cabo un estudio sobre las ideas previas presentes en termodinámica y fluidos en un grupo de estudiantes de primer curso de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas de la Universidad Politécnica de Madrid.

Al inicio del curso académico se les facilitó a los alumnos un cuestionario con 20 preguntas de selección múltiple (cuestionario I3). Respondieron al cuestionario un total de 48 alumnos, 28 eran mujeres y 20 eran hombres, pertenecientes a los grados de Ciencias Agrarias y Bioeconomía, así como de Ingeniería Ambiental.

La mayoría de los alumnos no habían realizado prácticas de laboratorio y aunque muchos estaban familiarizados con el uso de hojas de cálculo, pocos tenían conocimientos de cómo ajustar a una recta con mínimos cuadrados.

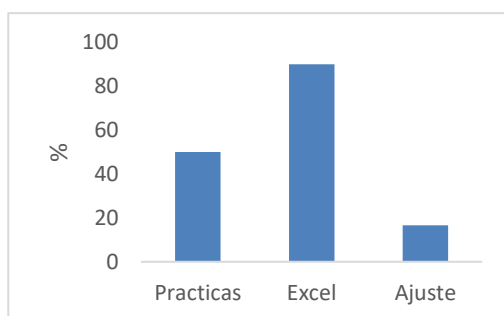


Figura 9.7. Porcentaje de alumnos del grupo de estudio que habían realizado prácticas de laboratorio, estaban familiarizados con la hoja de cálculo y sabían realizar un ajuste por mínimos cuadrados.

Correlación entre los resultados del cuestionario y la nota de acceso a la universidad

Como en los casos anteriores, no se observa una relación directa entre el resultado del cuestionario y la nota de acceso a la universidad (figura 9.8). Aunque en principio se podría suponer que los alumnos con altas calificaciones en el examen de ingreso a la universidad son quienes presentan mejores resultados en el cuestionario, esto no ocurre.

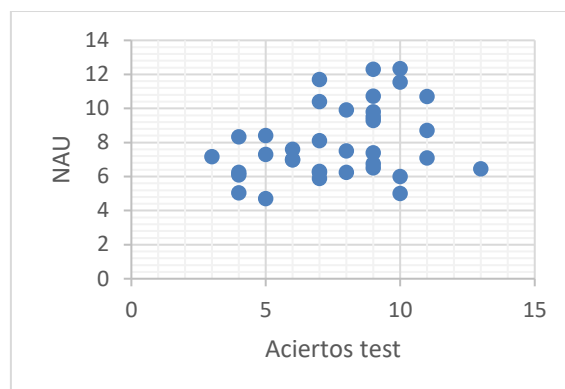


Figura 9.8. Comparación entre la calificación en la prueba de acceso a la universidad y el número de aciertos en el cuestionario.

Análisis de las respuestas a los ítems del cuestionario I3

En la tabla 9.13 se muestran las opciones del test elegidas por los alumnos expresadas en porcentaje.

Ítem	a	b	c	d	N/C
1	19	13	38	10	21
2	4	52	10	10	23
3	35	50	8	4	2
4	2	88	2	6	2
5	27	46	4	19	4
6	56	4	23	15	2
7	4	10	0	71	15
8	29	10	4	54	2
9	23	25	10	29	13
10	77	19	4	0	0
11	90	0	0	10	0
12	25	19	50	4	2
13	2	48	48	0	2
14	10	50	35	2	2
15	0	17	42	40	2
16	48	19	31	0	2
17	2	25	6	63	4
18	35	38	21	4	2
19	23	6	35	21	15
20	35	40	10	10	4

Tabla 9.13. Respuestas del grupo de estudio al cuestionario, expresadas en porcentaje e ítem. En sombreado las opciones correctas y de estas, en rojo, las clasificadas como muy difíciles.

La figura 9.9 muestra el porcentaje de aciertos de cada ítem y en la tabla 9.14 se publican los indicadores estadísticos del cuestionario que establecen las características para cada ítem: índice de facilidad (IF), índice de discriminación (ID), índice de dificultad (Idiff) y correlación producto-momento de Pearson (P). Los asteriscos resaltan en la tabla los resultados que han resultado ser más fiables de acuerdo con la teoría clásica de ítems y la correlación producto-momento de Pearson, respectivamente.

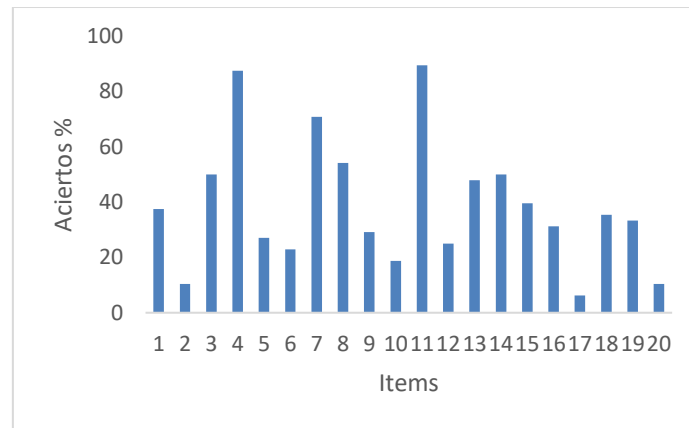


Figura 9.9. Número de aciertos totales para cada ítem expresados en % relativos al cuestionario.

Ítem	IF	ID	Idiff	P
1	0,38	0,17	0,62	0,37
2	0,10	-0,04	0,90	0,03
3	0,50*	0,50*	0,50*	0,49*
4	0,88	0,25	0,12	0,24
5	0,27	0,21	0,73	0,23
6	0,23	0,21	0,77	0,31
7	0,71	0,33	0,29	0,42
8	0,54	0,25	0,46	0,42
9	0,29	0,25	0,71	0,41
10	0,19	0,21	0,81	0,22
11	0,90	-0,04	0,10	0,02
12	0,25	0,25	0,75	0,40
13	0,48	0,29	0,52*	0,41*
14	0,50	0,17	0,50	0,29
15	0,40*	0,46*	0,60*	0,45*
16	0,31	0,13	0,69	0,12
17	0,06	0,04	0,94	-0,01
18	0,35*	0,38*	0,65*	0,49*
19	0,33	0,00	0,67	-0,06
20	0,10	0,13	0,90	0,20
Media	0,39	0,21	0,61	0,27

Tabla 9.14. Valores del índice de facilidad (IF), índice de discriminación (ID), índice de dificultad (Idiff) y correlación producto-momento de Pearson (P) para cada ítem del cuestionario I3. Los asteriscos resaltan los resultados más fiables.

Los ítems más fiables han sido: 3,13,15,18. Y las cuestiones o ítems que han presentado mayores dificultades, las consideradas como muy difíciles (IF <0,3): 2,5,6,9,10,12,17,18 y 20. Los índices de facilidad y de discriminación referidos a todos los test calculados a partir de las expresiones (5) y (6):

- IFtest:0,39
- Ptest:0,55

Y estos mismos índices calculados como el promedio de los datos de la tabla 9.14:

- IFtestm: 0,3
- IDtestm: 0,2

En la tabla 9.15 se muestran, expresados en porcentaje, las ideas previas que han incurrido los alumnos con mayor frecuencia.

Ítem	Idea previa	%
1	Desconocimiento al expresar el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.	62
2	Medida más precisa.	90
3	El frío es un fluido que se pasa de un cuerpo a otro.	35
5	El agua siempre hierve a 100°C, independientemente de la presión atmosférica.	46
6	El calor es la cantidad de energía que tiene un cuerpo.	56
7	El empuje de Arquímedes es independiente del volumen del objeto.	14
8	Desconocimiento del concepto de calor específico.	43
9	Confusión sobre el concepto cambio de estado.	43
10	La temperatura de ebullición del agua depende de su volumen.	81
12	La temperatura de los objetos situados en una habitación es función del material de construcción.	69
13	El hielo siempre está a 0°C.	48
14	El agua hierve por encima de los 100°C en condiciones normales.	35
15	Las burbujas que se forman en el agua al hervir son de aire u oxígeno.	59
16	Confusión sobre el concepto de temperatura.	67
17	Los fluidos disminuyen su velocidad al circular por los tramos de tubería más estrechos.	27
17	Los fluidos aumentan su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.	88
18	El aire siempre ejerce una acción frontal empujando aquellos objetos que encuentra a su paso.	42
19	Los fluidos disminuyen su velocidad al circular por los tramos de tubería más estrechos.	27
19	Los fluidos no modifican su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.	29
19	Los fluidos aumentan su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.	21
20	Desconocimiento del efecto Magnus.	85

Tabla 9.15. Las ideas previas del cuestionario I3 más frecuentes en el grupo expresadas en % .

El 62% de los alumnos, según evidencia el ítem 1, no sabe expresar correctamente el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre. En cuanto al ítem 2, que evalúa si el alumno puede discernir cuál es la medida más precisa entre varias opciones, solo alrededor del 10% de los alumnos eligió la respuesta correcta.

El ítem 3 fue contestado correctamente por el 50% de los alumnos. Si bien no es calificado como muy difícil, merece una consideración. Un 35% consideró que el frío es una forma de energía que se transporta de un cuerpo a otro. Esta concepción errónea sobre los conceptos de frío y calor se evidencia nuevamente en el ítem 6, donde un 56 % consideró al calor como a una forma de energía almacenada en un objeto.

Para un 46% de los alumnos que respondieron al ítem 5, existe la creencia errónea de que la temperatura de ebullición del agua siempre ocurre a la misma temperatura, independientemente de la presión exterior.

Solo el 29% de los alumnos eligió la respuesta correcta en el ítem 9, lo que indica que la mayoría de los estudiantes tienen dificultades para comprender el concepto de cambio de estado.

Aunque el ítem 8 obtuvo un 54% de aciertos, muchos alumnos aún desconocen el concepto de calor específico.

El ítem 9 refleja que un 43% de los alumnos comprenden claramente el concepto de cambio de estado, según las opciones elegidas.

En el ítem 10, que trata sobre el concepto de temperatura, solo el 19% de los alumnos seleccionó la respuesta correcta. Para un 81%, la temperatura del agua en ebullición se percibe como función del volumen que ocupa.

En cuanto al ítem 12, que aborda la temperatura de dos objetos formados por distintos materiales, solo el 25% de los alumnos eligió la respuesta correcta. El 69% cree que las temperaturas de ambos objetos deben ser diferentes debido a los materiales distintos, sin considerar que los sistemas alcanzan el equilibrio térmico independientemente del material del que estén constituidos.

Para el ítem 13, un 48% de los encuestados cree que el hielo siempre está a 0°C. En cuanto al ítem 14, el 35% considera que el agua hierve por encima de los 100°C en condiciones normales.

En el ítem 15, un 59% de los alumnos cree que las burbujas que se forman cuando hierve el agua son de aire u oxígeno. Por otro lado, en el ítem 16, un 67% muestra confusión sobre el concepto de temperatura.

La opción correcta del ítem 17 fue elegida por solo el 6% de los alumnos y alumnas. Para un 88%, los fluidos aumentan su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos, y para un 27%, los fluidos disminuyen su velocidad al circular por los tramos de tubería más estrechos.

En el ítem 19, el 35% de los alumnos respondieron correctamente, mientras que para un 21%, los fluidos aumentan su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos, y para un 29%, los fluidos no modifican su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.

El 35% de los alumnos contestaron correctamente la pregunta sobre el comportamiento de dos placas suspendidas cuando son sometidas a un viento lateral (ítem 18). Sin embargo, el 42% consideró que el aire siempre ejerce una acción frontal empujando los objetos que encuentra a su paso.

Por último, el ítem 20 fue respondido correctamente solo por el 10% de los alumnos, lo que sugiere un desconocimiento generalizado sobre el efecto Magnus.

A modo de resumen, las ideas previas más frecuentes fueron las siguientes:

1. Desconocimiento al expresar el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.

2. Los fluidos aumentan su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.
3. Desconocimiento del efecto Magnus.
4. La temperatura de ebullición del agua depende de su volumen.
5. La temperatura de los objetos situados en una habitación es función del material de construcción.
6. Confusión sobre el concepto de temperatura.
7. Desconocimiento al expresar el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.
8. Las burbujas que se forman en el agua al hervir son de aire u oxígeno.
9. El calor es la cantidad de energía que tiene un cuerpo.
10. El hielo siempre está a 0°C.

Estas ideas previas, presentes en una proporción significativa de los alumnos, señalan áreas específicas que requieren atención y corrección durante el proceso de enseñanza.

9.2.2. Alumnos del Máster de Formación del Profesorado

Descripción de la experiencia

En la Escuela Politécnica de Enseñanza Superior de la Universidad Politécnica de Madrid se imparte un Máster de Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y Formación Profesional. Dentro de dicho Máster, la especialidad de Física y Química es cursada en las aulas del I.C.E. (Edificio Escuela de Caminos) y en la E.T.S.I. Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas.

A los alumnos del Máster se les entregó al inicio del curso 2019-2020 el mismo cuestionario (cuestionario I3) sobre conceptos de termodinámica y fluidos contestado por los alumnos de primer curso. Es importante destacar que estos alumnos del Máster podrán ejercer como docentes en E.S.O., Bachillerato y Formación Profesional, por lo que la presencia de ideas previas erróneas podría afectar negativamente su desempeño profesional futuro. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Un total de 32 alumnos contestaron el cuestionario, de los cuales 19 eran hombres y 13 mujeres. Procedían de diferentes escuelas, incluyendo la ETSI Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural, ETSI Industriales, ETSI Minas y Energía, ETSI Telecomunicación, así como de los departamentos de Ciencias Físicas, Ciencias Químicas y Farmacia. Todos los

alumnos habían realizado prácticas de laboratorio de Física y todos eran usuarios de la hoja de cálculo Excel, aunque poco más de la mitad (53%) sabían emplear el ajuste por mínimos cuadrados con esta herramienta. Las edades de los alumnos abarcaban un rango amplio, desde los 23 hasta los 58 años, y no se observó una relación clara entre la edad del alumno y el número de aciertos en el cuestionario.

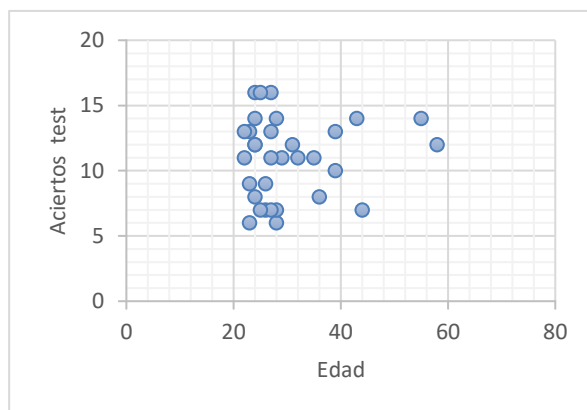


Figura 9.10. Correlación entre la edad del alumno y aciertos del cuestionario.

Correlación entre los aciertos del cuestionario y la nota de acceso a la universidad

Se reafirma nuevamente que no existe correlación entre los aciertos en el cuestionario y la nota de acceso a la universidad.

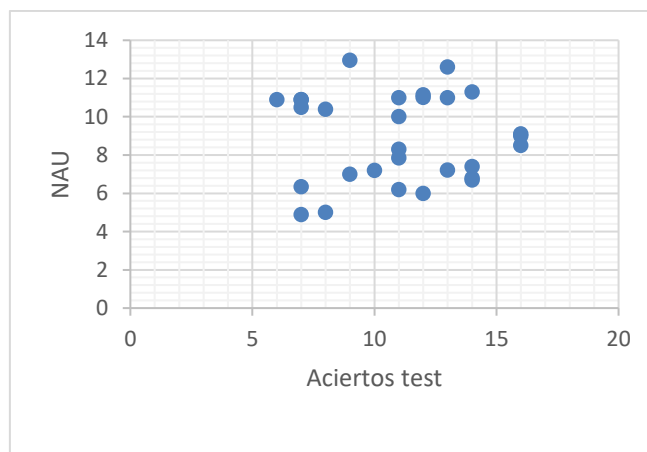


Figura 9.11. Correlación entre la nota de acceso a la universidad y los aciertos del test.

Análisis de las respuestas a los ítems

En la tabla 9.16 se presentan las opciones del test elegidas por los alumnos, expresadas en porcentaje. Se han resaltado en sombreado las opciones correctas, y de entre estas, en rojo, aquellas clasificadas como muy difíciles.

Ítem	a	b	c	d	N/C
1	3	3	66	19	9
2	0	44	38	3	15
3	9	81	0	6	4
4	0	84	0	6	10
5	34	25	6	34	1
6	16	0	72	12	0
7	0	13	3	81	3
8	13	3	6	78	0
9	13	19	3	47	18
10	34	63	3	0	0
11	94	0	6	0	0
12	59	19	13	3	6
13	6	69	22	0	3
14	3	66	25	3	3
15	0	9	22	69	0
16	31	22	44	0	3
17	0	3	22	72	3
18	44	28	16	3	9
19	53	6	16	9	16
20	9	44	16	19	12

Tabla 9.16.Respuestas por ítem expresadas en tanto por ciento relativas al cuestionario I3. En sombreado las opciones correctas y de estas, en rojo, las clasificadas como muy difíciles.

La figura 9.12 representa el porcentaje de aciertos para cada ítem.

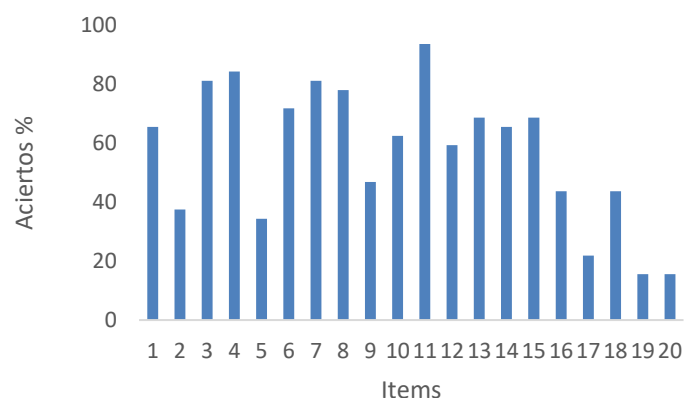


Figura 9.12.Número de aciertos totales para cada ítem expresados en % del cuestionario I3.

En la tabla 9.17 se publican los indicadores estadísticos del cuestionario que establecen las características para cada ítem: índice de facilidad (IF), índice de discriminación (ID), índice de dificultad (Idiff) y correlación producto-momento de Pearson (P). Los asteriscos resaltan en la tabla los resultados que han resultado ser más fiables de acuerdo con la teoría clásica de ítems y la correlación producto-momento de Pearson, respectivamente.

Ítem	IF	ID	Idiff	P
1	0,66	0,06	0,34	0,25
2	0,38*	0,63*	0,63*	0,56*
3	0,81	0,13	0,19	0,36
4	0,84	0,31	0,16	0,40
5	0,34	0,19	0,66	0,27
6	0,72	0,31	0,28	0,46
7	0,81	0,38	0,19	0,41
8	0,78	0,31	0,22	0,32
9	0,47*	0,31*	0,53*	0,35*
10	0,63	0,25	0,38	0,22
11	0,94	0,00	0,06	-0,05
12	0,59*	0,44*	0,41*	0,50*
13	0,69	0,00	0,31	0,15
14	0,66	-0,19	0,34	-0,05
15	0,69*	0,50*	0,31*	0,50*
16	0,44	0,25	0,56	0,20
17	0,22	0,44	0,78	0,56
18	0,44*	0,50*	0,56*	0,59*
19	0,16	0,31	0,84	0,50
20	0,16	0,19	0,84	0,40
Media	0,57	0,27	0,43	0,36

Tabla 9.17. Valores del índice de facilidad (IF), índice de discriminación (ID), índice de dificultad (Idiff) y correlación producto-momento de Pearson (P) para cada ítem del cuestionario I3. Los asteriscos resaltan los resultados más fiables de acuerdo con la teoría clásica de ítems y la correlación producto-momento de Pearson, respectivamente.

Los ítems que han presentado una mayor fiabilidad han sido: 2, 9, 12, 15 y 18. En contraste, los ítems considerados como muy difíciles, son: 17, 19 y 20.

Los índices de facilidad (IFtest) y de discriminación (IDtest) referidos al test en su conjunto, calculados mediante las expresiones (5) y (6), son los siguientes:

- IFtest: 0,57
- IDtest: 0,55

Por otro lado, los índices de facilidad (IFtestm) y de discriminación (IDtestm) calculados como promedio de los de los datos de la tabla 9.17 son los siguientes:

- IFtestm: 0,57
- IDtestm: 0,27
- Ptestm: 0,36

El 25% de los alumnos no sabe expresar correctamente el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre (ítem 1). Además, aproximadamente el 38% eligió la respuesta correcta del ítem 2, lo que revela que menos de la mitad del grupo sabe discernir la medida más precisa entre varios ejemplos.

Un 34% de los alumnos seleccionó la respuesta correcta del ítem 5, pero es importante resaltar que, para un 25%, el agua siempre hierve a la misma temperatura.

En cuanto al ítem 8, el 22% de los alumnos que contestaron presentan cierto desconocimiento del concepto de calor específico.

Un 35 % de los alumnos seleccionaron cómo válidas las opciones a, b y c del ítem 9, lo que sugiere que presentan ciertas carencias conceptuales sobre los cambios de estado.

Aunque la mayoría de los alumnos respondieron correctamente al ítem 10, con un 63% de aciertos, un 37% de los encuestados expresaron la idea previa de que: «la temperatura de ebullición del agua depende del volumen que ocupa».

El 59% de los alumnos eligieron la opción correcta del ítem 12. Sin embargo, para un 32% de los alumnos, las temperaturas de ambos objetos deben ser diferentes debido a la creencia de que, una vez alcanzado el equilibrio térmico, la temperatura de un objeto dependerá del material del que esté construido.

Aunque el ítem 13 fue respondido correctamente por el 69% de los alumnos, es interesante notar que para un 22% de los alumnos la temperatura del hielo se considera siempre 0°C y no puede ser más baja.

Un 25 % considera que el agua hierve por encima de los 100°C en condiciones normales (ítem 14). La mayoría, con un 69%, eligió la opción correcta del ítem 15 pero para un 31%: «las burbujas que se crean en el interior del agua en estado de ebullición están formadas de aire u oxígeno».

El 31% de los alumnos que respondieron al ítem 16 eligieron la opción que indica que la temperatura es la medida de la cantidad de calor que tiene un cuerpo, lo que sugiere una concepción errónea sobre el calor almacenado en los cuerpos.

El ítem 17 presenta un 22% de aciertos. Para un 75% de los alumnos: «los fluidos aumentan su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos». Esto último puede estar relacionado con la creencia popular de que la presión que ejerce un fluido se incrementa al disminuir la sección de la conducción, lo que revela un desconocimiento de la ley de Bernoulli.

El 44% de los alumnos eligieron la opción correcta del ítem 18. El 31% consideró que el flujo de aire siempre empuja, independientemente de si incide frontal o lateralmente sobre una superficie.

El ítem 19 está relacionado con el 17 pues se vuelve a preguntar por el comportamiento de un fluido por el interior de una tubería. El 16% contestaron correctamente mientras que el resto vuelve a incurrir en el error comentado sobre la relación entre las presiones y velocidades en un fluido.

En el ítem 20 se solicita seleccionar, entre cuatro opciones, la ilustración que mejor representa la dirección del aire y la rotación de una bola de tenis. Solo el 16% de los alumnos eligieron la opción correcta, lo que sugiere un desconocimiento o una incorrecta aplicación del efecto Magnus.

Ítem	Idea previa	%
1	Desconocimiento al expresar el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.	25
2	Confusión a la hora de elegir la medida más precisa.	47
3	El frío es un fluido que se pasa de un cuerpo a otro.	9
4	La presión que ejerce un fluido sobre las paredes de un objeto sumergido es independiente de la profundidad.	6
5	El agua siempre hierve a 100°C independientemente de la presión atmosférica.	25
6	El calor es la cantidad de energía que tiene un cuerpo.	16
6	El calor es un fluido que se pasa de un cuerpo a otro.	0
7	El empuje de Arquímedes es independiente del volumen del objeto.	16
8	Desconocimiento del concepto de calor específico.	22
9	Confusión sobre el concepto cambio de estado.	35
10	La temperatura de ebullición del agua depende de su volumen.	37
11	La temperatura de congelación del agua aumenta con su volumen.	6
12	La temperatura de los objetos situados en una habitación es función del material de construcción.	32
13	El hielo siempre está a 0°C.	22
14	El agua hierve por encima de los 100°C en condiciones normales.	25
15	Las burbujas que se forman en el agua al hervir son de aire u oxígeno.	31
16	Confusión sobre el concepto de temperatura.	53
17	Los fluidos aumentan su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.	75
17	Los fluidos disminuyen su velocidad al circular por los tramos de tubería más estrechos.	3
18	El aire siempre ejerce una acción frontal empujando aquellos objetos que encuentra a su paso.	31
19	Los fluidos no modifican su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.	59
19	Los fluidos disminuyen su velocidad al circular por los tramos de tubería más estrechos.	15
19	Los fluidos aumentan su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.	9
20	Desconocimiento del efecto Magnus.	72

Tabla 9.18. Las ideas previas en las que incurren los alumnos del Máster expresadas en %.

Las ideas previas en las que incurrieron con mayor frecuencia los alumnos del Máster de Formación del Profesorado fueron las siguientes:

1. Los fluidos aumentan su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.
2. Desconocimiento del efecto Magnus.
3. Los fluidos no modifican su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.
4. Confusión sobre el concepto de temperatura.
5. Discernir entre la medida más precisa.
6. La temperatura de ebullición del agua depende de su volumen.
7. Confusión sobre el concepto cambio de estado.
8. La temperatura de los objetos situados en una habitación es función del material de construcción.
9. Las burbujas que se forman en el agua al hervir son de aire u oxígeno.

10. El aire siempre ejerce una acción frontal empujando aquellos objetos que encuentra a su paso.

9.2.3. Comparación de resultados entre los alumnos del Máster y los alumnos de primer curso de carrera universitaria

En este apartado se comparan los resultados obtenidos por el grupo de alumnos de primer curso universitario con respecto a un grupo de alumnos del Máster de Formación del Profesorado. En la tabla 9.19 se presentan, en porcentaje, las respuestas al mismo test sobre ideas previas de los alumnos de primer curso de la E.T.S.I. Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas y los alumnos del Máster de Formación del Profesorado. Se han sombreado las respuestas correctas y, de estas, en rojo, las calificadas como más difíciles.

Ítem	Alumnos de primer curso de la ETSI. Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas					Máster de Formación del Profesorado				
	a	b	c	d	N/C	a	b	c	d	N/C
1	19	13	38	10	21	3	3	66	19	9
2	4	52	10	10	23	0	44	38	3	15
3	35	50	8	4	2	9	81	0	6	4
4	2	88	2	6	2	0	84	0	6	10
5	27	46	4	19	4	34	25	6	34	1
6	56	4	23	15	2	16	0	72	12	0
7	4	10	0	71	15	0	13	3	81	3
8	29	10	4	54	2	13	3	6	78	0
9	23	25	10	29	13	13	19	3	47	18
10	77	19	4	0	0	34	63	3	0	0
11	90	0	0	10	0	94	0	6	0	0
12	25	19	50	4	2	59	19	13	3	6
13	2	48	48	0	2	6	69	22	0	3
14	10	50	35	2	2	3	66	25	3	3
15	0	17	42	40	2	0	9	22	69	0
16	48	19	31	0	2	31	22	44	0	3
17	2	25	6	63	4	0	3	22	72	3
18	35	38	21	4	2	44	28	16	3	9
19	23	6	35	21	15	53	6	16	9	16
20	35	40	10	10	4	9	44	16	19	12

Tabla 9.19. Respuestas de los alumnos para cada ítem expresadas en porcentaje. Sombreadas se marcan las respuestas correctas y en rojo, las calificadas como más difíciles.

Salvo algunas pequeñas desviaciones en las respuestas, como por ejemplo en los ítems 19 y 20, las respuestas de los alumnos del Máster son mejores, como era de esperar tras completar una carrera universitaria. Sin embargo, estos alumnos aún muestran algunas ideas previas, siendo las más destacadas las relacionadas con el principio de Bernoulli y el efecto Magnus, cuyos ítems resultaron muy difíciles para el grupo de estudio.

En general, los alumnos del Máster de Formación del Profesorado muestran mejores resultados en casi todos los ítems, excepto en dos ideas previas: «el empuje de Arquímedes es independiente del volumen del objeto» y «los fluidos no modifican su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos».

Ítem	Idea previa	% Alumnos Primer curso	% Alumnos Máster	$\Delta\%$
1	Desconocimiento al expresar el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.	62	25	37
2	Confusión a la hora de elegir la medida más precisa.	90	47	43
3	El frío es un fluido que se pasa de un cuerpo a otro.	35	9	26
4	La presión que ejerce un fluido sobre las paredes de un objeto sumergido es independiente de la profundidad.	10	6	4
5	El agua siempre hierve a 100°C independientemente de la presión atmosférica.	46	25	21
6	El calor es la cantidad de energía que tiene un cuerpo.	56	16	40
6	El calor es un fluido que se pasa de un cuerpo a otro.	4	0	4
7	El empuje de Arquímedes es independiente del volumen del objeto.	14	16	-2
8	Desconocimiento del concepto de calor específico.	43	22	21
9	Confusión sobre el concepto cambio de estado.	43	35	8
10	La temperatura de ebullición del agua depende de su volumen.	81	37	44
11	La temperatura de congelación del agua aumenta con su volumen.	10	6	4
12	La temperatura de los objetos situados en una habitación es función del material de construcción.	69	32	37
13	El hielo siempre está a 0°C.	48	22	26
14	El agua hierve por encima de los 100°C en condiciones normales.	35	25	10
15	Las burbujas que se forman en el agua al hervir son de aire u oxígeno.	59	31	28
16	Confusión sobre el concepto de temperatura.	67	53	14
17	Los fluidos aumentan su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.	88	75	13
17	Los fluidos disminuyen su velocidad al circular por los tramos de tubería más estrechos.	27	3	24
18	El aire siempre ejerce una acción frontal empujando aquellos objetos que encuentra a su paso.	42	31	11
19	Los fluidos no modifican su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.	29	59	-30
19	Los fluidos disminuyen su velocidad al circular por los tramos de tubería más estrechos.	27	15	12
19	Los fluidos aumentan su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.	21	9	12
20	Desconocimiento del efecto Magnus.	85	72	13

Tabla 9.20. Las ideas previas en las que más incurren los alumnos de primer curso universitario y del Máster de Formación del Profesorado expresadas en %.

9.3. Los estilos de aprendizaje y su posible relación con las ideas previas

A continuación, en este apartado se describe un estudio realizado en el curso 2022-2023 sobre la presencia de ideas previas y su posible relación con los estilos de aprendizaje.

9.3.1. Descripción de la experiencia

El grupo de estudio estaba compuesto por alumnos que estaban cursando la asignatura de Física I en el Grado en Ingeniería Agroambiental de la E.T.S.I. Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas. Para este propósito, se desarrollaron dos cuestionarios (inicial y final) de 10 preguntas cada uno (cuestionarios I4 e I5). Cada cuestionario constaba de dos partes: la primera de 9 preguntas generales y la segunda de 10 ítems de opción múltiple que abarcaban diferentes conceptos del módulo de Física I. Algunas de las preguntas fueron creadas específicamente para este estudio, mientras que otras formaban parte del FCI.

El cuestionario inicial fue completado por los alumnos al inicio del curso y el cuestionario final, al término de este. Además, para conocer sus estilos de aprendizaje, los alumnos también completaron al inicio del curso el cuestionario de Honey-Alonso sobre estilos de aprendizaje.

9.3.2. Cuestionario inicial (I4)

Al inicio del semestre, el grupo estaba formado por 57 alumnos, de los cuales 24 eran mujeres y 30 eran hombres (faltaron 3 por completar la respuesta). Para la mayoría de los estudiantes era su primer año en la universidad, figura 9.13, y casi todos (90%) tenían experiencia en uso del laboratorio de Física. Además, el 70% tenía algunos conocimientos sobre hojas de cálculo, como Excel o LibreOffice aunque solo el 31% sabía realizar el ajuste por mínimos cuadrados con ayuda de una hoja de cálculo.

Como sucede en los anteriores estudios, las ideas previas están presentes incluso en aquellos estudiantes que tienen los mejores expedientes académicos. No hay correlación entre los aciertos del cuestionario y la calificación de ingreso a la universidad.

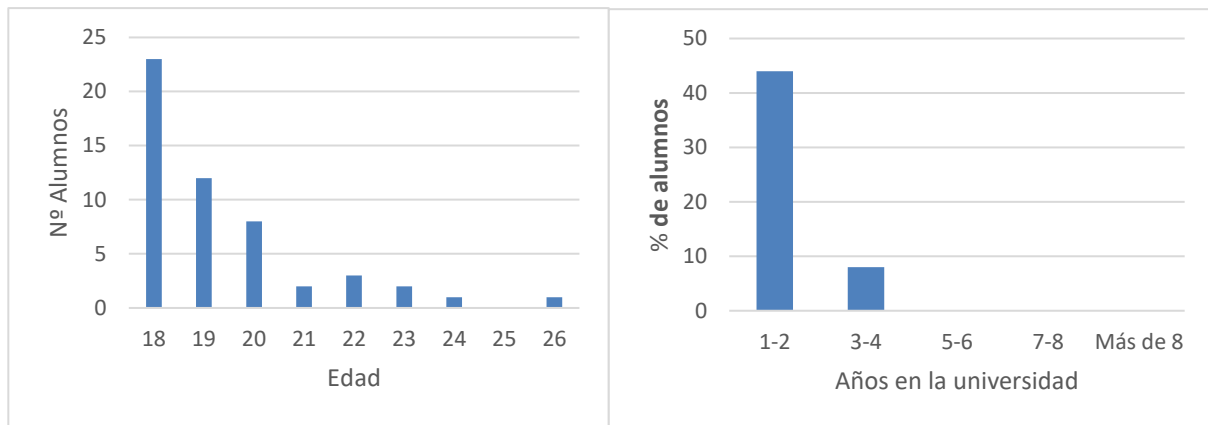


Figura 9.13. Número de estudiantes, sus edades y años de permanencia en la universidad.

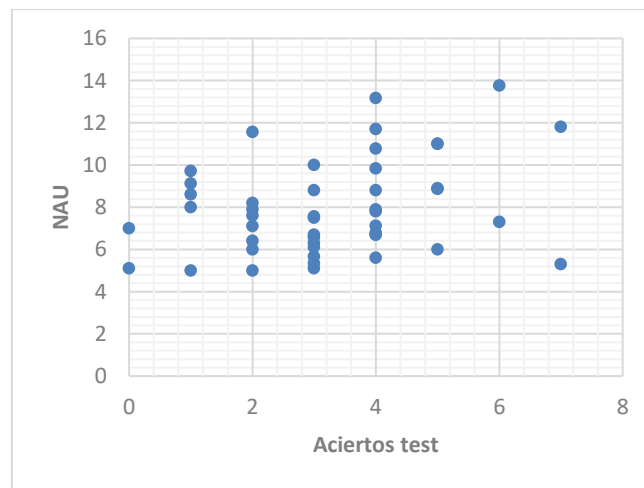


Figura 9.14. No existe correlación entre la calificación de acceso a la universidad y el número de aciertos en el cuestionario.

Análisis de las respuestas a los ítems

El índice de facilidad para todo el test, IF_{testm} , obtenido como el promedio de los datos publicados en la tabla 9.22 tuvo un valor de 0,33, un resultado que revela que los estudiantes encontraron difícil la prueba. Este hecho se refleja en el histograma de la figura 9.15. Como se puede observar, el 40% de los ítems fueron percibidos por los estudiantes como muy difíciles y ninguno como muy fácil.

El valor del índice de discriminación, ID_{testm} , obtenido como el promedio de los datos publicados en la tabla 9.22 es 0,26, y el del coeficiente de correlación de Pearson P_{testm} : 0,38.

En la tabla 9.21 se muestran en porcentaje, las opciones elegidas por los alumnos para cada ítem del cuestionario. Se han sombreado las opciones correctas y, de estas, en color rojo, los ítems clasificados como muy difíciles.

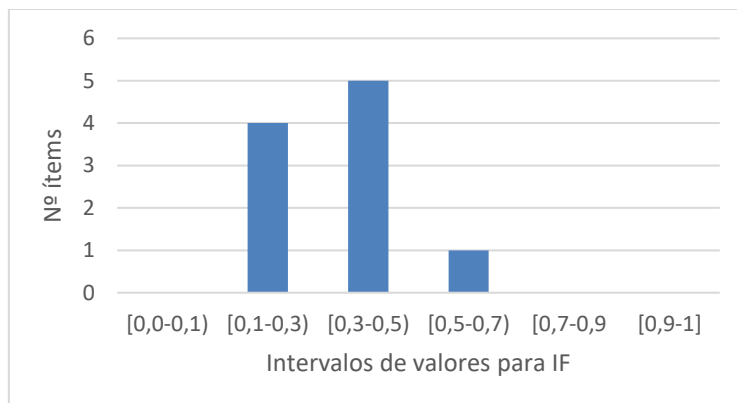


Figura 9.15. Gráfico de barras del índice de facilidad, IF, agrupado en intervalos.

Ítem	a	b	c	d	N/C
1	14	21	35	16	14
2	4	32	39	16	11
3	54	33	5	0	7
4	30	4	39	18	11
5	5	0	47	37	11
6	7	44	26	12	11
7	72	2	0	16	11
8	5	23	11	53	9
9	19	19	25	18	19
10	56	21	4	9	11

Tabla 9.21. Respuestas a los ítems expresadas en porcentaje del cuestionario I4. En sombreado las opciones correctas y de estas, en rojo, las clasificadas como difíciles.

En la tabla 9.22 se presentan los indicadores estadísticos que establecen las características de cada ítem: índice de facilidad (IF), índice de discriminación (ID), índice de dificultad (Idiff) y correlación producto-momento de Pearson (P). Los asteriscos resaltan en la tabla los resultados que han resultado ser más fiables.

Ítem	IF	ID	Idiff	P
1	0,16	0,18	0,84	0,25
2	0,39	0,28	0,61*	0,45*
3	0,33	0,04	0,67	0,26
4	0,39*	0,42*	0,61*	0,49*
5	0,47*	0,46*	0,53*	0,48*
6	0,44	0,11	0,56	0,13
7	0,16	0,18	0,84	0,44
8	0,53*	0,42*	0,47*	0,48*
9	0,19	0,32	0,81	0,42
10	0,21	0,21	0,79	0,35
Valor medio	0,33	0,26	0,67	0,38

Tabla 9.22. Valores del índice de facilidad (IF), índice de discriminación (ID), índice de dificultad (Idif) y correlación producto-momento de Pearson (P) para cada ítem.

Los ítems 4, 5 y 8 han demostrado ser consistentes en cuanto a su capacidad para medir el conocimiento de los alumnos, mostrando un alto grado de fiabilidad en ambos cuestionarios. Esto sugiere que estos ítems son efectivos para evaluar la comprensión de los conceptos por parte de los estudiantes y proporcionan información valiosa sobre su aprendizaje.

Por otro lado, los ítems 1, 7, 9 y 10 se destacan como los más difíciles. Esto indica que los estudiantes tienen dificultades significativas con estos conceptos específicos.

En particular, el ítem 1 aborda el concepto de incertidumbre, con solo el 16% de los encuestados optando por la respuesta correcta.

El 39% de los alumnos contestó correctamente al ítem 2 mientras que un 32% eligió la opción b, reflejando la siguiente idea previa: «en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado la aceleración normal se mantiene constante y la tangencial es cero».

En el ítem 3, el 33% seleccionó la opción correcta, pero para un 54%: «en un movimiento circular uniforme el módulo de la aceleración total es nulo».

Para el ítem 4, el 30% de los alumnos creyó que, en el caso de tres puntos situados sobre un disco girando a velocidad angular constante, el punto más cercano al eje girará a mayor velocidad lineal. Por otro lado, el 18% opinó que todos los puntos girarán a la misma velocidad lineal, independientemente de su ubicación.

Respecto al ítem 5, un 47% seleccionó la respuesta correcta, mientras que un 37% pensó que «un patinador disminuye su velocidad angular al extender los brazos debido principalmente al rozamiento de sus brazos con el aire».

El 44% de los alumnos eligió la opción correcta del ítem 6, mientras que el resto mostró cierta confusión respecto a los conceptos de velocidad absoluta y relativa.

En cuanto al ítem 7, solo el 16% de los alumnos seleccionó la respuesta correcta. Más del 72% optó por la opción que refleja la idea previa de que «a mayor masa, mayor fuerza ejercida por un objeto».

Para el ítem 8, un 53% de los alumnos respondieron correctamente, mientras que el resto mostró las siguientes ideas previas: «para que un cuerpo se mueva a velocidad constante tiene que haber una fuerza» (28%) y «para que un cuerpo se mueva a velocidad constante no debe haber ninguna fuerza» (11%).

El ítem 9 fue respondido correctamente por el 19% de los alumnos. La mayoría optó por las opciones a y c, que en total representaron el 74% de las respuestas. Estas opciones reflejan la idea previa de que «la cantidad de movimiento solo depende de la velocidad del objeto».

En cuanto al ítem 10, que trata sobre el movimiento de un objeto cuando la suma de las fuerzas que actúan sobre él es cero, solo el 21% de los alumnos seleccionó la respuesta correcta. Por otro lado, un 56% de los alumnos eligieron una opción que refleja la idea previa de que «para que haya movimiento tienen que existir fuerzas».

ítem	Idea previa	%
1	Desconocimiento al expresar el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.	70
2	Confusión entre los conceptos velocidad y aceleración.	51
3	Confusión entre los conceptos velocidad y aceleración.	60
3	Confusión entre velocidad angular y lineal.	0
4	Confusión entre velocidad angular y lineal.	51
5	Un cambio en el momento de inercia no afecta la velocidad angular del objeto que gira.	42
6	Confusión entre velocidades absoluta y relativa.	46
7	A mayor masa, mayor fuerza se aplica.	33
7	Los obstáculos no ejercen fuerzas.	2
8	Para que haya movimiento tiene que existir fuerzas.	28
8	Para que un cuerpo se mueva a velocidad constante es necesario la ausencia de fuerzas.	11
9	La cantidad de movimiento solo depende de la velocidad del objeto.	19
10	Para que haya movimiento tiene que existir fuerzas.	56
10	La ausencia de movimiento implica ausencia de fuerzas.	56
10	Aceleración constante implica ausencia de fuerzas.	4
10	El movimiento viene determinado por una combinación de fuerzas.	56

Tabla 9.23. Las ideas previas del cuestionario I4 en las que más incurren los alumnos expresadas en %.

Las ideas previas en las que más incurrieron los alumnos fueron:

1. Desconocimiento al expresar el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.
2. Confusión entre los conceptos velocidad y aceleración.
3. Para que haya movimiento tiene que existir fuerzas.
4. El movimiento viene determinado por una combinación de fuerzas.
5. Confusión entre velocidad angular y lineal.
6. Confusión entre velocidades absoluta y relativa.
7. Un cambio en el momento de inercia no afecta la velocidad angular del objeto que gira.
8. A mayor masa, mayor fuerza se aplica.
9. Para que haya movimiento tiene que existir fuerzas.
10. El movimiento viene determinado por una combinación de fuerzas.

Estilos de aprendizaje y su relación con la presencia de ideas previas

A continuación, se llevó a cabo un estudio para investigar una posible relación entre los estilos de aprendizaje de los alumnos y sus calificaciones. Además, se exploró una posible relación entre los estilos de aprendizaje y las ideas previas presentes en el

grupo de estudio. Para esto, se compararon los diferentes estilos de aprendizaje de los alumnos con sus calificaciones en el cuestionario.

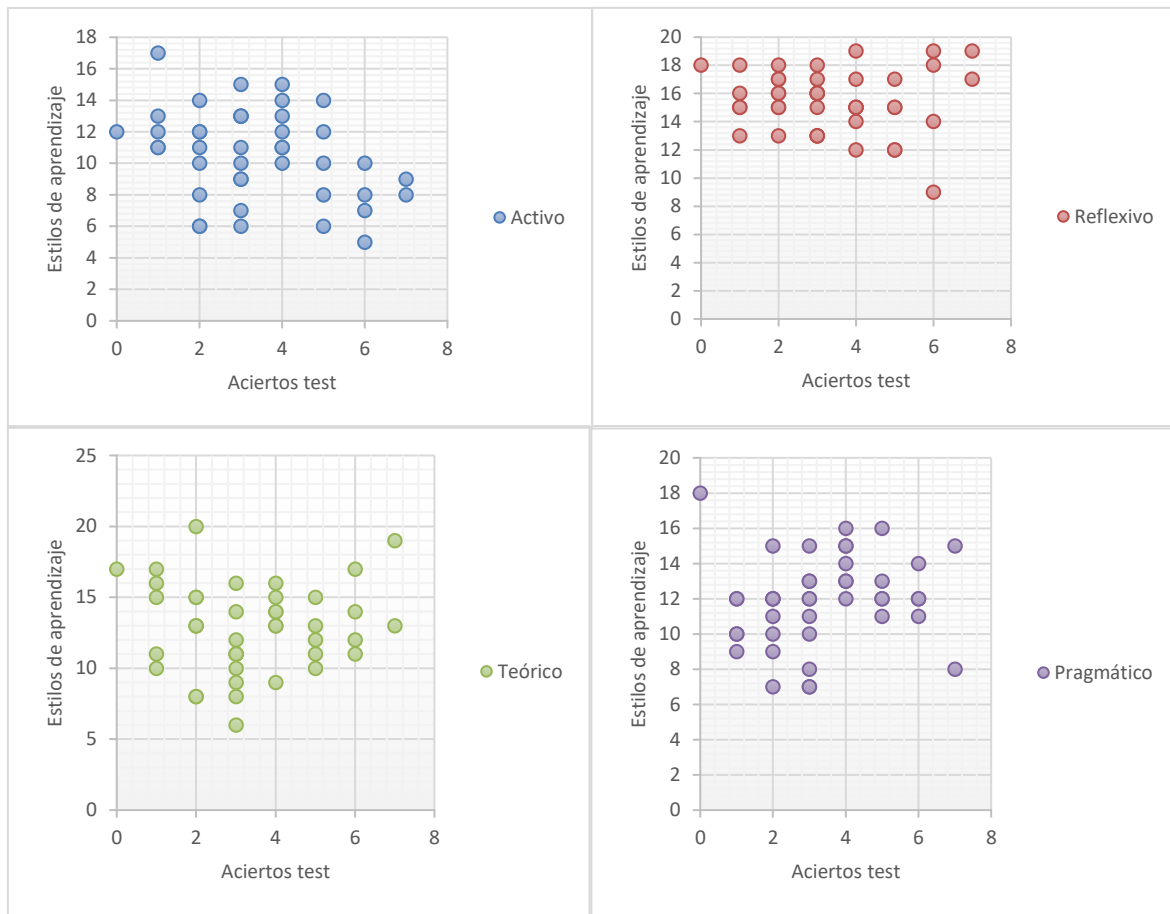


Figura 9.16. Relación entre los puntos que indican la tendencia a cada estilo de aprendizaje de cada alumno y sus resultados en el cuestionario I4.

La figura 9.16 indica que no hay una relación clara entre los estilos de aprendizaje y las calificaciones obtenidas en el cuestionario. Esto sugiere que los diferentes estilos de aprendizaje no influyen de manera significativa en el rendimiento en el cuestionario.

Para confirmar esta afirmación y explorar más a fondo la relación entre los estilos de aprendizaje y la presencia de ideas previas, se han contrastado algunos de los ítems más difíciles con los estilos de aprendizaje. Los resultados confirman que no se puede afirmar que un estilo de aprendizaje en particular tenga un mejor desempeño en el cuestionario ni esté libre de tener ideas previas.

Estos hallazgos sugieren que otros factores, además de los estilos de aprendizaje, pueden influir en la comprensión de los conceptos y la resolución de los ítems difíciles del cuestionario. Es importante seguir explorando estas relaciones para comprender mejor cómo mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

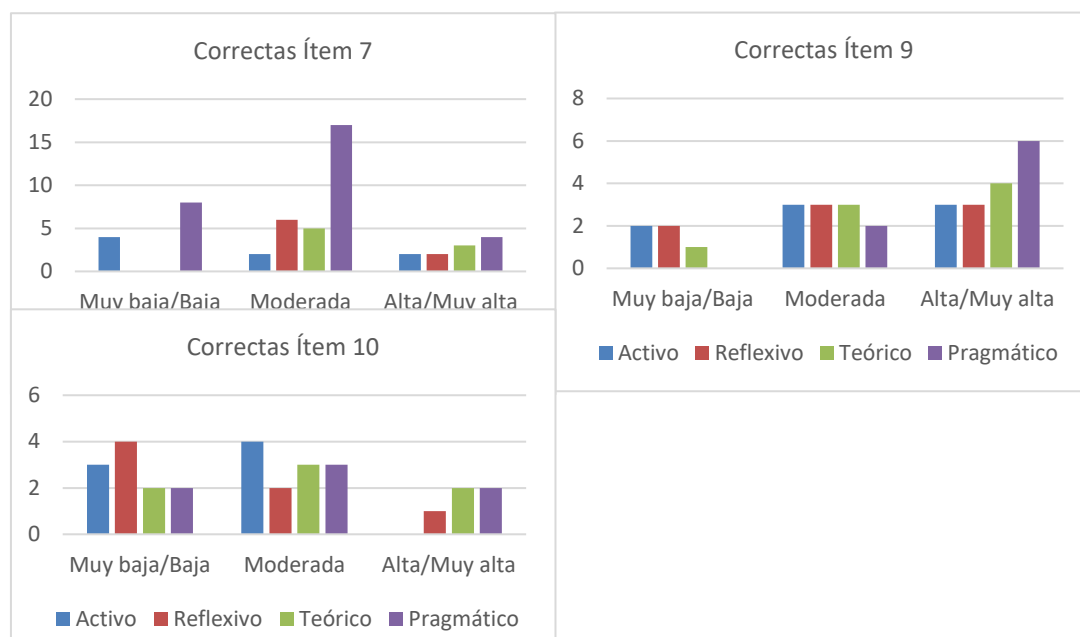


Figura 9.17. Respuestas correctas a cuestiones más difíciles del cuestionario I4 y su relación con los estilos de aprendizaje del grupo de estudio.

9.3.3. Cuestionario final (I5)

Al finalizar el curso, se facilitó un nuevo cuestionario de 10 preguntas al mismo grupo de alumnos de primer curso de Ingeniería Agroambiental. Al igual que el cuestionario anterior, este constaba de dos partes: la primera parte incluía 9 preguntas generales y la segunda parte consistía en 10 preguntas de opción múltiple que abordaban diversos conceptos del módulo de Física I, complementarios a los evaluados en el primer test. Contestaron 46 alumnos del total del grupo, 15 hombres y 18 mujeres (hay que tener en cuenta que no todos rellenaron la casilla en la que se preguntaba el género).

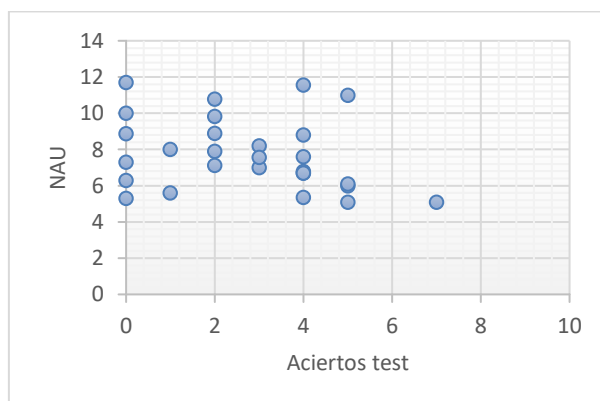


Figura 9.18. Relación entre el número de aciertos en el segundo cuestionario y la calificación de acceso a la universidad.

Al igual que en los casos anteriores, no existe correlación entre el número de aciertos del cuestionario y la calificación del examen de ingreso a la universidad (figura 9.18).

Análisis de las respuestas a los ítems

El indicador del índice de facilidad para todo el test, IF_{testm} , obtenido como promedio de los mostrados en la tabla 9.24 tuvo un valor de 0,23. Este resultado indica que los estudiantes encontraron difícil la prueba. A su vez, el valor promedio del índice de discriminación, ID_{testm} , fue 0,37 y del coeficiente de correlación de Pearson, P_{testm} , 0,55.

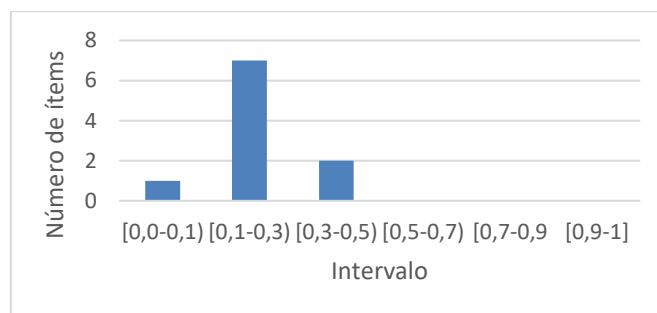


Figura 9.19. Gráfico de barras relativo al valor del índice de facilidad, agrupado por intervalos, de los ítems del cuestionario I4.

En la

tabla 9.24 se publican los indicadores estadísticos que describen las características para cada ítem: índice de facilidad (IF), índice de discriminación (ID), índice de dificultad (I_{diff}) y correlación producto-momento de Pearson (P). Los asteriscos resaltan en la tabla los resultados que han resultado ser más fiables de acuerdo con la teoría clásica de ítems y la correlación producto-momento de Pearson, respectivamente.

Ítem	IF	ID	I_{diff}	P
1	0,45*	0,72*	0,55*	0,77*
2	0,06	0,04	0,94	0,27
3	0,28	0,55	0,72	0,66
4	0,13	0,26	0,87	0,56
5	0,17	0,34	0,83	0,63
6	0,47*	0,51*	0,53*	0,65*
7	0,19	0,21	0,81	0,43
8	0,15	0,30	0,85	0,59
9	0,23	0,38	0,77	0,40
10	0,21	0,43	0,79	0,61
Valor medio	0,23	0,37	0,77	0,55

Tabla 9.24. Valores del índice de facilidad (IF), índice de discriminación (ID), índice de dificultad (I_{diff}) y correlación producto-momento de Pearson (P) para cada ítem. Los asteriscos destacan los resultados más fiables de acuerdo con la teoría clásica de ítems y la correlación producto-momento de Pearson.

Los ítems 1 y 6 muestran un alto grado de fiabilidad, mientras que los ítems 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 y 10 resultaron ser los más difíciles.

El ítem 2, con solo un 6% de aciertos, trata sobre un conjunto de fuerzas que actúa sobre un sólido rígido. Los alumnos tienden a caer en las ideas previas de que «para que haya movimiento tiene que existir fuerzas» y «la ausencia de movimiento implica ausencia de fuerzas».

En el ítem 3, con un 28% de aciertos, se aborda la fuerza de rozamiento. La mayoría de los alumnos cometen el error de creer que «la fuerza de rozamiento es siempre mayor que la fuerza normal».

Tanto en el ítem 4, con un 13% de aciertos, como en el ítem 5, con un 17% de aciertos, se explora la comprensión de los alumnos sobre la posición del centro de gravedad de una esfera sólida. La mayoría de los alumnos caen en las siguientes ideas previas: «el centro de gravedad de una superficie está contenido en ella» y «el centro de gravedad de una esfera sólida coincide con el centro geométrico».

En el ítem 7, con un 19% de aciertos, se revela que la mayoría no tiene una comprensión clara sobre el concepto de momento de inercia.

El ítem 8, con solo un 15% de aciertos, explora el concepto de aceleración de un objeto que rueda sobre un plano inclinado.

En el ítem 9, que obtuvo un 23% de aciertos, se trata sobre la tensión de una cuerda en una polea. La mayoría de los alumnos no consideran que esta tensión será igual en ambos lados de la polea de masa despreciable.

Finalmente, en el ítem 10, con un 21% de aciertos, se aborda la aplicación de una fuerza sobre un cubo y una esfera.

Las ideas previas en las que más incurren los alumnos son:

1. La aceleración de un objeto que rueda sin deslizar sobre un plano inclinado depende de su masa.
2. Confusión sobre el concepto momento de inercia.
3. El centro de gravedad de una esfera sólida coincide con el centro geométrico.
4. Desconocimiento al expresar el resultado de una medida acompañado de su incertidumbre.
5. Para que haya movimiento tiene que existir fuerzas.
6. La fuerza de rozamiento es siempre mayor que la fuerza normal.
7. El centro de gravedad de una superficie está contenido en ella.
8. La tensión de la cuerda que pasa por una polea de masa despreciable es distinta para ambos lados de la polea.
9. Para que un cuerpo se mueva a velocidad constante es necesario la ausencia de fuerzas.

Estilos de aprendizaje y su relación con las respuestas a los ítems

A continuación, se llevó a cabo un estudio similar al realizado con el cuestionario inicial, analizando la posible relación entre los estilos de aprendizaje de los alumnos y su desempeño en el test sobre ideas previas. Los resultados mostraron una vez más que no se puede establecer una relación significativa entre los estilos de aprendizaje de los alumnos y la precisión de sus respuestas en el cuestionario.

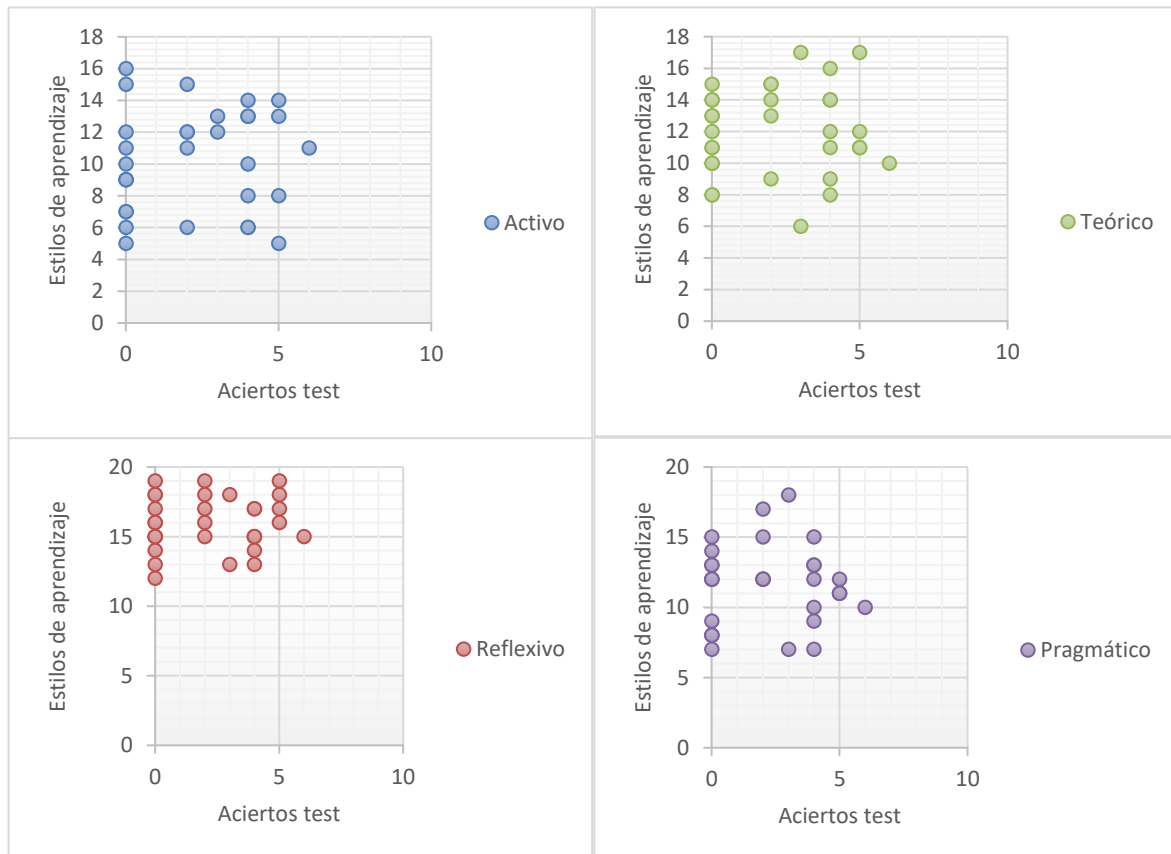


Figura 9.20. Relación entre los puntos que indican la tendencia a cada estilo de aprendizaje de cada alumno y sus resultados en el cuestionario I5.

Con la intención de confirmar lo anterior, se han representado en la figura 9.21 algunos de los ítems más difíciles y los estilos de aprendizaje de los alumnos. A la vista de las gráficas, no se puede afirmar que los alumnos con un determinado estilo de aprendizaje incidan en mayor o menor medida en las ideas previas.

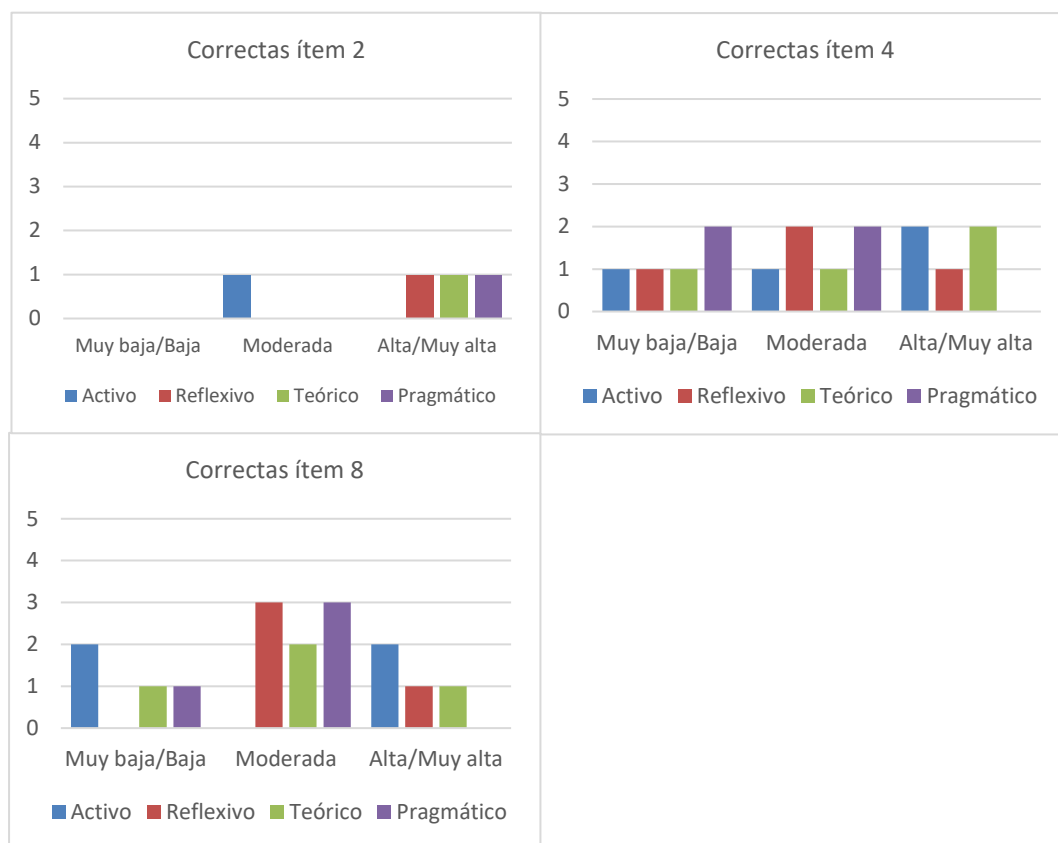


Figura 9.21. Respuestas correctas a cuestiones más difíciles del cuestionario I5 y su relación con los estilos de aprendizaje del grupo de estudio.

Las tendencias de los estilos de aprendizaje del profesor y su posible influencia en los resultados académicos de sus estudiantes

Es interesante investigar si el profesor tiene tendencia a fomentar un determinado estilo de aprendizaje y si ello ha podido influir en el rendimiento de sus alumnos. En la tabla 9.25 se presenta el número y los porcentajes de las tendencias cualitativas hacia los diferentes estudios de aprendizaje del grupo de estudio. Estos resultados también se representan en la figura 9.22 como un gráfico de barras.

Tendencia	Muy baja		Baja		Moderada		Alta		Muy alta	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Activo	5	11,9	6	14,3	20	47,6	8	19,0	3	7,1
Reflexivo	1	2,4	8	19,0	25	59,5	8	19,0	0	0,0
Teórico	1	2,4	5	11,9	19	45,2	9	21,4	8	19,0
Pragmático	5	11,9	6	14,3	21	50,0	7	16,7	3	7,1

Tabla 9.25. Número de estudiantes y porcentajes relacionados con una tendencia muy baja, baja, moderada, alta y muy alta hacia cada uno de los cuatro estilos de aprendizaje (activo, reflexivo, teórico y pragmático).

Como se puede observar, la tendencia moderada domina a primera vista entre todos los estudios de aprendizaje, presentando un porcentaje que oscila entre el 45,2% para el teórico y el 59,5% para el reflexivo. Sin embargo, en el caso de los teóricos, las tendencias altas y muy altas suman en conjunto el 40,5% del total, lo que supone un porcentaje cercano al moderado (45,2%). En el caso de activo y pragmático esta suma es menor (26,2% y 23,8%, respectivamente) pero superior al reflexivo (19%). La tendencia muy baja tiene un valor de 11,9% en el caso de activo y pragmático y de 2,4% en el caso de reflexivo y teórico.

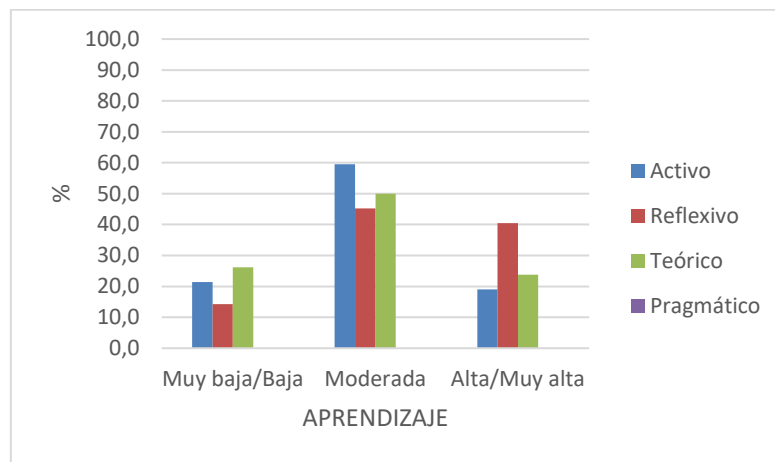


Figura 9.22. Gráfico de barras que muestra el porcentaje de estudiantes con una tendencia muy baja (más a la izquierda), baja (izquierda), moderada (media), alta (derecha) y muy alta (más a la derecha) hacia los estilos de aprendizaje activo, reflexivo, teórico y pragmático.

También fue completado el cuestionario sobre estilos de aprendizajes por el profesor. En la tabla 9.26 se comparan los datos de las tendencias hacia los diferentes estilos de aprendizaje del profesor y los valores medios de cada estilo de aprendizaje del grupo de estudio. Estos datos se visualizan en la figura 9.22 como un gráfico de barras. En la figura 9.24 se representa el polígono de cuatro vértices, cada uno correspondiente a uno de los estilos de aprendizaje que muestra el perfil del profesor.

Estilos	Puntuaciones profesor	Tendencia profesor	Media del grupo	Tendencia grupo
Activo	16	Muy alta	10,6	Moderada
Reflexivo	13	Baja	15,5	Moderada
Teórico	11	Moderada	12,9	Moderada
Pragmático	14	Alta	11,9	Moderada

Tabla 9.26. Puntuaciones del profesor y valores medios de cada estilo de aprendizaje del grupo de alumnos.

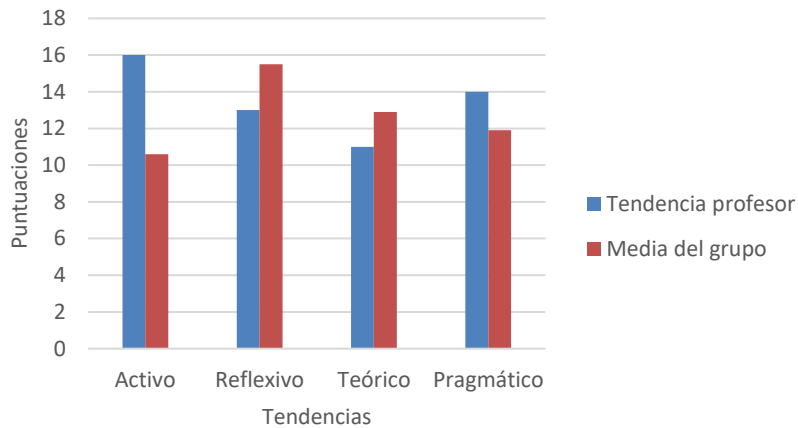


Figura 9.23. Gráfico de barras que muestra las puntuaciones del profesor y la media de puntuaciones del grupo de estudio.

El profesor ha mostrado una tendencia muy alta hacia el estilo activo y alta hacia el estilo pragmático. Sin embargo, según los resultados, no se puede afirmar que las tendencias de los estilos de aprendizaje del profesor hayan influido en los resultados académicos de los estudiantes. Como se ha visto anteriormente, no hay un estilo de aprendizaje que garantice mejores resultados en el cuestionario sobre ideas previas, lo que incluye, naturalmente, al estilo activo, que es predominante en el profesor.

GRAFICA DE ESTILOS DE APRENDIZAJE

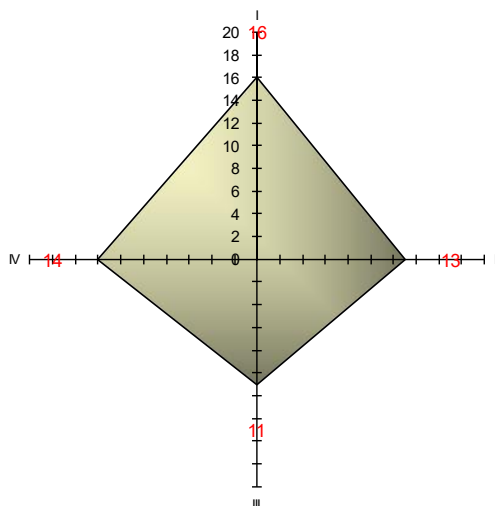


Figura 9.24. Polígono de cuatro vértices, cada uno correspondiente a uno de los estilos de aprendizaje que muestra el perfil del profesor.

CAPÍTULO X. ANÁLISIS DE LOS DATOS FACILITADOS POR EL LABORATORIO VIRTUAL DE FÍSICA

10. Análisis de los datos facilitados por el Laboratorio Virtual de Física

En el presente estudio se analizaron las respuestas de los alumnos a los cuestionarios sobre contenidos correspondientes a varios cursos de la asignatura *Laboratorio Virtual de Física*, una asignatura de libre elección y online, impartida en la Universidad Politécnica de Madrid. Se pretende con ello, tratar de evaluar si la metodología online contribuye en el proceso de enseñanza aprendizaje.

10.1. Descripción de la experiencia

El Laboratorio Virtual de Física fue impartida a través de la plataforma Moodle de la Universidad Politécnica de Madrid y constaba de seis prácticas de laboratorio:

- La medida.
- Cinemática y dinámica.
- Ley de Boyle-Mariotte.
- Campo magnético en el interior de un solenoide.
- Resistencia interna de un voltímetro.
- Radiación de un cuerpo negro.

Al inicio del curso se facilitaba a los alumnos un cuestionario sobre conceptos básicos de física. Las preguntas fueron seleccionadas de entre aquellos conceptos imprescindibles para desarrollar con éxito las posteriores experiencias de laboratorio.

Los estudiantes podían consultar una guía del curso en la que se detallaban las fechas de entrega de cada una de las prácticas y el calendario de actividades. Cada una de las prácticas disponía de un guion, un cuestionario tipo test de autoevaluación y una actividad propuesta que debía entregarse en el plazo requerido a través de la plataforma de aprendizaje utilizada.

Para la evaluación de la asignatura se tuvieron en cuenta los informes de las prácticas experimentales, los cuestionarios de cada práctica, y, por último, el examen presencial al término de la asignatura. Este examen final contenía un cuestionario cuyos ítems ya fueron preguntados en el cuestionario inicial y en cada una de las prácticas lo que permitió estudiar la ganancia de aprendizaje mediante el factor de Hake.

Los alumnos matriculados en la asignatura Laboratorio Virtual de Física procedían de distintas escuelas y diferentes cursos: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial, Escuela

Universitaria de Arquitectura Técnica, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales.

Casi la totalidad de los alumnos tenían conocimientos de Excel al inicio del curso y prácticamente la mitad de los matriculados cursaban estudios en Escuelas Universitarias y el resto en Escuelas Superiores. La mayoría de los matriculados comenzaban el curso con las practicas de laboratorio de Física realizadas y la asignatura de Física de primer curso aprobada.

En este trabajo se han analizado las respuestas a los cuestionarios que transcurren desde el curso 2009-2010 hasta el curso 2013-2014. En la tabla 10.1 se muestra el número de alumnos que cursaron la asignatura durante estos años.

10.2. Calificaciones de los alumnos en la asignatura Laboratorio Virtual de Física

En la tabla 10.1 se presentan las calificaciones obtenidas durante los años objeto del estudio. Se observa una mejora secuencial de las calificaciones con cierto incremento de la nota media (nota correspondiente solo a los cuestionarios, a los que habrá que sumar las prácticas y el examen final).

Curso	Matriculados	NP	SUS	AP	NOT	SOB	MH	Nota media
2013/14	7	57%	0,0%	0,0%	28,6%	14,3%	0	2,3
2012/13	25	16,0%	0,0%	8,0%	60,0%	16,0%	0	2,1
2011/12	37	8,1%	0,0%	27,0%	48,6%	16,2%	0	1,9
2010/11	39	12,8%	0,0%	25,6%	51,3%	10,3%	0	1,8
2009/10	33	15,2%	0,0%	36,4%	42,4%	6,1%	0	1,6
2008/09	40	10,0%	10,0%	30,0%	42,5%	7,5%	0	1,7
MEDIA		12,4%	2,0%	25,4%	49,0%	11,2%	0,0%	1,8

Tabla 10.1. Calificaciones y número de alumnos matriculados en cada curso académico en la asignatura de Laboratorio Virtual de Física. Siendo NP el porcentaje de alumnos no presentados, SUS el porcentaje de alumnos suspensos, AP el porcentaje alumnos aprobados, NOT el porcentaje de alumnos con calificación notable, SOB el porcentaje de alumnos con calificación sobresaliente y MH el porcentaje de alumnos con calificación de matrícula de honor.

Curso	Matriculados	No aprobados	Aprobados	Aprob/Pres
2013/14	7	57,1%	42,9%	100,0%
2012/13	25	16,0%	84,0%	100,0%
2011/12	37	8,1%	91,9%	100,0%
2010/11	39	12,8%	87,2%	100,0%
2009/10	33	15,2%	84,8%	100,0%
2008/09	40	20,0%	80,0%	88,9%
MEDIA		14,4%	85,6%	98,1%

Tabla 10.2. Calificaciones. Siendo Aprob/Pres el porcentaje de alumnos que aprobaron de entre los presentados.

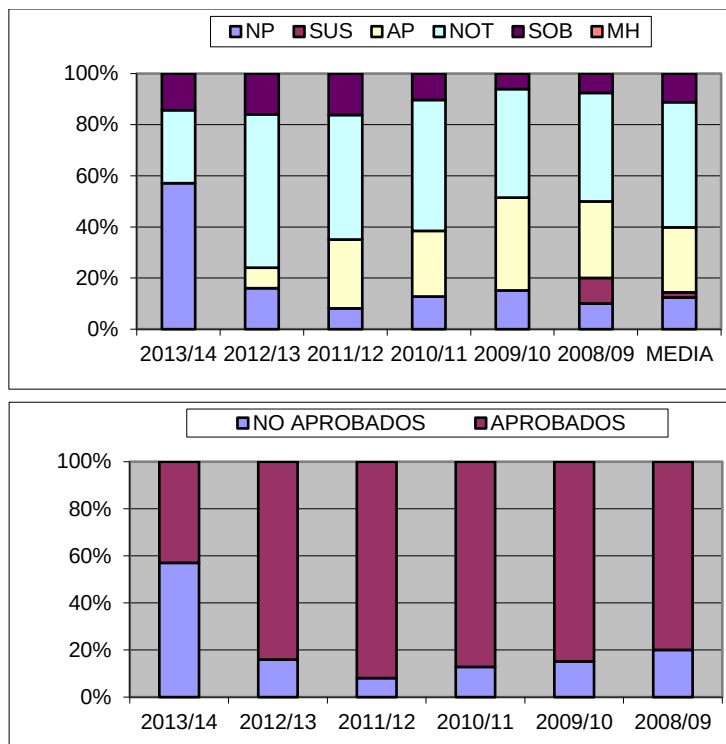


Figura 10.1. Tanto por ciento de alumnos aprobados y no aprobados y cursos académicos. Siendo NP el porcentaje de alumnos no presentados, SUS el porcentaje de alumnos suspendidos, AP el porcentaje de alumnos aprobados, NOT el porcentaje de alumnos con calificación notable, SOB el porcentaje de alumnos con calificación sobresaliente y MH el porcentaje de alumnos con calificación de matrícula de honor.

10.3. Análisis de las respuestas a los cuestionarios

Se ha calculado el promedio de aciertos por ítem durante los años que se impartió la asignatura y se han contrastado resultados. Es importante señalar que las respuestas negativas no penalizaban, y se consideró únicamente el primer intento del cuestionario. El cuestionario inicial constaba de 24 ítems, mientras que el final tenía 20 ítems. Cada práctica incluía un cuestionario con 10 ítems seleccionados aleatoriamente para evitar la copia de respuestas, lo que implicaba que el número de ítems analizados variaba según el número de preguntas suministradas en la batería correspondiente a cada práctica.

Los alumnos completaron un total de ocho cuestionarios (cuestionario Inicial, cuestionarios de las prácticas 1 a 4 y cuestionario Final) que se muestran en el Anexo, y cuyos resultados se describen a continuación.

10.3.1. Cuestionario inicial

Los alumnos han seleccionado mayoritariamente la respuesta correcta de cada ítem, lo que revela que el test no les ha resultado difícil.

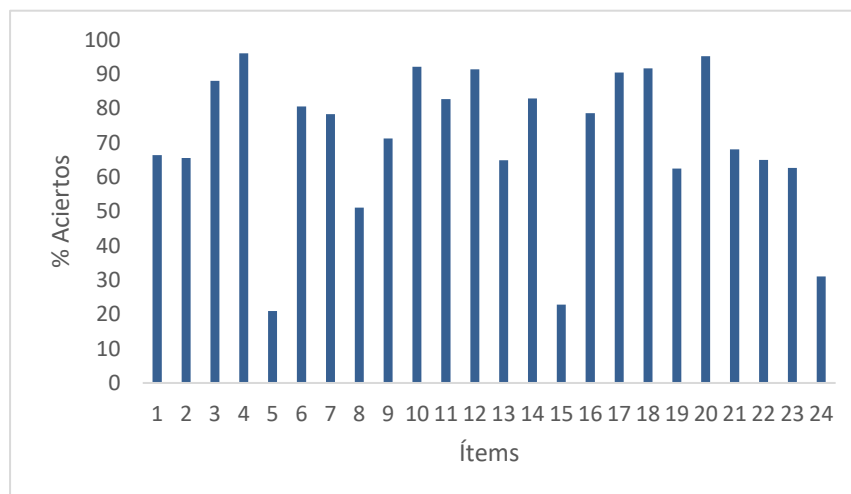


Figura 10.2. Promedio de aciertos por ítem durante los cursos 2010-2011, 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014.

Los ítems que han presentado algo de dificultad (respuestas correctas inferiores al 70 %) durante los cursos 10-11, 11-12, 12-13 y 13-14, años en los que se presentó este cuestionario inicial, han sido: 1,2,5,8,13,15,19,21,22,23 y 24.

En el ítem 1, se observa que un porcentaje significativo de los alumnos, fluctuando entre el 24% y el 41% dependiendo del curso, presenta dificultades para expresar adecuadamente el coeficiente de resistividad, tanto en términos de valor como de unidades. Esta falta de comprensión puede obstaculizar su capacidad para entender y aplicar conceptos fundamentales en el estudio de la resistencia eléctrica.

En cuanto al ítem 2, se revela que aproximadamente entre el 28% y el 41% de los alumnos evaluados en los diferentes cursos tienen la percepción errónea de que la curva que representa la diferencia de potencial frente a la intensidad en materiales no óhmicos nunca exhibe un comportamiento lineal para valores pequeños. Esta interpretación incorrecta indica una falta de comprensión sobre el comportamiento real de los materiales no óhmicos y puede afectar negativamente su capacidad para analizar circuitos eléctricos y fenómenos asociados.

El ítem 5 versa sobre el cálculo del campo magnético en el interior de un solenoide. La mayoría de los alumnos (en torno a un 80%) desconoce que la ecuación $B = \mu n I$ solo se aplica si la longitud del solenoide es considerable comparada con su radio. Este error conceptual puede derivarse del hecho de que, en cursos previos, esta expresión se presenta sin mencionar que es una simplificación de una ecuación más general y que se aplica solo bajo ciertas condiciones específicas de medida.

El ítem 8 se centra en evaluar el conocimiento del alumnado sobre el amperímetro y sus propiedades. Sin embargo, se observa que una parte significativa de los alumnos desconoce su funcionamiento, con un porcentaje que oscila entre el 35% y el 49% en los distintos cursos.

El ítem 13 trata sobre las variables que permanecen constantes en la ley de Boyle-Mariotte. Los porcentajes de aciertos varían entre el 59% y el 70%. Es esencial destacar que, además de la temperatura (como señalan aproximadamente el 20% de los alumnos en cada curso analizado), también la cantidad de gas permanece constante para aplicar correctamente la ley de Boyle-Mariotte. Esta omisión recalca la necesidad de reforzar la comprensión de estos conceptos en etapas educativas anteriores.

El ítem 15, con un porcentaje de aciertos comprendido entre el 14% y el 37%, refleja un desconocimiento de los alumnos sobre el funcionamiento del carril de aire, posiblemente a que no han experimentado con este equipo en las anteriores etapas educativas.

En torno al 40% de los alumnos que entran en la universidad, según refleja el ítem 19, desconoce el ajuste por mínimos cuadrados.

Los ítems 21, 22 y 23 abordan el concepto de error e incertidumbre en la expresión correcta de resultados de mediciones. Se observa que aproximadamente un 30-40% de los alumnos de nuevo ingreso en la universidad tienen dificultades para expresar correctamente el resultado de una medición.

Además, el ítem 22 revela que alrededor del 30% de los estudiantes no logran distinguir entre los conceptos de error e incertidumbre. Por otro lado, el concepto de sensibilidad de un instrumento de medida y la precisión de una medición se exploran en el ítem 23, con porcentajes de aciertos que rondan el 30%. Estos resultados indican la necesidad de reforzar la comprensión de estos conceptos durante la educación previa al ingreso a la universidad.

Tras analizar este test inicial, podemos constatar que los alumnos ingresan al curso con errores conceptuales que necesitarán ser abordados y corregidos a lo largo del mismo.

10.3.2. Cuestionario de la práctica 1

Los datos indican que durante estos años los alumnos han contestado en su mayoría de forma correcta los ítems del cuestionario de la práctica 1, figura 10.3.

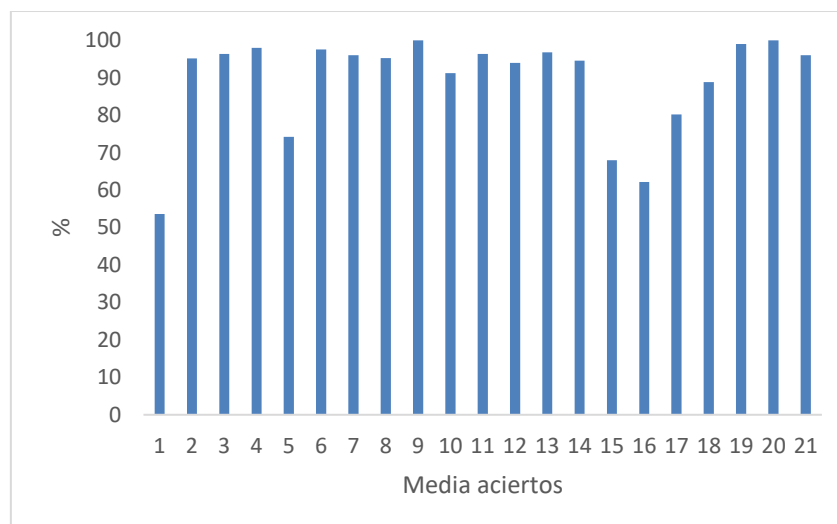


Figura 10.3. Promedio de aciertos del cuestionario de la práctica 1.

A continuación, se comentan aquellos ítems que han presentado resultados inferiores al 70% de aciertos.

El ítem 1, que trata sobre el ajuste por mínimos cuadrados, continúa presentando dificultades, especialmente después de la primera práctica en la que se explica este método. Alrededor del 50% de los alumnos, considerando la media entre todos los cursos, aún no comprenden en qué situaciones se puede utilizar este método de ajuste.

En el ítem 5, que solicita la correcta expresión del resultado de una medición, aunque se observa una mejora en las respuestas en comparación con el inicio del curso, todavía una proporción de alumnos (entre el 18% y el 34%, dependiendo del curso) no sabe expresar adecuadamente el resultado de una medición junto con su incertidumbre al finalizar la unidad didáctica.

El ítem 16 indica que más del 25% de los alumnos (e incluso un 48% en el curso 2010-2011) no diferencian entre los conceptos de precisión y exactitud.

Dado que los ítems del cuestionario inicial se repiten en los sucesivos cuestionarios al finalizar cada práctica, podemos calcular la ganancia o mejora de las respuestas. Específicamente, los ítems 1, 2, 4, 5, 8, 11 y 12 del cuestionario 1 también estaban presentes en el cuestionario inicial (excepto el 4 y el 8 en el curso 2010-2011). A continuación, se ha calculado el factor de Hake, que representa la ganancia de aprendizaje, de cada uno de estos ítems con respecto al cuestionario inicial.

Ganancia de aprendizaje con respecto al cuestionario inicial				
Ítem	Curso 10-11	Curso11-12	Curso 12-13	Curso 13-14
1	-0,41	-0,97	0,067	-0,07
2	0,85	1	1	1
4		1	1	1
5	0,48	0,82	0,25	0,32
8		1	-0,31	-0,39
11	1	1	-0,91	-1,27
12	0,64	1	1	1

Tabla 10.3. Ganancia de aprendizaje de los alumnos calculado con el factor de Hake.
Resultados relativos al cuestionario de la práctica 1.

Los resultados muestran una ganancia de aprendizaje en los ítems 2, 4 y 12. Tras la primera práctica, los alumnos demostraron un mejor entendimiento en estos aspectos. Específicamente, los alumnos mejoraron en la habilidad de expresar correctamente el resultado de una medición.

Por otro lado, los ítems 1, 5, 8 y 11 muestran que los estudiantes no experimentaron una mejora significativa en su comprensión de ciertos conceptos, como la precisión y el ajuste por mínimos cuadrados. Esto podría indicar áreas de dificultad persistentes que requieren una atención especial. Es posible que estos conceptos sean más complejos o requieran un enfoque pedagógico diferente para garantizar su comprensión completa por parte de los alumnos.

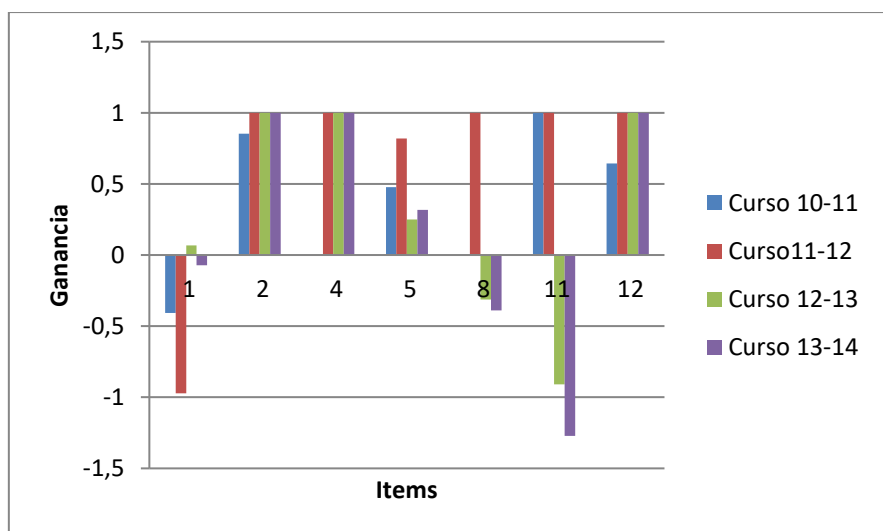


Figura 10.4. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 1.

10.3.3. Cuestionario de la práctica 2

En este cuestionario todos los ítems han presentado un porcentaje de aciertos superior al 70%, figura 10.5.

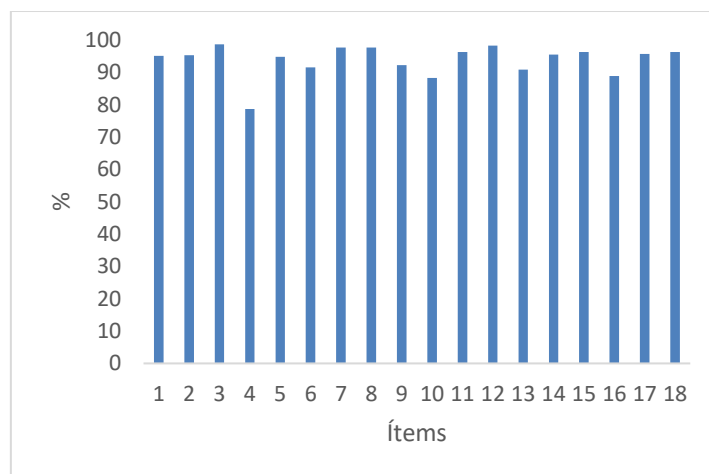


Figura 10.5. Promedio de aciertos del cuestionario de la práctica 2.

A continuación, en la tabla 10.4 , se presenta la ganancia de aprendizaje de los ítems coincidentes en el cuestionario inicial, que fueron: 10, 11 y 14.

Ganancia de aprendizaje con respecto al cuestionario inicial				
Ítem	Curso 10-11	Curso11-12	Curso 12-13	Curso 13-14
10	-0,21	0,42	0,48	0,04
11	0,92	1,00	0,92	0,93
14	0,94	1,00	0,91	0,93

Tabla 10.4.Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 2.

Los tres ítems, a excepción del ítem 14 en el curso 2010-2011, muestran una mejora en la comprensión de los conceptos evaluados.

El ítem 10 evalúa si el alumno comprende la representación gráfica de velocidad-tiempo en un movimiento uniformemente acelerado. Este ítem es crucial para entender cómo la velocidad de un objeto cambia con el tiempo bajo aceleración constante.

El ítem 11 busca determinar si los alumnos saben distinguir entre los conceptos de cinemática y dinámica. La comprensión de esta distinción es fundamental para diferenciar entre el estudio del movimiento en sí mismo (cinemática) y las causas del movimiento (dinámica).

En cuanto al ítem 14, que trata sobre el funcionamiento del carril de aire, excepto el curso 2010-2011, la ganancia está dentro de lo previsto puesto que se explicó el funcionamiento del carril en la práctica anterior.

En general, el progreso en la comprensión de estos conceptos indica una mejora en la comprensión de los conceptos tratados.

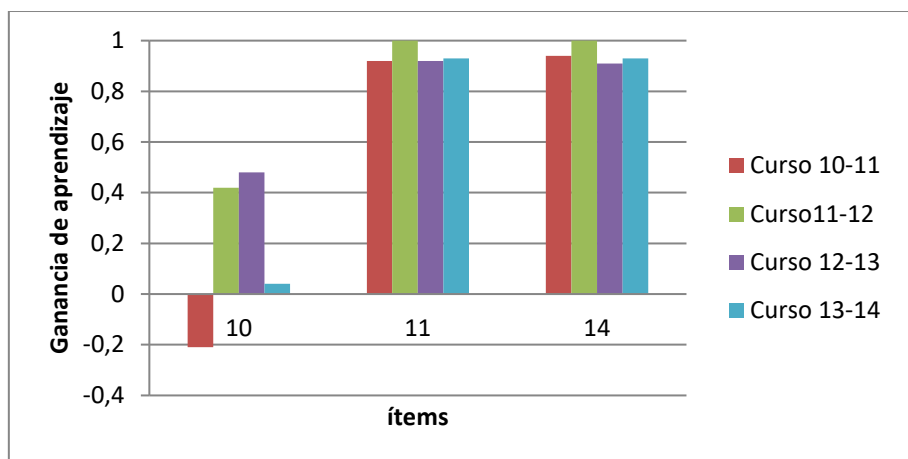


Figura 10.6. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 2.

10.3.4. Cuestionario de la práctica 3

Todos los ítems han presentado un porcentaje de aciertos superior al 70%, tabla 10.4.

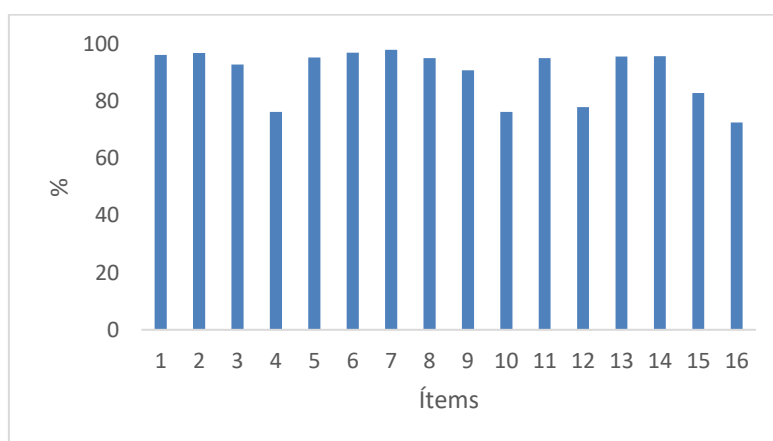


Figura 10.7. Media de aciertos del cuestionario de la práctica 3.

Los ítems presentes en el test de inicio del curso y de los que vamos a evaluar su ganancia de aprendizaje son: 9, 10 y 12, tabla 10.5.

En los ítems 9 y 12, se aborda el tema de las propiedades de los gases reales e ideales. A pesar de haber sido explicados en etapas anteriores, algunos alumnos aún no logran distinguir las diferencias entre los gases reales y los ideales. Esta persistencia en la confusión señala la necesidad de revisar y reforzar la comprensión de estos conceptos.

En el ítem 10, se evalúa el conocimiento de los alumnos sobre la ley de Boyle-Mariotte. Es alentador observar que entre el 68% y el 88% de los alumnos, dependiendo del curso, comprenden las variables que permanecen constantes al aplicar esta ley. Este resultado indica una mejora en el aprendizaje en comparación con los resultados del

cuestionario inicial, lo que sugiere un progreso significativo en la comprensión de este principio fundamental de la física de los gases.

Ganancia de aprendizaje con respecto al cuestionario inicial				
Ítem	Curso 10-11	Curso11-12	Curso 12-13	Curso 13-14
9	0,21	0,85	-0,50	0,27
10	0,72	0,88	0,77	0,75
12	0,93	0,87	0,58	0,54

Tabla 10.5. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 3, obtenida del cálculo del factor de Hake.

El factor de Hake evidencia una mejora en las respuestas y, por ende, en el proceso de enseñanza-aprendizaje, con la excepción del ítem 9 del curso 2012-2013.

En la figura figura 10.8 se muestran los valores del factor de Hake registrados en la tabla anterior. Esta representación gráfica permite visualizar el progreso en el aprendizaje.

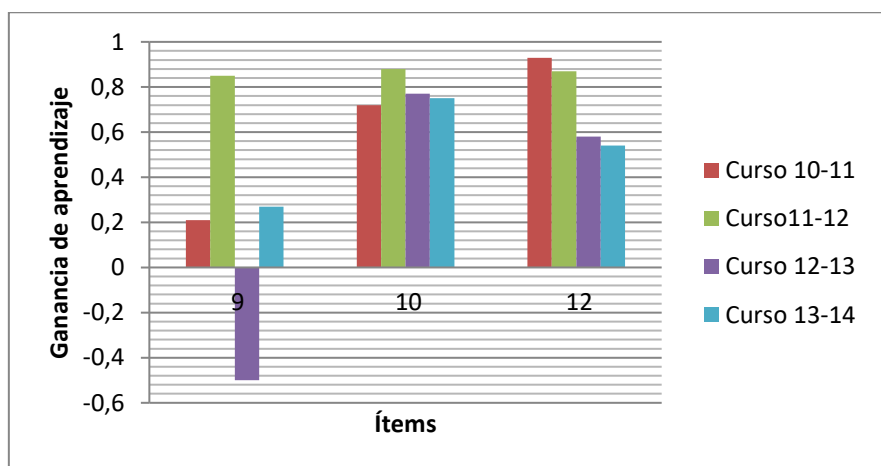


Figura 10.8. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 3.

10.3.5. Cuestionario de la práctica 4

El promedio de todos los ítems está por encima del 70%, como puede verse en la figura 10.9. El ítem 5, que evalúa el uso del multímetro, tiene una media de aciertos del 74%, pero en el curso 2010-2011 esta cifra se reduce al 65%.

Por otro lado, el ítem 14 tiene una media de aciertos del 70%. Sin embargo, es preocupante que el 50% de los alumnos del curso 2010-2011 considerara que la medida de la intensidad que mide un amperímetro es distinta si se le coloca delante o detrás de la resistencia.

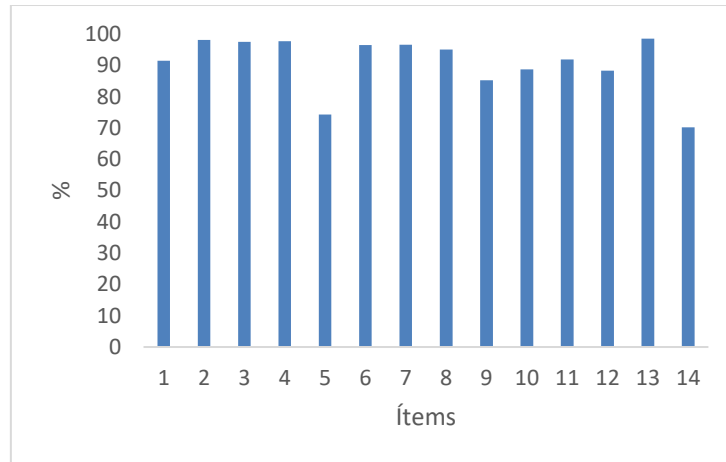


Figura 10.9. Promedio de aciertos del cuestionario de la práctica 4.

Los ítems que ya se preguntaron al inicio del curso y de los que vamos a evaluar su ganancia de aprendizaje son: 1,5,7,12 y 13.

Ganancia de aprendizaje con respecto al cuestionario inicial				
Ítem	Curso 10-11	Curso11-12	Curso 12-13	Curso 13-14
1	0,12	0,54	1,00	1,00
5	0,58	0,70	0,80	0,79
7	1,00	1,00	0,90	0,92
12	-1,20	1,00	-1,80	-2,95
13	1,00	0,96	1,00	1,00

Tabla 10.6. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 4, obtenida del cálculo del factor de Hake.

Analizando los datos de la tabla 10.6 se puede decir que se percibe una ganancia en el aprendizaje, excepto para el ítem 12 (si bien los aciertos han sido por encima del 80%).

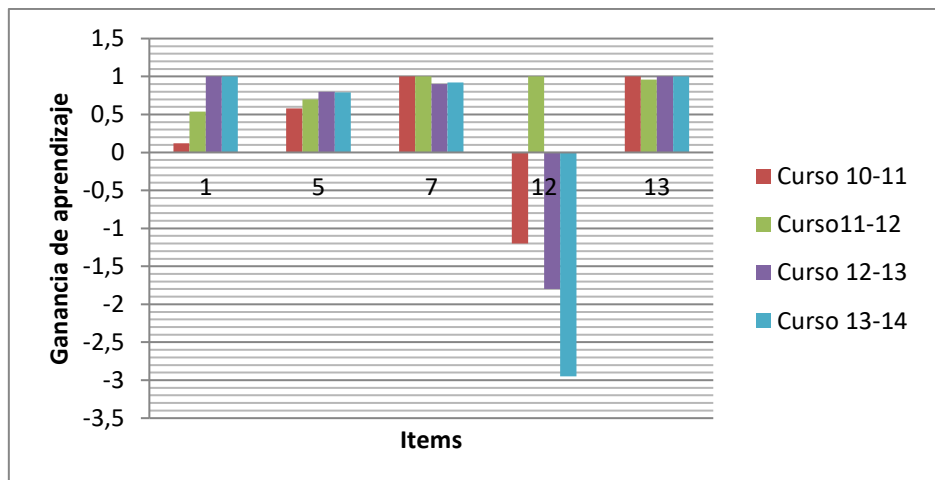


Figura 10.10. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 4.

10.3.6. Cuestionario de la práctica 5

Los ítems que ya se preguntaron al inicio del curso y de los que vamos a evaluar su ganancia de aprendizaje son: 10 y 11, tabla 10.7.

Ganancia con respecto al cuestionario inicial				
Ítem	Curso 10-11	Curso11-12	Curso 12-13	Curso 13-14
10	0,63	1,00	0,70	0,62
11		1	1	1

Tabla 10.7. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 5, obtenida del cálculo del factor de Hake.

Todos los ítems presentan una media de aciertos por encima del 70%.

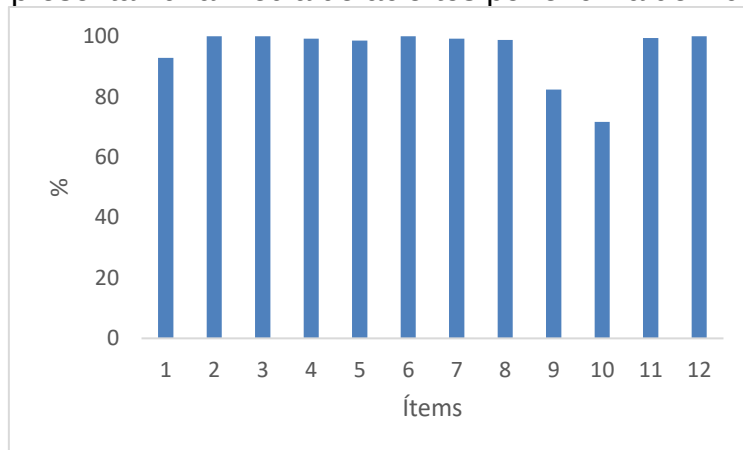


Figura 10.11. Promedio de aciertos del cuestionario de la práctica 5.

Se percibe una mejora en la respuesta por parte del alumnado y si bien en torno a un 30 % de alumnos siguen pensando que la ecuación $B=\mu nI$ es aplicable para cualquier solenoide, es clara una mejoría en la respuesta. En cuanto al ítem 11, que trata sobre la aplicación del solenoide, todos los alumnos seleccionaron la opción correcta.

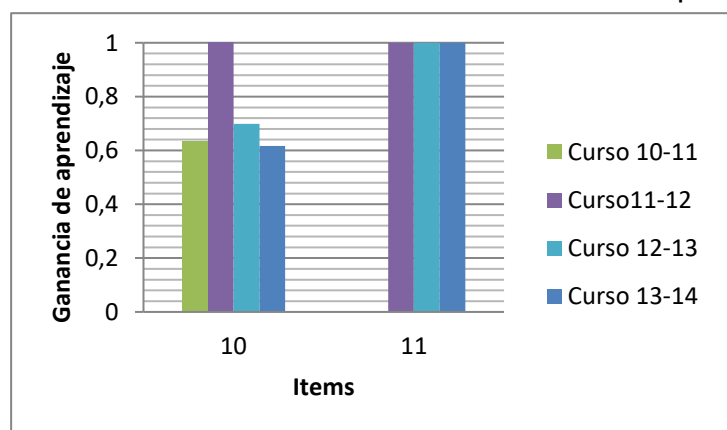


Figura 10.12. Ganancia de aprendizaje del cuestionario 5.

10.3.7. Cuestionario de la práctica 6

Los ítems que han mostrado un promedio de aciertos inferior al 70% son el 1 y el 4. En el ítem 1, se aborda el tema de las propiedades de los materiales no óhmicos. Se

observa que una gran parte de los alumnos sigue sin comprender correctamente el comportamiento de estos materiales durante pequeños valores de intensidad y diferencia de potencial. Específicamente, en el curso 2013-14, la mitad de los alumnos respondieron de forma incorrecta a este ítem.

Por otro lado, el ítem 4 ha obtenido los resultados más bajos. En este ítem, se pregunta sobre el nombre de la curva que relaciona la diferencia de potencial entre los extremos de un material conductor y la intensidad que lo recorre. Solo alrededor del 60 % de los alumnos ha respondido de manera correcta.

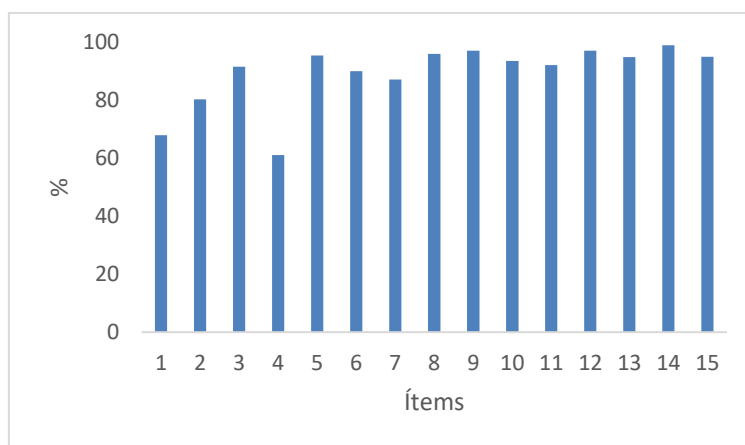


Figura 10.13. Promedio de aciertos del cuestionario de la práctica 6.

Los ítems que se utilizarán para evaluar la ganancia de aprendizaje y que también estaban presentes en el cuestionario inicial son: 2, 5 y 7, tabla 10.8.

Ganancia con respecto al cuestionario inicial				
Ítem	Curso 10-11	Curso11-12	Curso 12-13	Curso 13-14
2	0,20	0,51	0,46	0,55
5	0,64	0,68	0,25	0,31
7	0,38	0,63	0,54	0,65

Tabla 10.8. Ganancia de aprendizaje del cuestionario 6, obtenida del cálculo del factor de Hake..

Como en las ocasiones anteriores, se percibe una mejora de aprendizaje por parte del alumnado a los ítems estudiados.

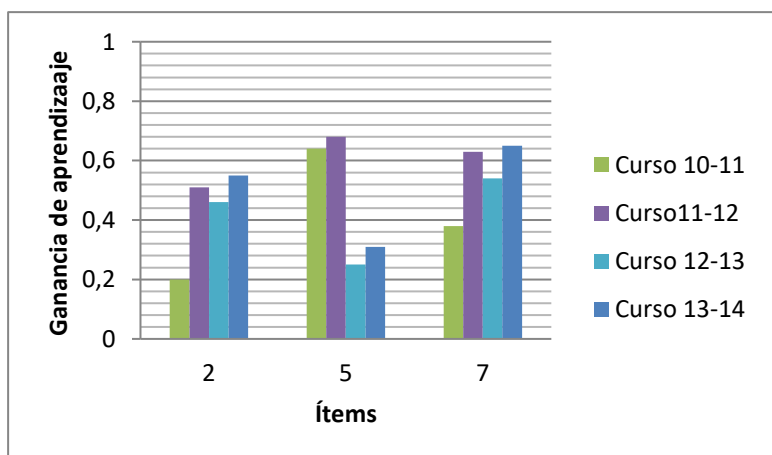


Figura 10.14. Ganancia de aprendizaje del cuestionario de la práctica 6.

10.3.8. Cuestionario final

Todos los ítems del cuestionario final presentan un promedio de aciertos superior al 70%, tabla 10.12.

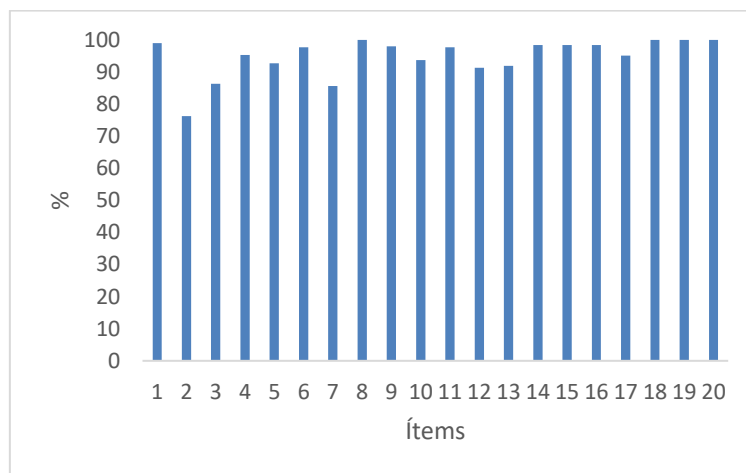


Figura 10.15. Promedio de aciertos del cuestionario final.

La mayoría de los ítems de este cuestionario ya fueron preguntados el cuestionario inicial y en los cuestionarios de cada práctica. En la tabla 10.9 se exponen los datos de la ganancia de aprendizaje con respecto al cuestionario inicial:

Ganancia con respecto al test inicial				
Ítem	Curso 10-11	Curso11-12	Curso 12-13	Curso 13-14
1	0,93		1	1
2	0,24		0,79	0,07
5	-0,69		-----	1
6	0,76	1	1	1
7	0,37		0,37	1
12	0,5		0,65	1

Tabla 10.9. Ganancia de aprendizaje del cuestionario final con respecto al inicial obtenida del cálculo del factor de Hake. Las celdas marcadas como ----- indican que como el factor de Hake se calcula con la expresión (7), si todos acertaron el cuestionario anterior el denominador da valor cero y no tiene solución.

Los resultados muestran una mejora general en el proceso de enseñanza aprendizaje de los alumnos con respecto al test completado al inicio del curso, salvo el ítem 5 y para el curso 10-11. A continuación, se busca la posible ganancia con respecto a los test de las diversas prácticas considerando solamente los ítems que ya fueron preguntados con anterioridad.

Ganancia de aprendizaje con respecto al cuestionario de la práctica 1				
Ítem	Curso 10-11	Curso11-12	Curso 12-13	Curso 13-14
1	0,5		-----	-----
12		-----	-----	-----

Tabla 10.10. Ganancia de aprendizaje del cuestionario final con respecto al primer cuestionario, obtenida del cálculo del factor de Hake. Las celdas marcadas como ----- indican que como el factor de Hake se calcula con la expresión (7), si todos acertaron el cuestionario anterior el denominador da valor cero y no tiene solución.

Ganancia de aprendizaje con respecto al cuestionario de la práctica 2				
Ítem	Curso 10-11	Curso11-12	Curso 12-13	Curso 13-14
13		-0,61		1
14		0,73		1

Tabla 10.11. Ganancia de aprendizaje del cuestionario final con respecto al segundo cuestionario, obtenida del cálculo del factor de Hake.

Ganancia de aprendizaje con respecto al cuestionario de la práctica 3				
Ítem	Curso 10-11	Curso11-12	Curso 12-13	Curso 13-14
3	-0,5	-----	0,34	-0,88
15		0,01		0,07

Tabla 10.12. Ganancia de aprendizaje del cuestionario final con respecto al tercer cuestionario, obtenida del cálculo del factor de Hake. Las celdas marcadas como ----- indican que como el factor de Hake se calcula con la expresión (7), si todos acertaron el cuestionario anterior el denominador da valor cero y no tiene solución.

El ítem 3, aunque es contestado por casi la totalidad del alumnado y trata sobre la representación gráfica de la presión frente al volumen en el caso de un gas ideal, muestra valores negativos durante los cursos 2010-11 y 2013-14, lo que indica que en estos dos casos no se ha producido ganancia de aprendizaje.

Ganancia con respecto al cuestionario de la práctica 4				
Ítem	Curso 10-11	Curso11-12	Curso 12-13	Curso 13-14
5	-1		1	1
16		0,83		-----

Tabla 10.13. Ganancia de aprendizaje del cuestionario final con respecto al cuarto cuestionario, obtenida del cálculo del factor de Hake. Las celdas marcadas como ----- indican que como el factor de Hake se calcula con la expresión (7) si todos acertaron el cuestionario anterior el denominador da valor cero y no tiene solución.

Ambas preguntas de cuestionario 4 tratan sobre la conexión en serie o en paralelo de resistencias en un circuito.

Ganancia con respecto al cuestionario de la práctica 5				
Ítem	Curso 10-11	Curso11-12	Curso 12-13	Curso 13-14
8	1	-----	-----	-----
10	0,72		-0,20	1,00
17		-0,10		

Tabla 10.14. Ganancia de aprendizaje del cuestionario final con respecto al cuestionario cinco obtenida del cálculo del factor de Hake. Las celdas marcadas como ----- indican que como el factor de Hake se calcula con la expresión (7) si todos acertaron el cuestionario anterior el denominador da valor cero y no tiene solución.

Ganancia con respecto al cuestionario 6				
Ítem	Curso 10-11	Curso11-12	Curso 12-13	Curso 13-14
11	1	-----	-----	-----
19		1		1
20		1		-----

Tabla 10.15. Ganancia de aprendizaje del cuestionario final con respecto al cuestionario de la práctica 6 obtenida del cálculo del factor de Hake. Las celdas marcadas como ----- indican que como el factor de Hake se calcula con la expresión (7) si todos acertaron el cuestionario anterior el denominador da valor cero y no tiene solución.

Del análisis de las tablas anteriores, podemos concluir que, en líneas generales, los alumnos han asimilado los conocimientos impartidos al finalizar el curso, aunque con algunas excepciones. Los resultados reflejan una mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que indica que los estudiantes han logrado comprender los conceptos enseñados durante el curso. No obstante, es importante destacar que aún persisten algunas dificultades con ciertos conceptos.

10.3.9. Discusión

La enseñanza en línea ha demostrado ser una herramienta efectiva para mejorar el aprendizaje de los alumnos, facilitando la asimilación de los conceptos impartidos durante el curso académico. Los estudiantes han mostrado una mejor comprensión de los conceptos al término del curso, como se evidencia en sus respuestas al cuestionario final en comparación con el cuestionario inicial.

La interactividad entre alumnos y profesores a través de las herramientas informáticas disponibles en la plataforma ha sido fundamental para resolver dudas de manera eficiente. Es crucial que los tutores respondan a las consultas de manera ágil para que esta metodología sea efectiva.

Las prácticas de laboratorio han desempeñado un papel crucial en el desarrollo de habilidades científicas y en la verificación experimental de conceptos teóricos. Esto se refleja en la mejora observada en el factor de Hake en la mayoría de las cuestiones estudiadas, lo que indica un aumento en la ganancia de aprendizaje.

El Laboratorio Virtual de Física ha contribuido al desarrollo de la competencia digital de los estudiantes, ya que han tenido que aprender a utilizar herramientas como hojas de cálculo para ajustar gráficas por mínimos cuadrados. Además, el uso de recursos como chat y foros ha fomentado el aprendizaje colaborativo.

Es importante destacar que muchos alumnos ingresan a la universidad con deficiencias en habilidades científicas básicas, como la toma y expresión de medidas. Además, conceptos fundamentales, como la ley de Boyle-Mariotte o el comportamiento de materiales óhmicos, no siempre son completamente comprendidos por los alumnos al inicio de sus estudios universitarios.

Esta metodología ha sido efectiva en corregir errores conceptuales presentes al inicio del curso, como el entendimiento incorrecto de la ecuación del campo magnético en el interior de un solenoide, $B = \mu n I$. Los estudiantes han aprendido que esta ecuación es una simplificación válida solo para solenoides cuya longitud es significativamente mayor que su radio.

Capitulo XI. Estudio de los estilos de aprendizaje con CHAEA³S

11. Estudio de los estilos de aprendizaje con CHAEA³S

CHAEA³S utiliza como entrada los cuestionarios de Honey-Alonso en una hoja Excel (son adecuados los formatos xlsx y xls) cumplimentados por el grupo de estudiantes considerado. Todos los archivos de entrada deben estar ubicados en la carpeta de entrada, que debe estar ubicada en la carpeta principal donde se ejecuta el script ejecutable de CHAEA³S. Aquellos archivos de entrada que no tienen el contenido esperado (como errores debidos a una manipulación incorrecta de la hoja de Excel) no son tenidos en cuenta por el programa para el posterior análisis de datos.

CHAEA³S crea una carpeta de salida con todos los resultados del análisis que realiza. Esta carpeta contiene el informe resumido como documentos Word y PDF, y el archivo chaea3s.log con toda la información que también se muestra en pantalla mientras se ejecuta el programa (incluyendo, por ejemplo, una lista de los archivos de entrada que no se consideran en el cálculo debido a los errores que presentan). Además, la carpeta de salida contiene las figuras que se muestran en el informe.

El informe de salida que crea CHAEA³S está formado por 11 tablas y 8 figuras. El informe de resultados está organizado en las tres partes siguientes:

- Parte 1. Análisis estadístico individual y global de los estilos de aprendizaje. La primera parte del informe está dedicada a las respuestas individuales de los estudiantes y al cálculo de ciertos parámetros que proporcionan una imagen global de los estilos de aprendizaje presentes en el aula.
- Parte 2. Análisis de componentes principales. La segunda parte del informe está dedicada al ACP, que es la más extensa. De entre todos los resultados que incluye el informe resumen, el gráfico 3D que muestra estilos de aprendizaje de los estudiantes es el más completo.
- Parte 3. Índices de participación. La última sección del informe está dedicada a los índices de participación.

11.1. Descripción de la experiencia

A lo largo de los cursos 2022/23 y 2023/24 se realizó un estudio sobre estilos de aprendizaje con la participación de 136 estudiantes universitarios de primer curso matriculados en los módulos introductorios de Física (Física I) y Química (Química I)

del Grado en Ingeniería Agroambiental de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agrícola, Alimentaria y de Biosistemas de la Universidad Politécnica de Madrid.

El grupo de estudio estaba compuesto de 129 estudiantes (48,5% hombres y 51,5% mujeres). En el cuatrimestre 2022/23 se analizaron 70 respuestas de los 108 estudiantes matriculados. En el cuatrimestre 2023/24 se analizaron 59 de los 116 estudiantes. A continuación, se muestran las principales conclusiones arrojadas por CHAEA³S mediante el análisis conjunto de los estilos de aprendizaje de los estudiantes para ambos períodos académicos con el fin de tener un conjunto de datos más amplio.

11.2. Análisis estadístico individual y global de los estilos de aprendizaje

En la tabla 11.1 se muestra el número y los porcentajes de las tendencias cualitativas hacia los diferentes estudios de aprendizaje del estudio de caso. Estos resultados también se representan en la figura 11.1 como un gráfico de barras.

Tendencia	Muy bajo		Bajo		Moderado		Alto		Muy alto	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Activo	18	14.0	12	9.3	55	42.6	23	17.8	21	16.3
Reflexivo	6	4.7	25	19.4	65	50.4	28	21.7	5	3.9
Teórico	3	2.3	11	8.5	44	34.1	40	31.0	31	24.0
Pragmático	11	8.5	17	13.2	51	39.5	28	21.7	22	17.1

Tabla 11.1. Número de estudiantes y porcentajes relacionados con una tendencia muy baja, baja, moderada, alta y muy alta hacia cada uno de los cuatro estilos de aprendizaje (activo, reflexivo, teórico y pragmático).

Como se puede observar, la tendencia moderada domina a primera vista entre todos los estudios de aprendizaje, presentando un porcentaje que oscila entre el 39,5% para el pragmático y el 50,4% para el reflexivo. Sin embargo, en el caso de los teóricos, las tendencias altas y muy altas suman en conjunto el 55,0% del total, lo que supone un porcentaje sustancialmente mayor que el moderado (34,1%).

En el caso de activo y pragmático esta suma es menor pero también muy notable (34,1% y 38,0%, respectivamente). En el caso del reflexivo, la suma hacia tendencias altas y muy altas representa solo el 25,6%. En este caso, la tendencia baja también tiene un valor considerable igual al 19,4%. En todos los casos, la tendencia muy baja es pequeña.

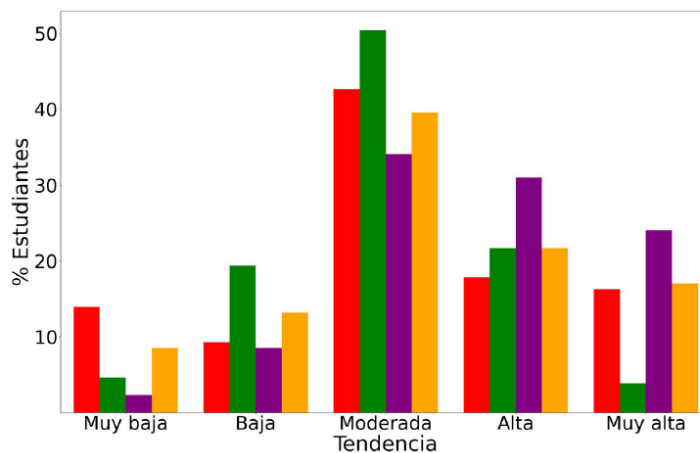


Figura 11.1. Gráfico de barras que muestra el porcentaje de estudiantes con una tendencia muy baja (más a la izquierda), baja (izquierda), moderada (media), alta (derecha) y muy alta (más a la derecha) hacia los estilos de aprendizaje activo (rojo), reflexivo (verde).

En la tabla 11.2 se muestran los valores medios de cada estilo de aprendizaje junto con sus correspondientes incertidumbres. Estos resultados también se representan en la figura 11.2. La tendencia para el estilo de aprendizaje teórico es alta, mientras que para el reflexivo sigue siendo moderada, a pesar de que su valor promedio es mayor. Las tendencias a activo y pragmático también son moderadas. En la tabla 11.2 se especifican las afinidades para todos los estilos de aprendizaje.

En la tabla 10.15 se representa un gráfico de barras con los resultados. Las afinidades de los estilos de aprendizaje son todas altas (al menos 76,0%), particularmente en el caso teórico, donde alcanza un valor del 89,1%.

Estilo de aprendizaje	Media (Incertidumbre)	Tendencia	Afinidad (%)
Activo	10.8 (0.6)	Moderado	76.6
Reflexivo	15.5 (0.5)	Moderado	76.0
Teórico	13.4 (0.6)	Alto	89.1
Pragmático	12.7 (0.6)	Moderado	78.3

Tabla 11.2. Valores medios numéricos de cada estilo de aprendizaje con las incertidumbres (entre paréntesis) junto con sus tendencias y la afinidad correspondiente.

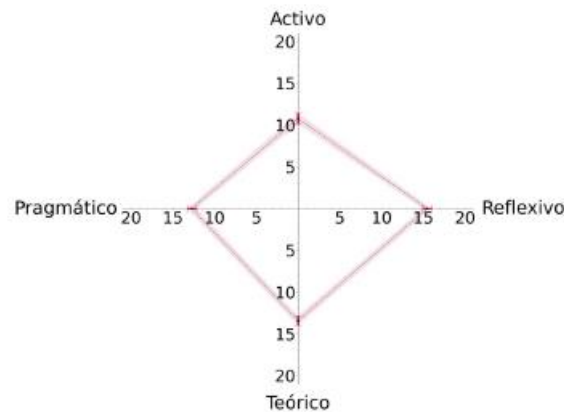


Figura 11.2. Polígono de cuatro vértices (cada uno correspondiente a uno de los estilos de aprendizaje) que muestra el perfil promedio de los estilos de aprendizaje del estudiante para el estudio de caso. Los valores medios se muestran en azul. Las barras rojas y las áreas sombreadas de color rosa muestran el intervalo de incertidumbre.

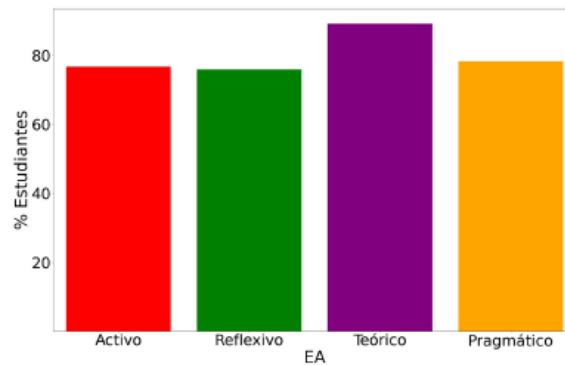


Figura 11.3. Afinidad de los estilos de aprendizaje para el estudio de caso. El gráfico de barras muestra el porcentaje de estudiantes que tienen una tendencia notable hacia los estilos de aprendizaje activo (rojo), reflexivo (verde), teórico (morado) y pragmático (naranja).

En la figura 11.5 se representan los histogramas de las distribuciones de probabilidad para los estilos de aprendizaje. Los parámetros de ajuste se enumeran en la tabla 11.1. Todos ellos están centrados en el valor medio correspondiente, que se ha marcado con una línea punteada vertical junto con su correspondiente intervalo de confianza (área sombreada). El reflexivo es el de menor dispersión, seguido por el teórico y el pragmático. El estilo activo tiene la mayor dispersión, un hecho que se explica por el valor más pequeño en el parámetro k .

Estilo de aprendizaje	α	k
Activo	12.20	3.48
Reflexivo	16.78	6.97
Teórico	14.70	5.48
Pragmático	13.73	5.12

Figura 11.4. Parámetros de las distribuciones de Weibull (12) que se ajustan a las distribuciones de probabilidad (histogramas) que se muestran en la figura 9.44. En todos los casos, $\theta = 0$.

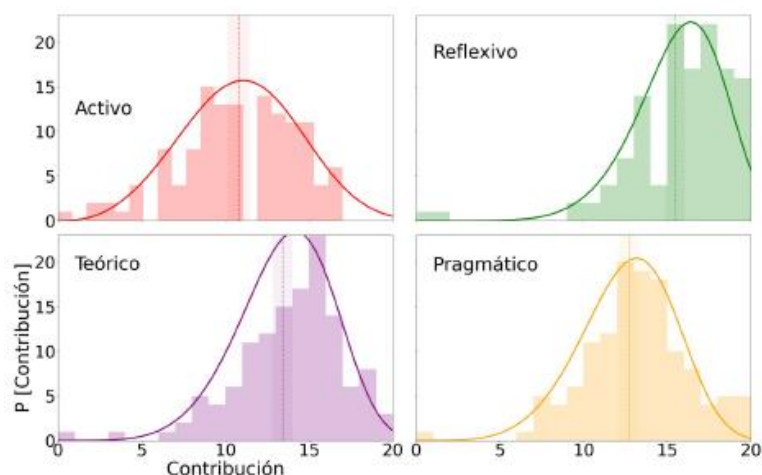


Figura 11.5. Histogramas que muestran las distribuciones de probabilidad para los estilos de aprendizaje activo (rojo), reflexivo (verde), teórico (morado) y pragmático (amarillo). Las líneas continuas muestran las distribuciones de Weibull ajustadas con los parámetros que se muestran en la tabla 5.3. Las líneas punteadas verticales marcan los valores medios, y las áreas sombreadas a su alrededor los correspondientes intervalos de confianza.

11.2.1. Análisis de componentes principales

En la tabla 11.3 se presentan los autovalores de la matriz de covarianza (9) de los estilos de aprendizaje, proporcionando sus valores reales y el porcentaje de la dispersión total que representan dividiéndolos sobre la traza de la matriz de covarianzas los estilos de aprendizaje, que para el caso de estudio es igual a 43,09. El mayor valor representa más del 44% de la dispersión total, mientras que el segundo más grande representa casi el 35%, por lo que a nivel global representan casi el 79%.

En la tabla 11.4 figuran los vectores propios correspondientes, expresados como porcentaje en el conjunto básico original de estilos de aprendizaje. Como se puede ver, el vector propio que apunta en la dirección del componente principal tiene una contribución muy grande del estilo reflexivo (casi el 65%). El vector propio relacionado con componente principal 1 tiene una gran contribución del estilo de aprendizaje teórico (casi el 57%).

Componente principal	λ_i	λ_i (%)	Σ_i (%)
0	19.09	44.3	44.3
1	14.93	34.6	78.9
2	5.64	13.1	92.0
3	3.44	8.0	100.0

Tabla 11.3. Valores propios de los componentes principales de la matriz de covarianzas de estilos de aprendizaje dados por sus correspondientes valores λ_i y como porcentaje de la dispersión total que representan, con $\text{tr}(K)=43,09$. Σ_i (%) da el porcentaje de dispersión total contabilizado por la combinación de los componentes principales con los valores propios λ_j con $j \leq i$. Algunos de los resultados característicos de los dos componentes principales están resaltados en negrita.

Componente principal (CP)	Activo	Reflexivo	Teórico	Pragmático
0	11.7	64.8	11.3	12.1
1	21.0	16.3	56.7	6.0
2	31.6	14.6	11.2	42.6
3	35.6	4.3	20.8	39.2

Tabla 11.4. Estructura de los vectores propios de la matriz de covarianza de estilos de aprendizaje en el conjunto básico de estilos de aprendizaje. Las principales contribuciones de los dos componentes principales están resaltadas en negrita.

La figura 11.6. muestra una visualización 4D de los datos del estudio. El activo, el reflexivo y el pragmático corresponden a los ejes de la trama, mientras que el valor del estilo de aprendizaje teórico se incorpora implícitamente en el tamaño de los puntos y el tono de color. En el gráfico, la estrella muestra la posición de los valores medios, mientras que las líneas de colores que emergen de ella indican las direcciones de los componentes principales. Observe que mientras que la representación 4D de los estilos de aprendizaje no parece mostrar ninguna estructura, como es habitual. En este caso, las proyecciones en los planos cartesianos tampoco muestran ninguna estructura.

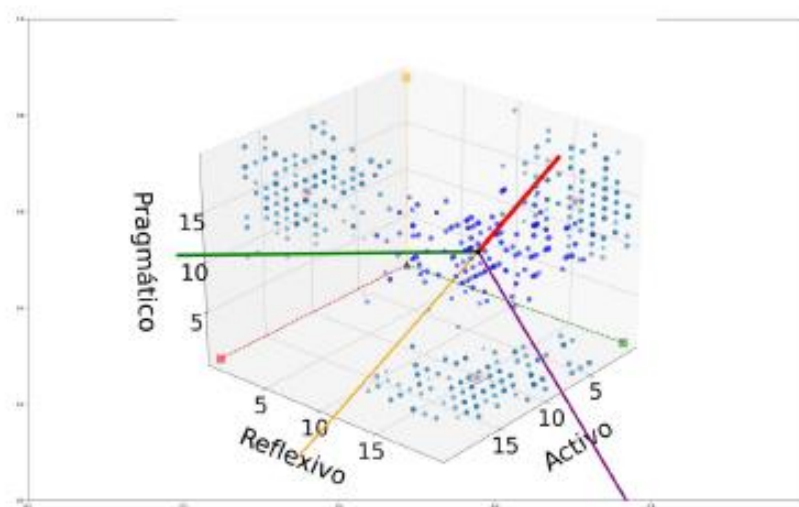


Figura 11.6. Representación cuatridimensional de los estudiantes en el espacio de los estilos de aprendizaje: activo, reflexivo, teórico y pragmático (siendo más grandes y oscuros los puntos con los valores más grandes). Las direcciones principales se muestran como líneas continuas (CP0, rojo; CP1, verde; CP2, morado; CP3, naranja) emergen del centroide, que viene dado por la media del conjunto de datos y se muestra como una estrella negra. La proyección de los puntos y la media promedio se muestran en gris. También se muestra el intervalo de confianza de proyección de la media promedio. El origen, que se define como (0, 0, 0, 0) en el espacio 4D del estilo de aprendizaje, se muestra como un triángulo negro. También se marcan los puntos (20, 0, 0, 0), (0, 20, 0, 0), (0, 0, 20, 0), que corresponden al máximo de los estilos activo (rojo), reflexivo (verde) y teórico (morado).

Debido a las grandes contribuciones de CP0 y CP1 a la dispersión total de los datos, los datos pueden representarse bien en función de estas nuevas coordenadas. La

gráfica correspondiente en función de los componentes principales CP0 y CP1 (gráfica 2D) se puede encontrar en el panel inferior izquierdo de la figura 11.7. Al igual que en la figura anterior, el triángulo da la posición del origen en las coordenadas de los estilos de aprendizaje, los cuadrados de colores marcan la posición del estilo de aprendizaje «puro» máximo (que corresponden a vectores con un componente igual a 20 y el otro 0), y el diamante la posición del estado de aprendizaje «máximo» (20, 20, 20, 20, 20).

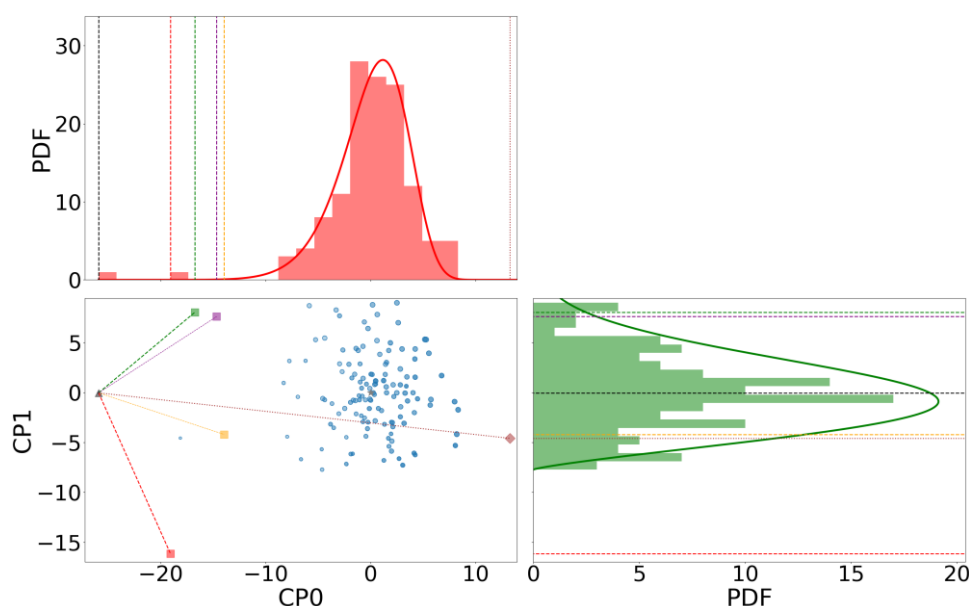


Figura 11.7. La proyección de los estilos de aprendizaje del estudiante representados en la figura 11.5. sobre los dos componentes principales (CP0 y CP1). (Abajo a la izquierda). Los datos rodean la media promedio (estrella gris). Los puntos (20, 0, 0, 0), (0, 20, 0, 0), (0, 0, 20, 0) y (0, 0, 0, 20), que corresponden, respectivamente, al máximo puro de los estilos de aprendizaje activo (rojo), reflexivo (verde), teórico (morado) y pragmático (naranja) en el conjunto de base original también están marcados y unidos con una línea discontinua al origen correspondiente (0, 0, 0, 0) (triángulo negro). También se muestra el punto (20, 20, 20, 20) (diamante marrón). (Arriba izquierda y abajo derecha) Histograma de los datos en función de CP0 (rojo) y CP1 (verde), que se ajustan utilizando una distribución de Weibull con los parámetros enumerados en la tabla 11.5.

En esta figura, los histogramas de los paneles superior y derecho muestran las densidades de probabilidad de las proyecciones en las direcciones principales correspondientes. Las líneas continuas muestran los ajustes utilizando distribuciones de Weibull trasladadas (12). Los parámetros de ajuste correspondientes, que se indican en la tabla 11.5, se han calculado en las distribuciones de probabilidad acumuladas con el parámetro de ubicación θ igual al valor más pequeño de los datos. Como se puede ver, ambos ajustes proporcionan descripciones precisas de los datos. Además, obsérvese, por un lado, que el componente principal CP0 distingue a los estilos de aprendizaje activos y reflexivos sólo de forma moderada, pero el teórico y el pragmático son difícilmente distinguibles. Por otro lado, el componente CP1 no es capaz de distinguir los ITS reflexivos y teóricos, pero estos pares se sitúan en

posiciones muy diferentes a las de los activos y pragmáticos, que también están notablemente separados entre sí.

Componente principal	α	k	θ
0	27.40	9.54	-25.92
1	8.87	2.25	-7.72
2	6.74	3.03	-5.96
3	7.51	4.95	-6.99

Tabla 11.5. Parámetros de las distribuciones de Weibull obtenidos ajustando las distribuciones de probabilidad (histogramas) de la proyección de los estilos de aprendizaje sobre el conjunto de componentes.

11.2.2. Índices de participación

A continuación, con el fin de fortalecer aún más la idea de que los componentes principales proporcionan una descripción adecuada de los datos, se presenta en la figura 11.8 las funciones de distribución de probabilidad de los índices de participación para el conjunto de estilos de aprendizaje original (rojo) y los componentes principales (azul), junto con los ajustes proporcionados por las distribuciones Weibull. Los parámetros de ajuste se enumeran en la tabla 11.6. En primer lugar, se observa que la media promedio para el conjunto de bases original es dos veces mayor que la de los componentes principales (2.95 ± 0.08 vs 1.40 ± 0.10). Además, sus intervalos de confianza no se superponen, lo que indica que la diferencia en sus medias es estadísticamente significativa. Este resultado demuestra que, en promedio, la descripción de cada estudiante requiere la combinación de (aproximadamente) 3 elementos de base originales, es decir, estilos de aprendizaje, pero menos de 2 componentes principales. Por lo tanto, cada estudiante puede caracterizarse utilizando solo dos de los componentes principales. Ni los histogramas de las funciones de distribución de probabilidad ni los ajustes de Weibull son simétricos respecto a las medias promedio. De hecho, mientras que para los componentes principales la mayoría de los índices de participación tienen valores más pequeños que la media promedio (observe que el histograma correspondiente no es simétrico), en el caso de los estilos de aprendizaje la mayoría de los índices de participación tienen valores mayores que las medias correspondientes. En resumen, el conjunto de bases de componentes principales proporciona una descripción más eficiente del espacio vectorial de estilos de aprendizaje.

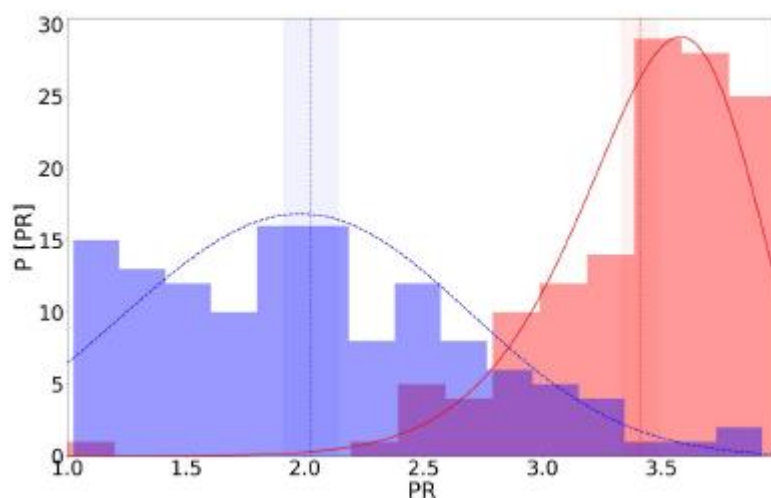


Figura 11.8. Funciones de distribución de probabilidad de índices de participación asociadas al conjunto de estilos de aprendizaje (rojo) y a los componentes principales (azul). Las líneas discontinuas verticales marcan las medias promedio junto con sus correspondientes intervalos de confianza (áreas sombreadas), cuyos valores se pueden encontrar en la tabla 11.6. Las líneas continuas muestran las funciones de ajuste dadas por las distribuciones de Weibull con los parámetros que se muestran en la tabla 11.6.

Componente principal	Media (Incertidumbre)	α	k
Estilos de aprendizaje	3.41 (0.07)	3.62	10.62
Componentes principales	2.03 (0.12)	2.21	3.31

Tabla 11.6. Media promedio e incertidumbre correspondiente (entre paréntesis) de las índices de participación para el conjunto de bases de estilos de aprendizaje y para los componentes principales. α y k son, respectivamente, los parámetros de forma y escala de las distribuciones de Weibull ajustadas y correspondientes a las distribuciones de probabilidad (histogramas). El parámetro $\theta = 0$.

11.3. Discusión

Presentamos CHAEA³S, un software libre fácil de usar para analizar conjuntamente los cuestionarios CHAEA de un número arbitrario de estudiantes para analizar sus estilos de aprendizaje como activos, reflexivos, teóricos o pragmáticos. El objetivo de esta herramienta es ayudar a los profesionales de la enseñanza a caracterizar eficientemente los estilos de aprendizaje de sus estudiantes e identificar tendencias entre ellos. La principal ventaja de CHAEA³S es que los profesores y profesores pueden aplicarlo para analizar un gran número de estudiantes incluso sin conocimientos de programación. Además, la automatización del análisis de datos minimiza los errores en el procesamiento de datos.

Para ello, además de un análisis estadístico clásico de los datos y su representación gráfica en un polígono de cuatro vértices (cada uno correspondiente a uno de los

estilos de aprendizaje), se aplicó un análisis de componentes principales. Este análisis permite la definición de nuevas coordenadas en las que los datos pueden ser representados en un espacio de menor dimensión (menos de cuatro) que todavía retiene, sin embargo, la mayor parte de la información, es decir, la dispersión. Además, permite la observación de patrones ocultos en los datos que no pueden ser reconocidos en las representaciones tradicionales de los estilos de aprendizaje de los estudiantes.

Este enfoque permite caracterizar a los estudiantes con un número reducido de variables (que será una función lineal de los estilos de aprendizaje) y observar posibles agrupaciones de estudiantes en esta nueva representación. Para evaluar la calidad de la representación en los componentes principales, se utilizó el índice de participación, que cuantifica el número necesario de elementos a partir de una base para describir un conjunto de datos. En el caso objeto de estudio, las menores tasas de participación del análisis de componentes principales en comparación con el conjunto de bases originales de la CHAEA implican que los componentes principales proporcionan una descripción más adecuada de los datos

Todos estos cálculos se implementan en CHAEA^{3S} y los resultados se reflejan en el informe de resumen generado. Como caso de estudio, se presentan los resultados obtenidos mediante el análisis de 137 cuestionarios de estudiantes universitarios de primer curso matriculados en el Grado de Ingeniería Agroambiental de la Universidad Politécnica de Madrid.

La primera parte del informe proporcionado por CHAEA^{3S} está dedicada a los parámetros tradicionales, como la relevancia (cuantitativa y cualitativa) de los estilos de aprendizaje para cada estudiante. También se calculan y representan los resultados agregados. En promedio, una tendencia moderada domina entre los estilos de aprendizaje activos, reflexivos y pragmáticos, mientras que una combinación de tendencias altas y muy altas domina entre los teóricos para el estudio de caso. Este hecho también se refleja en el valor de la afinidad, que es mayor para el teórico que para cualquiera de los otros estilos de aprendizaje.

En la segunda parte del informe se presentan los resultados del análisis de componentes. De acuerdo con cálculos de este estudio, los dos componentes principales representan la mayor parte de la dispersión de datos (más del 78% para el estudio de caso). El vector propio que apunta en el componente principal (CP0) tiene una contribución considerable del estilo de aprendizaje reflexivo (casi el 65%), mientras que el vector propio relacionado con el segundo componente principal (CP1) tiene una gran contribución del estilo de aprendizaje teórico (casi el 57%). Otros grupos de estudiantes con características diferentes (como formación académica,

edades, ubicación, etc.) podrían arrojar otros resultados, pero el hecho de que para el caso estudiado los dos componentes principales sean capaces de explicar más del 70% de la dispersión total parece muy prometedor.

Se ha observado que los índices de participación relacionados con el conjunto de bases de los componentes principales son sustancialmente menores que las representadas por el conjunto de bases originales del estilo de aprendizaje. En particular, para el estudio de caso, el valor promedio del índice de participación de los componentes principales fue la mitad de los índices de participación de los estilos de aprendizaje. La interpretación de este resultado es clara: mientras que se necesita, en promedio, la combinación de tres estilos de aprendizaje para describir el estado de un estudiante, solo se requiere que entre uno y dos de los componentes principales representen aproximadamente el mismo estado.

CAPÍTULO XII. LA LOMLOE COMO SISTEMA COMPLEJO

12. La LOMLOE como sistema complejo

El caso de estudio que presentamos en esta sección consiste en estudiar la ley de educación actual en España, Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE, BOE núm. 340, de 30/12/2020), cuyas características generales se han descrito en el apartado 3.11., como un sistema complejo. En particular, vamos a representar la LOMLOE mediante una red o grafo (*Network Literacy: Essential Concepts and Core Ideas – NetSciEd*) que surge de la interacción entre las competencias clave, los descriptores operativos y las competencias específicas de Bachillerato presentes en la LOMLOE.

El sistema educativo español ha adaptado las competencias clave de la Unión Europea a sus principios, metas y objetivos. Según la LOMLOE, las ocho competencias clave que todos los estudiantes deben poseer al completar la educación son:

- Competencia en comunicación lingüística (CCL).
- Competencia plurilingüe (CP).
- Competencia matemática y competencia en ciencia y tecnología (STEM)
- Competencia digital (CD).
- Competencia personal, social y de aprender a aprender (CPSAA)
- Competencia ciudadana (CC).
- Competencia emprendedora (CE).
- Competencia en conciencia y expresión culturales (CCEC).

El aprendizaje basado en competencias es transversal y el perfil de salida del alumno se logra con la participación de todos los aprendizajes. A su vez, cada competencia clave se refuerza en las demás. No existe una competencia más importante que otra, sino que todas se aplican y se desarrollan en las diferentes áreas, ámbitos o materias.

Cada competencia clave se define mediante una serie de descriptores operativos, que describen los logros específicos que se espera el alumnado alcance al final de la etapa educativa previa la enseñanza universitaria o de bachillerato. Los descriptores establecen el vínculo entre las competencias clave y las competencias específicas de cada área, materia o ámbito, pues estas últimas se han elaborado a partir de aquellos.

A su vez, las competencias específicas se asocian con los descriptores operativos. Esta relación facilita la evaluación del grado de adquisición de las competencias clave

definidas en el perfil de salida y, por consiguiente, el cumplimiento de las competencias y objetivos establecidos para la etapa.

Los descriptores operativos, ligados a las competencias específicas, ofrecen un detallado mapa para que los educadores desplieguen el currículo con eficacia, alineando las estrategias de enseñanza con los objetivos educativos esperados.

12.1. Estructura global de la LOMLOE

En la figura 12.1 se muestra una visualización de la red LOMLOE, en la que los nodos pertenecen a cuatro grupos distintos. Las competencias clave se han representado como los nodos de color salmón de la capa superior, de los cuales salen enlaces hacia los descriptores operativos (nodos salmón de la siguiente capa). Las materias están representadas por los nodos morados de la capa inferior, de los cuales surgen enlaces hacia sus competencias específicas (la siguiente capa). Los enlaces entre competencias específicas y descriptores operativos (forman el grueso de la red) están representados en la figura entre las dos capas intermedias (Fernández-Gracia, 2024).

Se define como el grado de un nodo, el número de enlaces que emergen de este. Pues bien, el grado de las competencias clave será el número de descriptores operativos asociados a cada una y está entre 3 y 7, siendo la competencia CPSAA la que tiene el mayor número de descriptores operativo y las CP y CE las que tienen un número más bajo (figura 12.2). El promedio está en $5,0 \pm 1,3$, con un coeficiente de variación de 0,27.

El grado de las materias es el número de competencias específicas asociadas a cada materia (figura 12.2) y varía entre 4 y 10, siendo Lengua Castellana y Literatura la que tiene asociadas un mayor número de competencias específicas y Coro y Técnica Vocal y Cultura Audiovisual las que tienen un grado menor (figura 12.2). Siendo el promedio $6,0 \pm 1,6$, con un coeficiente de variación de 0,25.

Las competencias específicas están asociadas a entre 3 y 11 descriptores operativos (figura 12.2). En promedio cada competencia específica se enlaza con $7,0 \pm 1,5$ descriptores operativos, con un coeficiente de variación de 0,22. La competencia específica que más descriptores operativos trabaja es la competencia específica 5 de la materia de Diseño, y las que menos: competencia específica 3 de Latín y Griego y la 6 de Química.

El número de competencias específicas que trabajan un descriptor operativo varía entre 88 y 11. Siendo los más trabajados por más competencias específicas el 1 y 3 correspondientes a la competencia ciudadana, mientras que el menos trabajado por

competencias específicas es el 4 relativo a la competencia digital (figura 12.2). Cada descriptor operativo es trabajado en promedio por 50 ± 22 competencias específicas, siendo un coeficiente de variación de 0,46.

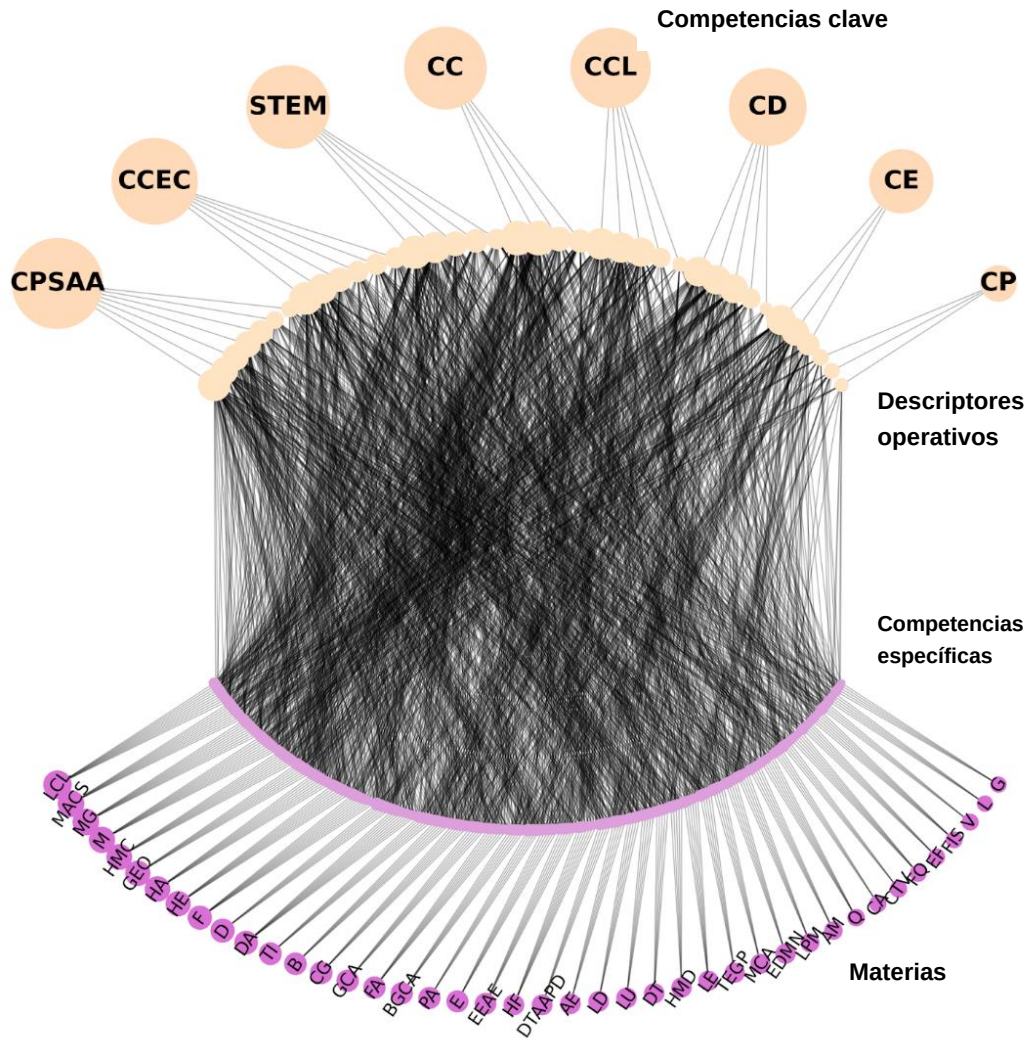
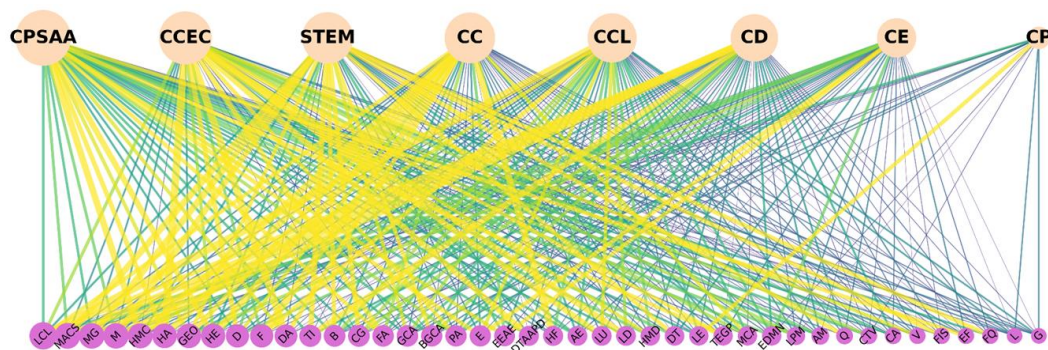


Figura 12.1. Visualización de la LOMLOE como una red formada por nodos de distinto tipo: competencias clave (color salmón, capa superior), descriptoros operativos (color salmón, capa intermedia superior), materias (color lila, capa inferior), competencias específicas (color lila, capa intermedia inferior).

CCL	Competencia clave	Competencia en comunicación lingüística
CP	Competencia clave	Competencia plurilingüe
STEM	Competencia clave	Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería
CD	Competencia clave	Competencia digital
CPSAA	Competencia clave	Competencia personal, social y de aprender a aprender
CC	Competencia clave	Competencia ciudadana
CE	Competencia clave	Competencia emprendedora
CCEC	Competencia clave	Competencia en conciencia y expresión culturales
LCL	Materia	Lengua Castellana y Literatura
F	Materia	Filosofía
HE	Materia	Historia de España
EF	Materia	Educación Física
LE	Materia	Lengua Extranjera
HF	Materia	Historia de la Filosofía
MG	Materia	Matemáticas Generales
EEAE	Materia	Economía, Emprendimiento y Actividad Empresarial
CG	Materia	Ciencias Generales
MCA	Materia	Movimientos Culturales y Artísticos
DA	Materia	Dibujo Artístico
V	Materia	Volumen
CA	Materia	Cultura Audiovisual
PA	Materia	Proyectos Artísticos
DTAAPD	Materia	Dibujo Técnico Aplicado a las Artes Plásticas y al Diseño
TEGP	Materia	Técnicas de Expresión Gráfico-plástica
FA	Materia	Fundamentos Artísticos
D	Materia	Diseño
AM	Materia	Análisis Musical
AE	Materia	Artes Escénicas
CTV	Materia	Coro y Técnica Vocal
LPM	Materia	Lenguaje y Práctica Musical
CA	Materia	Cultura Audiovisual
HMD	Materia	Historia de la Música y de la Danza
LD	Materia	Literatura Dramática
TI	Materia	Tecnología e Ingeniería
EF	Materia	Educación Física
LE	Materia	Lengua Extranjera
B	Materia	Biología
BGCA	Materia	Biología, Geología y Ciencias Ambientales
DT	Materia	Dibujo Técnico
GCA	Materia	Geología y Ciencias Ambientales
FIS	Materia	Física
Q	Materia	Química
L	Materia	Latín
MACS	Materia	Matemáticas Aplicadas a las Ciencias Sociales
G	Materia	Griego
E	Materia	Economía
HMC	Materia	Historia del Mundo Contemporáneo
LU	Materia	Literatura Universal
EDMN	Materia	Empresa y Diseño de Modelos de Negocio
GEO	Materia	Geografía
HA	Materia	Historia del Arte

Tabla 12.1. Acrónimos mostrados en la figura 12.1.



proporción alta, que va del 83% al 100%), siendo el promedio de $87\% \pm 20\%$, con un coeficiente de variación de 0,23 (si se excluye la competencia plurilingüe el promedio es de $94\% \pm 6\%$, con un coeficiente de variación de 0,06).

El grado de las materias varía entre 8 y 5. Las materias que están conectadas a todas las competencias clave son: Matemáticas, Lengua Castellana y Literatura, Biología, Geología y Ciencias Ambientales, Coro y Técnica Vocal, Lenguaje y Práctica Musical, Matemáticas Generales, Ciencias Generales, Latín, Matemáticas Aplicadas a las Ciencias Sociales, Griego y las que están conectadas solamente con 5 son Literatura Universal y Física y Química, mientras que Física trabaja principalmente 6 competencias clave. En promedio, cada materia trabaja $7,0 \pm 0,8$ competencias clave, con un coeficiente de variación de 0,12.

Como hemos indicado, grados pesados determinan el número de caminos que conectan cada competencia clave con cualquier materia. Los valores están entre los 314 caminos directos de la competencia personal, social y de aprender a aprender (CPSAA) y los 50 de la competencia plurilingüe (CP). En promedio cada competencia clave tiene 225 ± 79 caminos directos a materias, con un coeficiente de variación de 0,35.

En cuanto a los grados pesados de las materias, que determinan el número de caminos directos que unen las materias con competencias clave, sus valores están entre 75 para Lengua Castellana y Literatura y 24 para Latín y Griego, siendo el promedio de 43 ± 13 con un coeficiente de variación de 0,31.

Se observa que la uniformidad aparente en los grados se transforma en heterogeneidad cuando se consideran los pesos asignados. Esto conlleva a la formación de una jerarquía de competencias clave, donde algunas son abordadas con mayor énfasis que otras. Además, surge una jerarquía de materias, cada una de las cuales aborda las competencias clave con menor intensidad que la anterior.

A la vista de los resultados podemos dar respuesta a la pregunta con la que hemos comenzado este apartado:

- La competencia plurilingüe es la que menos se trabaja teniendo en cuenta el conjunto de todas las materias, tanto en grado como en grado pesado, y la competencia personal, social y de aprender a aprender es la que mejor se puede trabajar si se impartieran todas las materias.
- Las materias muestran alta heterogeneidad en relación a cómo trabajan las competencias clave, siendo la materia más generalista Lengua Castellana y Literatura, y las más especialistas, Griego y Latín.

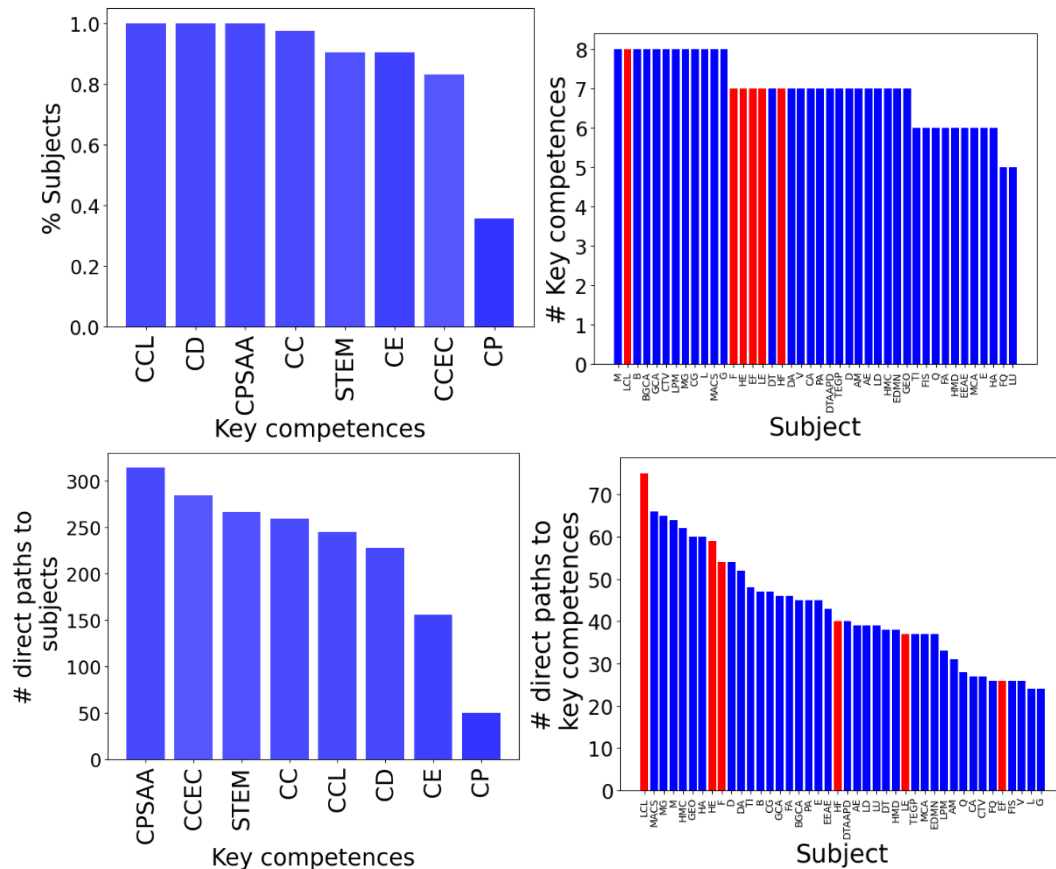


Figura 12.4. Propiedades topológicas de la proyección bipartita de la red sobre competencias clave y materias de la LOMLOE.

Según el informe de la empresa *Education First* (<https://www.ef.com.es/epi/>) del 19 de marzo de 2024, encargada de hacer cada año el *English Proficiency Index* (EPI), con los resultados de los test hechos a 2,2 millones de personas no nativas de inglés de 133 países y regiones, el nivel de inglés de los jóvenes españoles se ha estancado desde 2015 en un nivel medio, no mejora. A la vista de nuestros resultados, que la competencia plurilingüe sea la que menos se trabaje puede ser una de las causas.

CAPÍTULO XIII. CONCLUSIONES

13. Conclusiones

Esta tesis doctoral aborda el estudio de la enseñanza de la física como un sistema complejo en el que intervienen muchos factores. En particular, de entre la gran variedad existente, la investigación realizada se ha enfocado en los siguientes: la identificación de ideas previas en la edad adulta, la descripción de metodologías didácticas en el aula, la exploración de la relación entre estilos de aprendizaje y rendimiento académico, el análisis de la LOMLOE mediante herramientas de redes complejas y la evaluación del impacto de la enseñanza en línea en la comprensión de conceptos de física general.

De los estudios realizados se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Se ha detectado presencia de ideas previas en los alumnos de primer curso universitario, así como en los alumnos del Máster de Formación del Profesorado. Salvo algunas pequeñas desviaciones, en general, las respuestas de los alumnos del máster fueron mejores como era de esperar tras completar una carrera universitaria. Sin embargo, estos alumnos aún muestran algunas ideas previas, siendo las más destacadas las relacionadas con el principio de Bernoulli y el efecto Magnus, lo que refleja la persistencia de las ideas previas.
2. No se ha observado ninguna correlación entre los aciertos de los cuestionarios sobre ideas previas y la nota de acceso a la universidad, lo que revela que tener altas calificaciones no supone poseer menos ideas previas.
3. Las ideas previas más comunes sobre el concepto fuerza en las que más han incurrido los alumnos de primer curso de universidad, fueron:
 - Confusión entre el concepto de velocidad y el de aceleración.
 - Inercia por efecto del golpe.
 - A mayor masa, mayor fuerza ejercida por un objeto.
 - El movimiento se produce siempre cuando la fuerza que actúa es mayor que la resistencia.
 - Un objeto lleva siempre la misma dirección que la fuerza que actúa.
 - En el espacio no hay gravedad.
 - Para que haya movimiento tiene que existir fuerzas.
 - El movimiento viene determinado por una combinación de fuerzas.
 - La fuerza de rozamiento es siempre mayor que la fuerza normal.

- Para que un cuerpo se mueva a velocidad constante es necesario la ausencia de fuerzas.
4. Las ideas previas más comunes sobre termodinámica y fluidos han sido:
- Los fluidos aumentan su presión al circular por los tramos de tubería más estrechos.
 - Desconocimiento del efecto Magnus.
 - La temperatura de ebullición del agua depende de su volumen.
 - La temperatura de los objetos situados en una habitación es función del material de construcción.
 - Confusión sobre el concepto de temperatura.
 - Las burbujas que se forman en el agua al hervir son de aire u oxígeno.
 - El calor es la cantidad de energía que tiene un cuerpo.
 - El hielo siempre está a 0°C
5. Las ideas previas más comunes sobre cinemática, movimiento de rotación y sólido rígido han sido:
- Un cambio en el momento de inercia no afecta a la velocidad angular del objeto que gira.
 - Confusión entre velocidad angular y lineal.
 - El centro de gravedad de una esfera sólida coincide con el centro geométrico.
 - El centro de gravedad de una superficie está contenido en ella.
 - La aceleración de un objeto que rueda sin deslizar sobre un plano inclinado depende de su masa.
 - El centro de gravedad de una esfera sólida coincide con el centro geométrico.
6. Los resultados de este trabajo indican que no existe un estilo de aprendizaje que sea menos propenso de poseer ideas previas.
7. Se ha investigado si la enseñanza en línea con una metodología adecuada de interacción contribuye en la mejora de aprendizaje de los alumnos. Tras el análisis e interpretación de los datos de este estudio, se deduce que la enseñanza en línea es una herramienta efectiva para mejorar el aprendizaje de los alumnos, facilitando la asimilación de los conceptos impartidos durante el curso académico.

8. Las prácticas de laboratorio contribuyen a modificar los errores conceptuales presentes al inicio del curso, siendo un recurso útil para modificar las ideas previas.
9. El software libre CHAEA³S, utilizado para evaluar las tendencias a los distintos estilos de aprendizaje, es muy útil para analizar un gran número de estudiantes incluso sin conocimientos de programación. Con la ayuda de este instrumento se ha realizado un estudio sobre los estilos de aprendizaje presentes en un grupo de alumnos de primer curso universitario. La tendencia para el estilo de aprendizaje teórico fue alta para este grupo y moderadas las tendencias hacia los estilos reflexivo, activo y pragmático.
10. Se ha utilizado la teoría de redes complejas para estudiar la relación entre las competencias clave, los descriptores operativos, las competencias específicas y las materias de Bachillerato presentes en la LOMLOE y analizar si todas las competencias clave trabajan el currículo por igual. Se demostró que la competencia plurilingüe es la que menos se trabaja y la competencia personal, social y de aprender a aprender es la que mejor se puede trabajar si se impartieran todas las materias.

La materia en la que se trabaja las competencias clave de una forma más transversal es Lengua Castellana y Literatura, y las que resultaron ser más especialistas: Griego y Latín. La materia de Física se encuentra entre las especialistas y se trabaja en un porcentaje inferior con respecto a otras materias.

Referencias

- Aaronson, D., Barrow, L. y Sander, W (2007). *Teachers and student achievement in the Chicago public high schools*. *Journal of Labor Economics* 25(1), 95-135. <https://doi.org/10.1086/508733>
- Aballay, L., Aciar, S., González, C., y Collazos, C. (2016). *Método de medición de la percepción de los usuarios sobre los sistemas E-Learning de los Centros e Instituciones Educativas*. *International Journal of Information Systems and Software Engineering for Big Companies (IJISEBC)*, 3(1), 28-42.
- Ablanque, J.; Revuelta, F.; Losada, J.C. y Benito, R.M. *Persistence of Conceptual Errors in First-Year University Physics Course and Its Possible Relationship with Learning Styles*. *Educ. Sci.* 2024, 14, 401. <https://doi.org/10.3390/educsci14040401>
- Ablanque Ramírez, J., Benito Zafrilla, R. M., Losada González, J. C. y Seidel Gómez de Quero, L. (2010). *Laboratorio de física con soporte interactivo en Moodle*. Pearson. ISBN: 9788483229743.
- Ablanque, J.; Benito, R. M.; Losada, J.C.; Arranz, F.J.; Seidel, L.; Cámara, M.E. y Borondo, F. (2008). *Laboratorio Virtual de Física en e-learning*. *Relada 2*, 3: pp. 131-136.
- Ablanque, J., Benito, R.M., Losada, J. C. y Seidel, L. (2009). Evaluación de competencias en la asignatura Laboratorio Virtual de Física. 3. *Relada 3 (2)*: 110-117, 2009.ISSN: 1988-5822.
- Ablanque, J., Gabaldón, V., Almendros, P. Losada, J. C., Benito, R. M. y Revuelta, F. (2024). Enviado.
- Agama-Sarabia, A., y Crespo-Knopfler, S. (2016). *Modelo constructivista y tradicional: Influencia sobre el aprendizaje, estructuración del conocimiento y motivación en alumnos de enfermería*. *Index de enfermería/Primer-segundo trimestre*, vol.25, n.1-2
- Ahmar, A. S., Rahman, A. y Mulbar, U. (2018). *The analysis of students' logical thinking ability and adversity quotient, and it is Reviewed from Cognitive Style*. *Journal of Physics: Conference Series* 1028(1), 012167 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1028/1/012167>
- Ajayi, L. (2011). *How ESL teachers' sociocultural identities mediate their teacher role identities in a diverse urban school setting*. *The Urban Review* 43, 654–680 <https://doi.org/10.1007/s11256-010-0161-y>
- Albert, J.S.C., y León, G.F. (2005). *El estudio de los estilos de aprendizaje desde una perspectiva vigostkiana: una aproximación conceptual*. *Revista Iberoamericana de educación*, 37 (1), 1–10.
- Alexandru M., y Chandralekha S. (2016). *Teaching assistants' performance at identifying common introductory student difficulties in mechanics revealed by the Force Concept Inventory*. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 12, 010131 – Published 23. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010131>
- Alonso, C. M., Gallego, D. J. y Honey, P. (2007). *Los estilos de aprendizaje. Procedimiento de diagnóstico y mejora*. 7th edn. Ediciones Mensajero, S. A. U., Bilbao.

- Alonso, C., y Gallego, D. (2000). *Cuestionario Honey-Alonso de estilos de aprendizaje CHAEA*.
- Argyris, C. y Schön, D. (1978). *Organizational Learning. A theory of action perspective*. Addison-Wesley, Reading-Massachusetts.
- Ariza, M. R. y Quesada, A. (2014). *Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias*. Enseñanza de las Ciencias, 32 (1), pp. 101-115.
- Arnaldos García, F., Faura Martínez, U., Lafuente Lechuga, M., López Hernández, F. A., Pérez Silva, M. y Ruiz Marín, M. (2015). *Frecuencia de uso de las plataformas virtuales de enseñanza. Una comparación Moodle versus Sakai en los estudios de perfil económico*. Revista de Investigación en Educación, n.º 13 (1), 2015, pp. 69-87.
- Artamónova, I., Mosquera-Mosquera, J. C. y Mosquera-Artamónov, J. D. (2017). *Aplicación de force concept inventory en América Latina para la evaluación de la comprensión de los conceptos básicos de mecánica a nivel universitario*. Revista Educación en Ingeniería 12 (23) 56-63.
- Ascencio Pérez, L. M. de los Ángeles y Delgado Gonzaga, J. (2021). *Ideas previas sobre modelos atómicos en estudiantes de educación media superior*. Revista Electrónica Sobre Educación Media Y Superior, 8(16). Recuperado a partir de <https://www.cemys.org.mx/index.php/CEMYS/article/view/309>
- Astin, A. W. (1993). *Diversity and multiculturalism on the campus: How are students affected?* Change: The Magazine of Higher Learning, 25(2), 44-49.
- Astolfi, J.P. (1997). *Aprender en la escuela*. Dolmen Estudio.
- Astudillo, H. F., Navarrete, M. A, Jara, C., I. y Faúndez, C.A. (2015). *Evidencia de Auto Aprendizaje como Manifestación de un Comportamiento Colectivo Espontáneo en el Aula*. Formación universitaria, 8(1), 43-50.
- Backhoff, E., Larrazolo, N. y Rosas, M. (2000). *Nivel de dificultad y poder de discriminación del Examen de Habilidades y Conocimientos Básicos (EXHCOBA)*. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 2 (1).
- Ballesteros, A. F., y Pastrana, M. R. (2023). *Las ideas previas y el aprendizaje de la química en ciclos formativos*. Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (III), 77.
- Bañas, C., Mellado, V. y Ruiz, C. (2003). *Las ideas alternativas del alumnado de primer ciclo de educación secundaria obligatoria sobre la conservación de la energía, el calor y la temperatura*.
<http://www.redined.mec.es/oai/indexg.php?registro=009200430057>.
- Barabasi, A.L. (2009). *Scale -free networks: A decade and Beyond*. Science, 325
- Barabási, A. L. (2022). *Network science*. Cambridge University Press,
- Barniol, P., Campos, E., y Zavala, G. (2018). *La prueba conceptual de electricidad y magnetismo: análisis de confiabilidad y estudio de las dificultades más frecuentes*. Enseñanza de las ciencias, 36(2), 167-192.
- Battaglia, O. R., Di Paola, B., Fazio, C., Pizzolato, N. y Adorno, D. P (2018). *A quantitative analysis of university student reasoning lines in the field of thermally*

- activated phenomena*. Journal of Physics: Conference Series, 1076(1), 012019.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1076/1/012019>
- Barbosa, L. H. (2013). *Construcción, validación y calibración de un instrumento de medida del aprendizaje: test de ley de Bernoulli*. Educación en ingeniería Vol. 8, N°. 15, pp. 24-37.
- Baylor A. L. y Ritchie D (2002). *What factors facilitate teacher skill, teacher morale, and perceived student learning in technology-using classrooms?*. Computers & Education 39(4), 4395-414 .[https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(02\)00075-1](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(02)00075-1)
- Benito, R. M., Losada, J. C., Ablanque, J. y Sanz, A. (2002). *Prácticas de Laboratorio de Física*. Barcelona. Editorial Ariel.
- Benito, R. M., y Ablanque, J. (2007). *Laboratorio Virtual de Física*. XXXI. Reunión Bienal de Real Sociedad Española de Física. p. 149
- Birenbaum, M. (1997). Assessment preferences and their relationship to learning strategies and orientations. Higher Education 33, 71–84.
<https://doi.org/10.1023/A:1002985613176> .
- Bonk y R. Graham (2005), *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs*. Pfeiffer.
- Bou-Sospedra, C., Huertas González-Serrano M., Alguacil Jiménez y M. (2021). *Estudio de los estilos de enseñanza-aprendizaje desde la perspectiva de los tres agentes educativos: alumnos, docentes y familiares*. Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726.
- Bracikowski, C., Garcia, P.J. y Harper, D.J. (1998). *Getting the feel for vector addition of forces*. The Physics Teacher, 36, p. 114.
- Briggs, K. C. y Myers, I. B. (1998). *Myers-Briggs.Type Indicator*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto.
- Brookfield, S. D (2006). *The skillful teacher: On technique, trust, and responsiveness in the classroom*. 2nd edn. Jossey-Bass, San Francisco.
- Bruce, J. y Marsha, W. (1985). *Modelos de enseñanza*. Madrid. Anaya.
- Calvo, I., Zuleta, E., Gangoiti, U. y López, J.M. (2008). *Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas*. Ikastorratza. Revista electrónica de Didáctica. ISSN-e 1988-5911, N°.3, 2008,
- Camarero Suárez, F., Martín del Buey, F., Herrero Diez, J. (2000). *Estilos y estrategias de aprendizaje en estudiantes universitarios*. Psicothema 12(4), 615-622 . <https://www.psicothema.com/pdf/380.pdf>
- Camarero Suarez, F.J., Martín del Buey, F. y Herrero Diez, J. (2000). *Estilos y estrategias de aprendizaje en estudiantes universitarios*. Psicothema,12(4).
- Campanario, J.M. y Otero, J.C. (2000). *Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias*. Enseñanza de las ciencias, 18(2), pp. 155-169.
- Campanario, J.M., Moya, A. y Otero, J.C. (2001). *Invocaciones y usos inadecuados de la ciencia en la publicidad*. Enseñanza de las ciencias, 19(1), pp. 45-46.

- Cancino, O. (2024). *Blog de la prof de Français: espacio para intercambiar con los estudiantes*. <https://oticar.wordpress.com/estilos-de-aprendizaje/>
- Canessa, E.; Riolo, R. (2006). *An agent-based model of the impact of computer-mediated communication on organizational culture and performance: an example of the application of complex systems analysis tools to the study of CIS*. *Journal of Information Technology*, v. 21, p. 272-283.
- Cañadas, A.V. (2017). *La influencia de los estilos de aprendizaje en la asignatura de Dibujo Técnico I*. ICE.
- Cañal, P. y Porlan, R (1987). *Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo*. *Enseñanza de las ciencias*, 5 (2), 89-96.
- Cárdenas Villalobos, Juan Pablo, (2009). Tesis Doctoral: *Modelo de redes complejas mediante enlace compatible : aplicación a sistemas reales*. Universidad Politécnica de Madrid. <https://oa.upm.es/2026/>
- Cardozo, L. A., Moreno-Jiménez., J, Rodrigues-Bezerra., D, Beltrán-Ahumada., C, Molano-Sotelo., E, y Borrero-Ovalle, F. (2021). *Propiedades psicométricas del cuestionario de estilos de aprendizaje «CHAEA-36» en estudiantes universitarios*. *Estudios Sobre Educacion*, 40 (1), 75–101. <https://doi.org/10.15581/004.40.75-101>
- Carey, S. y Spelke, E. (1994). *Domain-specific knowledge and conceptual change*. Hirschfeld L, Gelman S *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*. Cambridge, UK: Cambridge University Press; pp. 169-200.
- Carrascosa, J. (2005). *El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que las originan y/o mantienen*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), pp. 183-208.
- Carrascosa, J., Fernández, I., Gil, D. y Orozco, A (1989). *Diferencias en la evolución de las preconcepciones científicas: un instrumento para la comprensión de su origen*. *Enseñanza de las ciencias* Número extra.
- Castañón, A. M., Palencia, Fernández-Raga, M., y Gómez Fernández, F. (2018). *Estudio comparativo entre estudiantes de Ingeniería de la Universidad de León mediante el test Force Concept Inventory*. 26 Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas
- Castrillo, C. y Albuérne, R.F. (2001). *Rendimiento académico y estilos de aprendizaje en alumnos de segundo de bachillerato LOGSE*. *Aula Abierta* (77), 77–84.
- César Mora, C. y Herrera, D. (2009). *Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza*. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol.3, No. 1.
- Chamizo, J. A., Sosa, P. y Zepeda, S. (2005). *Análisis de las ideas previas de la química*, *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, VII Congreso, 1-5.
- Chi, M. (1992). *Conceptual change within and across ontological categories: examples from learning and discovery in science*. R.N. Giere (ed.), *Cognitive Models in Science*. Minnesota University of Minnesota Press.
- Childs-Kean, L., Edwards, M. y Douglass Smith, M. (2020). *Use of learning style frameworks in health science education*. *American Journal of Pharmaceutical Education* 84(7), 919-927. <https://doi.org/10.5688/ajpe7885>

- Chin, C. y Brown, D.E. (2000). Learning in science: A comparison of deep and surface approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, No. 2, Vol. 37, pp. 109-38
- Clement, J. (1982). *Students' preconceptions in introductory mechanics*, *American Journal of Physics* 50, 66-71.
- Clough, E. E. y Driver, R. (1986). *A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts*, *Science Education* 70, 473 . <https://doi.org/10.1002/sce.3730700412>
- Coffield, F., Moseley, D., Hall, E. y Ecclestone, K. (2004). *Learning styles and pedagogy in post-16 learning. A systematic and critical review*. Learning and Skills Research Centre, London.
- Cooper, L., Fry y K. F. (2020). *The Relationship between classroom environment and student course attrition and perceptions of engagement*. *Journal of Learning Spaces* 9(2), 93-102. <https://libjournal.uncg.edu/jls/article/view/1978/1480>
- Covián y Celemín (2008). *Diez años de evaluación de la enseñanza-aprendizaje de la mecánica de newton en escuelas de ingeniería españolas. Rendimiento académico y presencia de preconceptos*. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(1).
- Cruz Sánchez, T. H., Gomero Mancesidor, J. M. Jamanca Gonzales, N. C. y Tosso Pineda Gomero L. H. (2022). *Relación de preferencias en estilos de aprendizaje con el rendimiento académico de los estudiantes universitarios de ingeniería*. *Alpha Centauri*, 3 (1), 02–14. <https://doi.org/10.47422/ac.v3i1.70>
- Damián Rodríguez, A. (2020): "Ciencia y corrientes epistemológicas: una breve revisión para el estudio", *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*.
- Davis,B. (2009). *Tools for teaching Jossey-bass higher and adult education series* (Second ed.). John Wiley & Sons, 2009.
- De Posada, J. M. (2000). *El estudio didáctico de las ideas previas*. En P. Palacios y Cañal de León, *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias, (Alcoy, Marfil, 2000).
- Delval, J. (2000): *Aprender en la vida y en la escuela*. Madrid. Morata.
- Díaz Rojas P.A. y Leyva Sánchez, E. (2013). *Metodología para determinar la calidad de los instrumentos de evaluación*. *Educación Médica Superior*;27(2):269-286.
- Díaz-Barriga, F. y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo, una interpretación constructivista* . McGraw-Hill,.
- Díaz-Serrano, J., Alfageme-González, M.B., y Cutanda-López, M.T.(2022). *Interacción del rendimiento académico con los estilos de aprendizaje y de enseñanza*. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 25 (1), 145–160.
- Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B., y Beichner, R. (2006). *Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: BEMA* . *Phys. Review Special Topics-Physics Educ. Research*, 2, 0101051- 0101057.
- Driscoll, M.P. (2000). *Psychology of learning for instruction*. Boston, MA: Allyn & Bacon.

- Driver R.(1989). *Students' conceptions and the learning of science*, Int. J. Sci., Educ. 11, 481
- Driver, R (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), pp. 109-120.
- Driver, R. (1986). *Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos*. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), pp. 3-15.
- Driver, R., y Easley, J. (1978). *Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students*. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Driver, R., Guesne, E., y Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in Science*. Glasgow: Open University Press. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Ed. Morata M.E.C.
- Driver, R., Squires, P. y Wood-Robinson, V. (1999). *Dando sentido a la ciencia secundaria*. Visor. Madrid.
- Dunn, R., y Dunn, K. (1978). *Teaching students through their individual learning styles*. Editor Reston Publishing Company, Reston.
- Dunn, R., Dunn, K. y Price, G. (1979). *Learning Style Inventory (LSI) for students in grade 3-12*. Price System, Lawrence, Kansas.
- Duque, L., Jiménez, S. y Cuerva, J. (1996). *Análisis de las prácticas de laboratorio realizadas en Institutos de Enseñanza Secundaria*. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, nº.10, p. 3-9.
- Ebel, R.L. y Frisbie, D.A. (1986). *Essentials of Education Measurement*. Englewood Cliffs. Prentice Hall.
- Engelhardt, P., y Beichner, R. (2004). *Students understanding of direct current resistive electrical circuits* . *Am. J. Phys.* 72, 98 -115.
- Entwistle, N. J. (1998). *Styles of learning and teaching. An integrated outline of educational psychology for students, teachers and lecturers*. David Fulton Publishers, London: <https://doi.org/10.4324/9781315067506>
- Esguerra Pérez, G., y Guerrero Ospina, P.(2010). *Estilos de aprendizaje y rendimiento académico en estudiantes de psicología*. *Diversitas: Perspectivas en psicología*, 6 (1), 97–109.
- Espinosa-Ríos, Edgar Andrés, González-López, Karen Dayana, Hernández-Ramírez y Lizeth Tatiana (2016). *Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar*. *Entramado*, vol. 12, núm. 1, pp. 266-281
- Estebarez, A. (1999). *Didáctica e innovación curricular*. Sevilla, Universidad de Sevilla. Noviciado de publicaciones.
- Esteve, J. M. (2004). *La formación del profesorado para una educación intercultural*. *Bordón*, 56 (1), pp. 95-115.
- Estrada García, A. (2018). *Estilos de aprendizaje y rendimiento académico*. *Revista Boletín Redipe*, 7(7), 218–228 .
<https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/536>

- Evans, D., Gray, G., Krause, S., y Martin, J. (2003). *Progress on concept inventory assessment tools*. In Proceedings of the FIE conference, IL. Champaign: Stipes Publishing L.L.C.
- Fernández César, R. (2014). *Incorporación de simulaciones en el laboratorio de Química general: influencia en el dominio afectivo del aprendizaje*. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, nº28, p. 197-219.
- Fernández-Jiménez, M. A., Tójar-Hurtado, J. C., y Mena-Rodríguez, E. (2013). *Evaluación de buenas prácticas de tutorización e-learning. Funciones del teletutor y su papel en la formación*. Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación, 43, 85-98.
- Fernández-Jiménez, M. A., Mena-Rodríguez, E. y Tójar-Hurtado, J. C. (2017). *Funciones de la tutoría en e-learning: Estudio mixto de los roles del tutor online*. RIE, 2017, 35(2), 409-426.
- Fernández-Gracia, J. Ablanque, J., Benito, R. M. (2024). *Secondary education curriculum as a multilayer network*. 2nd Meeting of the spanish chapter of the complex systems society | CS3. Barcelona 22-23 Feb 2024.
- Fleming, N. D. (2001). *Teaching and learning styles: VARK strategies*. Neil Fleming, Christchurch, New Zeland.
- Fleming, N. D., Mills, C. (1992). Not another inventory, rather a catalyst for reflection. *To Improve the Academy*, 246.
<http://dx.doi.org/10.3998/tia.17063888.0011.014>
- Fredette, N. y Lochhead, J. (1981). *Student conceptions of simple circuits*, Phys. Teacher 18, 194.
- Fundesco (1998): *Teleformación. Un paso más en el camino de la Formación continua*. Madrid: Fundesco.
- Furió, C. y Guisasola, J. (2001). *La enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada*. Enseñanza de las Ciencias, 19(2), pp. 319-334.
- Furió, C., Solbes, J. y Carrascosa, J. (2006). *Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación*. Revista Alambique, 48, 64-77.
- Gallego, D. J. y Alonso García, C. M. (2008). *Estilos de aprender en el siglo XXI*. Revista de Estilos de Aprendizaje 2(1), 23-34.
<https://doi.org/10.55777/rea.v1i2.848>
- Gallegos, E.N.R. (2017). *Los estilos de aprendizaje y el rendimiento académico en estudiantes de cuarto semestre de bachillerato*. Revista de Estilos de Aprendizaje, 10 (20).
- García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona, Gedisa, 200 pp. ISBN 94-9784-164-6.
- García Cué, J. L., Santizo Rincón, J. A. y Alonso García, C. M. (2009). *Instrumentos de medición de estilos de aprendizaje*. Revista de Estilos de Aprendizaje, 2 (4)
<https://doi.org/10.55777/rea.v2i4.886>

- García Linares. R.M. (2010). *La educación como sistema social complejo: una aproximación metodológica para trabajar en centros educativos en entornos sociales problemáticos con fracaso escolar*. Temas para la educación. Revista digital para profesionales para la enseñanza nº9.
- García Pérez, F. F (2005): *El sentido de la educación como referente básico de la didáctica*, Investigación en la Escuela, 55, pp. 7-27.
- García Pérez, F.F. (2000). *Los Modelos didácticos como instrumento de análisis y de intervención en la realidad educativa*. Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales Universidad de Barcelona [ISSN 1138-9796] Nº 207
- García Teske, E. (2007). *El abandono en cursos de e-learning: algunos aprendizajes para nuevas propuestas*. Revista Iberoamericana de Educación, 44(3), 1-16.
- García, F.C., y Justicia, F.J.(1993). *Factores académicos, estrategias y estilos de aprendizaje*. Revista de psicología general y aplicada. Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología, 46 (1), 89–99.
- García, R. y Sánchez, D (2009). *La enseñanza de conceptos físicos en secundaria: diseños de secuencias didácticas que incorporan diversos tipos de actividades*. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 3, No. 1, Jan. 2009.
- García, y Estrada, A. (2018). *Estilos de aprendizaje y rendimiento académico*. Revista Boletín Redipe, 7 (7), 218–228.
- García-Arango, D., Villareal-Fernández, J., Cuéllar-Rojas, O., Echeverri-Gutiérrez, C., Henao-Villa, C., y Botero-Grisales, M. (2020). *Estilos de aprendizaje en docentes universitarios: evaluación de la relación entre percepción y uso de TIC en entornos educativos*. RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao, 2020 (E29), 406–420. <https://bit.ly/3Q74N0V>
- García-Gómez, S., y Gil Flores, J. (2022). *Teachers and innovative approaches in Spanish secondary education schools*. Education Policy Analysis Archives, 30, (167). <https://doi.org/10.14507/epaa.30.7419>
- Gentry, J.A., y Helgesen, M.G. (1998). *Using learning style information to improve the core financial management course*. Financial Practice and Education.
- Ghazivakili, Z., Norouzi Nia, R., Panahi, F., Karimi, M., Gholsorkhi, H. y Ahmadi, Z. (2014). *The role of critical thinking skills and learning styles of university students in their academic performance*. J. Adv. Med. Educ. Prof. 2(3), 95-102. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4235550/>
- Gil Pérez, D.; Furió-Mas, C., Valdés Castro, P., Salinas, J., Martínez Torregrosa, J., Guisasola Aranzabal, J., González, E. M., Dumas-Carré, A., Goffard, M. y Pessoa de Carvalho, A M.. *¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?*. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 1999, Vol. 17, n.º 2, pp. 311-320, <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21581>. Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias 1, 26.

- Gil, D. (1993). *Enseñanza de las ciencias y la matemática : tendencias e innovaciones*. OEI, Ed. Popular Madrid.
- Gil, D., Vulches, A., Fernández, I., Cachapuz, A., Praia, J., Valdés, P. y Salinas, J (2005). *Technology as Applied Science: a Serious Misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science*. Science & Education, n. 14, pp. 309-320. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-004-7935-0>
- Gil, D.J.G., y Luna, A.N. (2008). *Los estilos de aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas*. Revista Complutense de Educación, 19 (1), 95–112.
- Giordan, A. (1982) *La enseñanza de las ciencias*. Siglo XXI, Madrid.
- Giraldo,A. Darío, J. y Garcia, G.(2010). *Aprendizaje significativo a partir de prácticas de laboratorio de precisión*. Latin-American Journal Of Physics Education. Jan, 2010. vol. 4, no. 1, p. 149-152.
- Gómez de Terreros Sánchez, I. (1998). *Análisis evaluativo de calidad de la prueba objetiva tipo test (preguntas de elección múltiple)*. Revista de Enseñanza Universitaria, 13, 105-115.
- González - Pienda, J.A. (2003). *El rendimiento escolar. Un análisis de las variables que lo condicionan*. Revista galego-portuguesa de psicoloxía e educación, 9 , 247-258.
- González Medina, A.A. (2017). *Cuarenta años de cambios educativos en España*. eXtoikos. Nº 20.
- González-Pienda, J. A. (2003). *El rendimiento escolar. Un análisis de las variables que lo condicionan*. Revista Galego-Portuguesa de Psicoloxía E Educación Magazine, 8, 247-258.
- Graham, C. R. (2006). *Blended learning systems: Definition, current trends, and future directions*. Handbook of blended learning: Global perspectives, local designs (pp.3-21).Publisher: Pfeiffer Publishing Editors: Curtis J. Bonk, Charles R. Graham.
- Grasha, A., F. y Riechmann, S. W. (1975). *Student Learning Styles Questionnaire*. Cincinatti, OH: University of Cincinatti, Faculty Resource Center.
- Greca, I. M., y Moreira, M. A. (1997). *The kinds of mental representations -models, propositions and images- used by college physics students regarding the concept of field*. International Journal of Science Education 6, 711-724. <https://doi.org/10.1080/0950069970190607>
- Gumasing, M. J. J. y Castro, F. M. F (2023). *Determining ergonomic appraisal factors affecting the learning motivation and academic performance of students during online classes*. Sustainability, 15, 1970. <https://doi.org/10.3390/su15031970>
- Hake, R. (1998). *Interactive-engagement vs. Traditional methods: a six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*. American Journal of Physics, 66, pp. 64-74.
- Halloun, I. A. y Hestenes, D. (1985). *Common sense concepts about motion*, American Journal of Physics 53, 465-467

- Hames, E. y Baker, M. (2015) *A study of the relationship between learning styles and cognitive abilities in engineering students*. European Journal of Engineering Education, 40(2), 167-185. <https://doi.org/10.1080/03043797.2014.941338>
- Harres, J. B. S. (2005). *La física de la fuerza impresa como referente para la evolución de las ideas de los alumnos*. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra, VII Congreso, 1-5
- Harris, D. y Williams, J. (2012). *The association of classroom interactions, year group and social class*. British Educational Research Journal 38(3), 373-397. <http://www.jstor.org/stable/23211454>
- Harris, J., Mishra, P. y Koehler, M. (2009). *Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types*. Journal of Research on Technology in Education 41(4), 393-416. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782536>
- Hattie, J. A. C. (2009). *Visible Learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. 1st edn. Routledge, Oxon.
- Henderson, C. (2002). *Common concerns about the Force Concept Inventory*. The Physics Teacher, 40, pp. 542-547.
- Hennessy, S., Wishart, J., Whitelock, D., Deane, R., Brawn, R., Velle, L., McFarlane, A., Ruthven, K. y Winterbottom, M. (2007). *Pedagogical approaches for technology-integrated Science teaching*. Computers and Education, 48(1), pp. 137-152
- Herrero, H. y Merino, J. M (2007). *Resolución de problemas experimentales de Química: una alternativa a las prácticas tradicionales*. Revista electrónica de enseñanza de las ciencias, vol. 6, no 3, p. 630-648.
- Herrmann, N. (1990). *The creative brain*. Brain Books, Lake Lure.
- Hestenes, D. y Halloun, I. (1995). *Interpreting the Force Concept Inventory. A response to Huffman and Heller*, The Physics Teacher 33, 502 – 506.
- Hestenes, D., Wells, M. y Swackhamer, G. (1992). *Force Concept Inventory*, The Physics Teacher 30, 141 – 158.
- Heuvelen, A. V. (1991). *Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies*, American Journal of Physics 59, 891-897.
- Hewson, P.W. y Beeth, M.E. (1995). *Enseñanza para un cambio conceptual: ejemplos de fuerza y movimiento*. Enseñanza de las Ciencias, 13(1), pp. 25-35.
- Hill, M. C. y Epps, K. K. (2010). *The impact of physical classroom environment on student satisfaction and student evaluation of teaching in the university environment*. Academy of Educational Leadership Journal 14 (4), 65-79. <https://core.ac.uk/download/pdf/231827461.pdf>
- Hodson, D. (1992). *In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education*. International Journal of Science Education, 14(5), pp. 541-566.
- Holland, J. H. y Miller, J. H. (1991). *Learning and adaptive economic behavior*. American Economic Review, v. 81, n. 2, p. 365-370.
- Honey, P., y Mumford, A. (1986). *The Manual of Learning Styles*. 1st edn. Peter Honey Associates Maidenhead, Berkshire.

- Honey, P. y Mumford, A. (2000). *The learning styles helper's guide*. Peter Honey Publications Ltd, Maidenhead. https://www.fwsolutions.net/wp-content/uploads/2021/01/learning-styles-helpers-guide_quickpeek.pdf
- Honey, P. y Mumford, A. (2006). Learning Styles Questionnaire: 80-item version. 1st edn. Peter Honey Publications Ltd.
- Honey, P., y Mumford, A. (1986). *The manual of learning styles*. Peter Honey.
- Hotelling, H. (1933). *Analysis of a complex of statistical variables into principal components*. Journal of Educational Psychology, 24(6), 417–441. <https://doi.org/10.1037/h0071325>
- Huffman, D. y Heller, P. (1995). *What does the Force Concept Inventory actually measure?* The Physics Teacher, 33, pp. 138-143.
- Ihantola, P., Leinonen, J., Rintala y M. (2020). *Students' preferences between traditional and video lectures: Profiles and study success*. Koli Calling '20: Koli Calling '20: Proceedings of the 20th Koli Calling International Conference on Computing Education Research, Koli, Finland, November. <https://doi.org/10.1145/3428029.3428561>
- İlçin, N., Tomruk, M., Yeşilyaprak, S. S., Karadibak, D. y Savci, S. (2018). *The relationship between learning styles and academic performance in Turkish physiotherapy students*. BMC Medical Education 18, 291. <https://doi.org/10.1186/s12909-018-1400-2>
- Issen, K., Steif, P., y Richardson, J. (2004). *Probing conceptual knowledge of students in strength of materials*. In Proceedings of the 17th ASCE. Engineering Mechanics Conference. Newark: University of Delaware.
- Jacobi, A., Martin, J., Mitchell, J., y Newell, T. (2003). *A concept inventory for heat transfer*. In Proceedings of the 2003 FIE conference, IL. Champaign: Stipes Publishing L.L.C.
- Jiménez, G. E., Solano, M. I. y Marín, M. N. (1994). *Problemas de terminología en estudios realizados acerca de "lo que el alumno sabe" sobre ciencias*, Enseñanza de las Ciencias 12, 235-245.
- Jiménez-García, F.N., Beleño-Montagut, L., Márquez-Narváez, C., Agudelo-Calle, J. de J. y Muñoz-Olite, J.L. (2019). *La evolución conceptual en el aprendizaje de conceptos físicos mediada por unidades didácticas*. Educación en Ingeniería, 14(27), pp. 1-8.
- Jolliffe, I. T. y Cadima, J. (2002). *Principal component analysis*. 2nd edn. Springer, New York.
- Jolliffe, I. T. y Cadima, J. (2016). *Principal component analysis: a review and recent developments*. Philosophical Transactions of the Royal Society A 374, 20150202. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Juárez Lugo, C. S., Rodríguez Hernández, G. y Luna Montijo, E. (2012). *The learning styles questionnaire CHAEA and the learning strategies scale ACRA as potential tools for academic tutoring*. Revista de Estilos de Aprendizaje 5(10), 148-171.

- Karagiannopoulou, E. y Entwistle, N. (2019). *Students' learning characteristics, perceptions of small-group university, teaching, and understanding through a "meeting of minds"*. *Frontiers in Psychology* 10, 444 <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00444>
- Keefe, J. W. (1988). *Profiling and utilizing learning style*. NASSP Learning style series, ERIC.
- Kirschner, P. A. (2017). *Stop propagating the learning styles myth*. *Computers & Education* 106, 166-171. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.006>
- Kolb, A. L y Kolb, D. A. (2013). *The Kolb learning style inventory 4.0. A comprehensive guide to the theory, psychometrics. research on validity and educational applications*. Experience Based Learning Systems. <https://learningfromexperience.com/downloads/research-library/the-kolb-learning-style-inventory-4-0.pdf>
- Kolb, D. A. (2014). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. 2nd edn. Person Education, Inc., New Jersey.
- Krause, S., Decker, J., Niska, J., Alford, T., y Griffin, R (2003). *Identifying student misconceptions in introductory materials engineering classes*. In *Proceedings of the ASEE*. Annual Conference. Washington: ASEE Annual Conference.
- Krishnamoorthy, K. (2006). *Handbook of statistical distributions with applications*. 2nd edn. Taylor & Francis Group, Boca Ratón.
- Krulik, S. y Rudnick, J. (1980). *Problem solving in school mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics, Reston, Virginia.
- Lara-Barragán Gómez, A. & Santiago, A. (2010). *Detección y Clasificación de Errores Conceptuales en Calor y Temperatura*. *Latin-American Journal of Physics Education*. 4.
- Leiva, C. (2005). *Conductismo, cognitivismo y aprendizaje*. *Tecnología en Marcha*. Vol. 18 N.º1.
- Leiva, J.J. (2017), *Estilos de aprendizaje y educación en la escuela*. *Tendencias Pedagógicas*, núm. 29, pp. 211-228.
- Linder, C.J. (1993). *A Challenge to conceptual change*. *Science Education*, 77, 293-300.
- Linn, M. (2003). *Technology and science education: starting points, research programs, and trends*. *International Journal of Science Education*, 25(6), pp. 727-758
- Llorent-Bedmar, V. y Cobano-Delgado Palma, V (2018). *Reformas en la Legislación Educativa Española durante el Actual Período Democrático: Una Perspectiva Crítica* *Archivos Analíticos de Políticas Educativas*, 26(125).
- López De La Cruz, E. C. I., y Escobedo Bailón, F. E. (2021). *Conectivismo, ¿un nuevo paradigma del aprendizaje?* *Desafíos*, 12(1), 73–79. <https://doi.org/10.37711/desafios.2021.12.1.259>
- López Rua, A. M. y Tamayo Alzate, O. E. (2012). *Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales*. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* (Colombia), vol. 8, núm. 1, pp. 145-166.

- López Yáñez, J., Sánchez, M., Murillo Paulino, L. J. y Altopiedi M.. (2003). *Dirección de Centros educativos*. Síntesis. Madrid.
- Lunetta, V.N. (1998). *The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching*. Frase, B.J. y Tobin, K.G. (eds.). International Handbook of Science Education. London: Kluber.
- MacQueen, J. (1967). *Some methods for classification and analysis of multivariate observations*. In: Le Cam, L. M., Neyman, J. (eds.) Proceedings of the fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability.vol 1, pp. 281-297. The Regents of the University of California, University of California Press.
- Mahdjoubi, L. y Akplotsyi, R. (2012). *The impact of sensory learning modalities on children's sensitivity to sensory cues in the perception of their school environment*, Journal of Environmental Psychology 32(3), 208–215. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.02.002>
- Marín, M. (2008). *El trabajo experimental en la enseñanza de la química en contexto de resolución de problemas en el laboratorio. Un caso particular la combustión*. Maestría en Educación énfasis Enseñanza de las Ciencias Naturales. Universidad del Valle.
- Marín-Martínez, N. (2003). *Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias*. Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales. Universidad de Almería. Enseñanza de las ciencias, número extra, 43-55
- Marín-Martínez, N., Solano-Martínez, I. y Jiménez-Gómez, E. (1999). *Tirando del hilo de la madeja constructivista*. Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas 17(3), 479-492.
- Martín Martín, M. (2017). *Aportaciones pedagógicas de las TIC a los estilos de aprendizaje*. Tendencias Pedagógicas, 30, 91–104. <https://doi.org/10.15366/tp2017.30.005>
- Martin, J., Mitchell, J., y Newell, T. (2003). *Development of a concept inventory for fluid mechanics*. Proceedings of the FIE conference. , IL. Champaign: Stipes Publishing L.L.C.
- Martínez-Chico, M., Jiménez-Liso, M.R. y López-Gay, R. (2015). *Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 12(1), 149-16.
- Martirosov, A. L., Alex, J., Doane, A., Patel, R., Aprilliano, B. y Kale-Pradhan, P. (2023). *Podcasts and videos and slides... oh my!: Traditional vs. nontraditional teaching methods in remote settings*. Currents in Pharmacy Teaching and Learning 15(6), 587-592. <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2023.06.007>
- Maury, L, Saltiel, y E., Viennot, L (1977). *Etude de la notion de mouvement chez l'enfant à partir des changements de repère*. Revue Française de Pédagogie, n° 40, pp. 15-29, 1977
- McCarthy, B. (1980). *The 4MAT System: Teaching to Learning Styles with Right-Left Techniques*. About Learning Inc. Barrington.

- McCarthy, B. y McCarthy, D. (2006). *Teaching around the 4MAT cycle: Designing instruction for diverse learners with diverse learning styles*. Corwin Press, Thousand Oaks.
- McCarthy, B., St. Germain, C. y Lippitt, L. (2002). *The 4MAT Research Guide*. About Learning, Incorporated, Wauconda.
<http://www.4mat.eu/media/17158/research%20guide%204mat.pdf>
- McDermott, L. C. (1984). *Research on conceptual understanding in mechanics*. Physics Today, July, 24.
- McDermott, L. C. (1997). *Bridging the gap between teaching and learning: The role of research*. AIP Conference Proceedings 399, 139-165.
- McKee, D. (1992). *An organizational learning approach to product innovation*. Journal of Product Innovation Management, 9 (3), 232-245.
[https://doi.org/10.1016/0737-6782\(92\)90033-9](https://doi.org/10.1016/0737-6782(92)90033-9)
- Medina Paredes, J. y Ramírez Díaz, M. H. (2016). *Obtención y clasificación de ideas previas sobre fenómenos sonoros. Estudio en alumnos universitarios de carreras de ciencias de la salud*. Latin-American Journal of Physics Education, ISSN-e 1870-9095, Vol. 10, Nº. 3.
- Mena Lorenzo, J. L., Rodríguez-Pulido, J., Mena Lorenzo, J. A., Navarro-Guzmán, J. I. y Cabrera-Guzmán, J. S. (2019). *Learning styles of engineering students: development, performance and gender*. European Journal of Education and Psychology 12(2), 175–189. <https://doi.org/10.30552/ejep.v12i2.282>
- Menéndez Cabezas, C A., Somontes Zamora, D. y Capote Fradera, A. (2010). *Análisis de las preguntas de selección múltiple de exámenes profesionales de Bioquímica*. Archivo Médico de Camagüey 2010, 14 (Marzo-Abril).
- Meneses, J., Patiño, A. y Mejía, H. (1995). *Preconceptos y conceptos erróneos del movimiento de los cuerpos en docentes que enseñan física en el departamento del César*. Universidad Popular del Cesar, Colombia.
- Michel Picquart (2008) *¿Qué podemos hacer para lograr un aprendizaje significativo de la física?* Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 2, No. 1, January 2008.
- Midkiff, K., Litzinger, T., y Evans, D. (2001). *Development of engineering thermodynamics concept inventory assessment instruments*. In *Proceedings of FIE Conference*, IL. Champaign: Stipes Publishing L.L.C.
- Milgram S. (1967). *The small world problem*, Psychology. Today 2, 60–67.
- Minstrell, J. (1982), *Explaining the at rest condition of an object*, Physics Teacher 20, 10– 23.
- Molina-Cabello, M. A., Thurnhofer-Hemsi, K., David Molina-Cabello, D. y Palomo, E. J. (2023). *Are learning styles useful? A new software to analyze correlations with grades and a case study in engineering*. Computer Applications in Engineering Education 31(3), 537-551. <https://doi.org/10.1002/cae.22597>
- Morin, E., Roger Ciurana, E y Domingo Motta, R. (2002). *Educación en la era planetaria: el pensamiento complejo como método de aprendizaje en el error y la incertidumbre humana*. Valladolid, Universidad de Valladolid.

- Myers, I. B. (1962). *The Myers-Briggs Type Indicator*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto. <https://doi.org/10.1037/14404-000>
- Nácher M. J., Badenes-Ribera, L., Torrijos ,C. Ballesteros, M. A. y Cebadera, E. eGoKoan (2018). *Una plataforma e-learning de apoyo al estudio en estudiantes universitarios*. Universitat Politècnica de València. Congreso In-Red.
- Network Literacy: Essential Concepts and Core Ideas – NetSciEd.
<https://sites.google.com/a/binghamton.edu/netscied/teaching-learning/network-concepts>. Versión en español:
https://drive.google.com/file/d/1RquAW_m2vswOPvsPkAWHBzQylUYUJHWU/view
- Newman, M. (2018). *Networks*. Oxford University Press, 2nd edition. ISBN: 9780198805090
- Nisbet, J. y Shucksmith, J. (1994). *Estrategias de aprendizaje*. Editorial Santillana.
- Noguera, P., Tortajada, L. A., Atienza, J. y Herrero, M.A. (2011). *Auto-evaluación previa a las prácticas de laboratorio químico: introducción al auto-aprendizaje*. ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura, Vol. 187, Extra 3, p. 267-272.
- Novak, J.D., (1983). *Overview of the international seminar on misconceptions in science and mathematics*. In H. Helm and J.D. Novak, Eds., *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in science and mathematics*. Ithaca, NY: Department of Education, Cornell University.
- Ocampo, E. N., Mobo, F. D. y Cutillas, A. L. (2023). *Exploring the relationship between Mathematics performance and learn-ing style among grade 8 students*. International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research, 4(4), 1165-1172. <https://doi.org/10.11594/ijmaber.04.04.14>
- Olmedo Torre,N. y Farrerons Vidal, O. (2017). *Modelos constructivistas de aprendizaje en programas de formación*. OmniaScience (Omnia Publisher SL). ISBN: 978-84-946352-1-2. <https://doi.org/10.3926/oms.367>
- Ospina, M.A.P., Salazar,L. I. D. ,y Meneses, J.S.C. (2013). *Modelos de estilos de aprendizaje: una actualización para su revisión y análisis*. Revista Colombiana de Educación (64), 79–105.
- Owen, C. (2007). *Design Thinking: Notes on its Nature and Use*. Design Research Quarterly 2(1), 16-27.
- Owen, C. L. (1997). *Understanding Design Research. Toward an Achievement of Balance*. Journal of the Japanese Society for the Science of Design, 5(2), 36-45. https://doi.org/10.11247/jssds.5.2_36
- Owen, C. L. (1998). *Design Research: Building the Knowledge Base*. Design Studies, 19(1), 9-20. https://id.iit.edu/wp-content/uploads/2015/03/Design-researching-building-the-knowledge-base-Owen_desstud97.pdf
- Padrón J. (2007). *Tendencias epistemológicas de la investigación científica en el siglo XXI*. Revista de Epistemología de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile.;28:1-28.

- Pantoja Ospina, M. A., Duque Salazar, L. I. y Correa Meneses, J. S. (2013). *Learning styles models: An upgrade for their revision and analysis*. Revista Colombiana de Educación 64, 79-105. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcde/n64/n64a04.pdf>
- Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D. y Bjork, R. (2008). Learning styles. *Concepts and evidence*. Psychological Science in the Public Interest 9(3), 105-119. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6053.2009.01038.x>
- Pearson, K. (1901). *On lines and planes of closest fit to systems of points in space*. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 2(11), 559-572. <https://doi.org/10.1080/14786440109462720>
- Peggy A. Ertmer y Timothy J. Newby (1993). *Conductismo, cognitivismo y constructivismo: una comparación de los aspectos críticos desde la perspectiva del diseño de instrucción*. Performance Improvement Quarterly, 1993, 6(4), 50-72.
- Perales, F.J. (1994). *Los trabajos prácticos y la didáctica de las ciencias*. Enseñanza de las Ciencias, No. 1, Vol. 12, pp. 122-125.
- Perdomo García, G. y Galo, A. (2020). *Aula invertida como estrategia didáctica para propiciar el aprendizaje conceptual de la Mecánica de Fluidos de Física General en el nivel superior*. Revista De La Escuela De Física, 8(1), 44–59. <https://doi.org/10.5377/ref.v8i1.10088>
- Pérez Range, L, A (2021). *Modelo de niveles de pensamiento y recursos cognitivos de aprendizaje para la enseñanza de la física*. Rev. enseñ. fís. ,vol.33, n.3, pp.1-10. Disponible en:
- Pérez, F.Q. (2011). *Relación entre estilos de aprendizaje y rendimiento escolar en Física y Química de secundaria*. Vivat Academia. Revista de Comunicación, 1143– 1153.
- Pérez–Díaz, V., Rodríguez, J.C. y Fernández, J.J. (2009): *Educación y familia. Los padres ante la educación general de sus hijos en España*. Fundación de las Cajas de Ahorros: Madrid. ISBN: 978-84-89116-48-1
- Piaget J. (1970). *La epistemología genética*. París: PUF. (Trad. Cast. Redondo, Barcelona).
- Piaget, J. (1954), *Discours du directeur du Bureau international d'éducation, in Dix-septième Conférence internationale de l'instruction publique : procès-verbaux et recommandations*. Bureau international d'éducation, Genève, pp. 27-28.
- Piaget, J. (1969). *Psychologie et Pédagogie*. Denoël, Paris.
- Piaget, J. (1988). *De la pédagogie*. Odile Jacob, Paris.
- Pierart, C.G.A.,y Pavés, F.R.(2011).*Estilos de aprendizaje, género y rendimiento académico*. Revista de Estilos de Aprendizaje, 4 (8).
- Pintó, R., Pérez-Castro, O. y Gutiérrez, R. (1999). *Implementing MBL (Microcomputer Based Laboratory) technology for the laboratory work in compulsory secondary school science classes*. STTIS Spanish National report on WP1. Universitat Autònoma de Barcelona.

- Planella, J., Escoda, L y Suñol, J.J (2009). *Análisis de una experiencia de aprendizaje basado en problemas en la asignatura de Fundamentos de Física*. Red U. Revista de Docencia Universitaria. Número 3.
- Porlán, R y Rivero, A (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Diada.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. y Gertzog, W. A. (1982). *Acommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change*, Science Education 66, 211- 227.
- Pozo, J. I. y Gómez, M. A.(1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*, Ed. Morata, Madrid.
- Pozo, J. I.(1989). *Teorías Cognitivas del aprendizaje*, (Morata, Madrid).
- Pozo, J.I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Ediciones Morata.
- Prendes, M. P. (Dir.) (2009). *Plataformas de campus virtual de software libre: Análisis comparativo de la situación actual en las universidades españolas*. Informe del Proyecto EA-2008-0257 de la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación.
- Quesada, A., Ariza, M. R., Ortiz, A. y Bermejo, R. (2009). *Designing and applying multimedia material for experimental sciences. Teacher and student assessment of its implementation*, en L. Gómez, D. Martí e I. Candel. International Technology, Education and Development Conferences. Valencia, Spain: IATED, pp. 4911-4919
- Quezada, Ariel, y Canessa, Enrique. (2008). *La complejidad de los procesos educativos en el aula de clases*. Educar em Revista, (32), 103-119.
- Ramírez, A.V. (2009). *La teoría del conocimiento en investigación científica: una visión actual*. An Fac med.;70(3):217-24
- Ramírez, B. (2008). *Laboratorios basados en investigación: Una metodología que incentiva la participación intelectual del estudiante en el proceso de su aprendizaje*. CPU-e, Revista de Investigación Educativa, 7.
- Ramlo, S., (2002). *The Force and Motion Conceptual Evaluation*. Paper presented at the Annual Meeting of the Mid-Western Educational Research Association. Columbus, OH, October 16-19.
- Ramos Vera , M. J. , Ramos Vera , A. M. , y Villa Morocho , C. A. . (2021). Autonomous learning strategies in virtual environmentsa. *Journal of Business and Entrepreneurial Studie*. <https://doi.org/10.37956/jbes.v0i0.237>
- Rayner, S., Cools, E. (eds.) (2011). *Style Differences in Cognition, Learning and Management. Theory, Research, and Practice*. Routledge, New York.
- Rayner, S.G. (2015). *Cognitive styles and learning styles*. In: James D. Wright (ed). International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences, 2nd edition, vol 4. Oxford: Elsevier. pp. 110–117.
- Reif. F. (1997). *How we can help students acquire effectively usable physics knowledge?*. AIP Conference Proceedings, p. 399.

- Reif, F. y Larkin, J. H. (1991). *Cognition in scientific and everyday domains: Comparison and learning implications*. Journal of Research in Science Education 28, 733-760.
- Rengel, R., Pascual, E., Íñiguez-de-la-Torre, Martín M. J. y Vasallo, B.G. (2019): *Experiences on the Design, Creation, and Analysis of Multimedia Content to Promote Active Learning*. Journal of Science Education and Technology 28, 445–451. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09777-9>
- Resnick, L. B. (1983). Mathematics and science learning: a new conception, Science 220, 477.
- Richardson, J., Morgan, J., y Evans, D. (2001). *Development of an engineering strength of materials concept inventory assessment instrument. Proceedings of FIE*. Conference, IL. Champaign: Stipes Publishing L.L.C. <http://dx.doi.org/10.1109/FIE.2001.963692>
- Rodríguez Arocho, W. C (1999). *El legado de Vygotski y de Piaget a la educación*. Revista Latinoamericana de Psicología, vol. 31, núm. 3, 1999, pp. 477-489. Fundación Universitaria Konrad Lorenz Bogotá, Colombia.
- Rodríguez Castillo, M. R. y Figueroa Coronado, D. E. C. (2022). *El trabajo colaborativo y las habilidades sociales en estudiantes universitarios*. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6(6), 6598-6614. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3910
- Roedel, R., El-Ghazaly, S., Rhoads, T., y El-Sharawy, E. (1998). *The wave concepts Inventory: An assessment Tool for Courses in Electromagnetic Engineering. Proceedings of the FIE conference*, IL. Champaign: Stipes Publishing L.L.C.
- Ronquillo Murrieta, G. V., De Mora Litardo, E., Bohórquez Morante, A. M.y Padilla Plaza, J. L. (2023). *Modelo constructivista y su aplicación en el proceso de aprendizaje de los estudiantes*. Journal of Science and Research, 8(III CISE), 256–273. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/3012>
- Rosenberg, M. (2000). *E-Learning: Strategies for Delivering Knowledge in the Digital Age*, EBSCO eBook Collection, McGraw-Hill Education.
- Real Sociedad Española de Física (2018). *El estado de la enseñanza de la Física en educación secundaria*. Comisión sobre la Enseñanza de la Física en la Educación Secundaria (Aprobada en la Junta de Gobierno de la Real Sociedad Española de Física, de 12 de enero de 2018).
- Ruíz Bolívar, C. (2002). *Instrumentos de Investigación Educativa. Procedimientos para su Diseño y Validación*. :CIDEG.
- Ruiz Ortega, F. J. (2007). *Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales*. Revista latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia), 3 (2): 41 – 60.
- Saif, S.M., Ansarullah, S.I., Ben Othman, M.T., Alshmrany, S.; Shafiq, M. y Hamam, H. (2022). *Impact of ICT in modernizing the global education industry to yield better academic outreach*. Sustainability 14(11), 6884. <https://doi.org/10.3390/su14116884>
- Salgado García, E. (2006). *Manual de Docencia Universitaria. Introducción al Constructivismo en la Educación Superior*. Editorial ULACIT.

- Salinas Ibáñez J., de Benito Crosetti B. y Pérez García A. (2018). *Blended learning, más allá de la clase Presencial*. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 21(1), pp. 195-213.
- Saltiel, E. y Malgrange, J. L. (1980). *Spontaneous ways of reasoning in elementary kinematics*, Eur. J. Phys. 1, 73.
- Sánchez López, M. E, y Gallego, A. (2014). *La función tutorial ante el reto de la enseñanza online: algunas experiencias*. Docencia y Derecho, Revista para la docencia jurídica universitaria, 8.
- Santiago Andrés, Antonio, 2007. Tesis Doctoral: *Modelos Generalizados de Enlace Preferencial en Redes Complejas Heterogéneas*. Universidad Politécnica de Madrid. <https://tesis.biblioteca.upm.es/tesis/4269>
- Schmeck, R. R., Ribich, F. y Ramanaiah, N. (1977). *Development of a self-report inventory for assessing individual differences in learning processes*. Applied Psychological Measurement, 1(3), 413-431.
<https://doi.org/10.1177/014662167700100310>
- Schunk, D. (1997). *Teorías del aprendizaje*. México: Prentice-Hall.
- Schwerdt, G. y Wuppermann, A. C. (2011). *Is traditional teaching really all that bad? A within-student between-subject approach*. Economics of Education Review 30(2), 365-379. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2010.11.005>
- Séré, Marie-Geneviève (2002). *La enseñanza en el laboratorio*. Enseñanza de las Ciencias. p. 357-368.
- Silva-Martínez, G., Iglesias-Martínez, M.J. y Lozano-Cabezas, I. (2023). *A Qualitative study on barriers in learning opportunities in Ecuadorian higher education*. Societies, 13, 56. <https://doi.org/10.3390/soc13030056>
- Smith, A. (1996). *Accelerated learning in the classroom*, Network Educational Press, Stafford.
- Solé, R. (2022). *Cerebro(s)*, ISBN: 978-84-19091-34-5 (castellano-English). Edición: CCCB y Direcció de Comunicació de la Diputació de Barcelona.
- Solé, R. (2009). *Redes complejas: Del genoma a Internet*: 105 (Metatemas). Tusquets Editores.
- Srisawasdi, N. y Panjaburee, P. (2018). *Implementation of Game-transformed Inquiry-based Learning to Promote the Understanding of and Motivation to Learn Chemistry*. Journal of Science Education and Technology 28, 152–164.
<https://doi.org/10.1007/s10956-018-9754-0>
- Steinberg, R.N. y Donelly, K (2002). *PER-based reform at a multicultural institution*. The Physics Teacher, 40, pp. 108-114.
- Stewart, J., Miller, M., Audo, C. y Stewart, G. (2012). *Using cluster analysis to identify patterns in students' responses to contextually different conceptual problems*. Physical Review Physics Education Research, 8(2), 020112.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.020112>
- Struyven, K., Dochy, F., Janssens, J y Gielen, S (2006). *On the dynamics of students' approaches to learning: The effects of the teaching/learning environment*.

- Learning and Instruction 16(4), 279-294.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.07.001>
- Suazo Galdames, I.C. (2007). *Estilos de aprendizaje y su correlación con el rendimiento académico en anatomía humana normal*. International Journal of Morphology, 25 (2), 367–373.
- Torres Climent, A. L. (2010). *Empleo del laboratorio asistido por ordenador en la enseñanza de la física y química de secundaria y bachillerato*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias. Universidad de Cádiz. APAC-Eureka. ISSN: 1697-011X.
- Travé, G., Pozuelos, F., J., y Cañal, P. (2006). *¿Cómo enseñar investigando? Análisis de las percepciones de tres equipos docentes con diferentes grados de desarrollo profesional*. Revista Iberoamericana Educación. 39,5, 1-24.
- Trindade, J., Fiolhais, C. y Almeida, L. (2002). *Science learning in virtual environments: A descriptive study*. British Journal of Educational Technology, 33(4), pp. 471-488
- Venkataraman, B (2009). *Visualization and interactivity in the teaching of chemistry to science and non-science students*. Chemistry Education Research and Practice, 10(1), pp. 62-69
- VerLee Williams, L (1986). *Aprender con todo el cerebro*. Martínez Roca, Barcelona. ISBN: 978-8427010055
- Viaplana, G. y Besora, M. (2000), *Constructivismo y Psicoterapia*. España: Desclee de brouwer.
- Viennot, L. (1978). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*, Rev. Fr. Pédagogie 45, 16.
- Vosniadou, S. (1994). *Capturing and modeling the process of conceptual change*. Learning and instruction, 4, 45-69.
- Vygotski, L. S. (1997). *Pensée et langage*, La Dispute, Paris.
- Vygotsky, L. S (2010). *Pensamiento y Lenguaje*, Paidós Ibérica.
- Wagner, G. (2017). *Putting more 'modern' in modern physics education: a Knowledge Building approach using student questions and ideas about the universe*. Published 3 February, IOP Publishing Ltd Physics Education, Volume 52, Number 2 .
- Walker, C. L., Shore, B. M. y French, L. R. (2011). *A theoretical context for examining students' preference across ability levels for learning alone or in groups*. High Ability Studies 22(1), 119-141. <https://doi.org/10.1080/13598139.2011.576082>
- Watkins, K. E., Marsick yV. J. (1992). *Building the learning organization: a new role for human resource developers*. Studies in continuing education, 14(2), 115-129 .
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:143698211>
- Watts, D.J., Strogatz, S.H(1998). *Collective dynamics of small world networks*, Nature 393 440–442.
- Woods, R., Jason, D. B., y Hopper, D., (2004). *Hybrid structures: faculty use and perception of web-based courseware as a supplement to face-face instruction*. The Internet and Higher Education, 7, pp. 281-297.

- Xu, W. (2011). Learning style and their implication in learning and teaching. *Theory and Practice in Language Studies* 1(4), 413-416
<https://doi.org/10.4304/tpls.1.4.413-416>
- Zachariah, S. M., Karthikeyan, S. y Deepak, K. S. (2023). *Learning style preferences and its effect on academic performance among undergraduate medical students at Government Medical College, Palakkad*. *Journal of Medical Sciences and Health*. 9. <https://doi.org/10.46347/jmsh.v9i2.22.4>
- Zajacova, B. (2013). *Learning styles in Physics education: Introduction of our research tools and design*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 106(10), 1786-1795. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.201>
- Zhang, L.F., Sternberg, R.J. y Rayner, S.G. (eds.) (2012). *Handbook of intellectual styles: Preferences in cognition, learning, and thinking*. 1st edn. Springer Publishing Company, New York.

ANEXOS

Anexo I. Cuestionarios sobre ideas previas

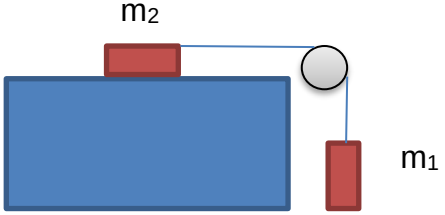
Cuestionario I1

Encuesta inicio del curso

- Sexo ☐ Hombre ☐ Mujer
- Edad _____ años
- Indique los años de permanencia en la universidad
 - ☐ 1-2 ☐ 3-4 ☐ 5-6 ☐ 7-8 ☐ Más de 8
- Indique la titulación _____
- Indique su nota de Selectividad _____
- Indique el curso más avanzado en el que está matriculado _____
- ¿Ha realizado algún curso online? Con respecto a la enseñanza presencial, evalúe esta nueva metodología (1 mucho peor, 5 mucho mejor).

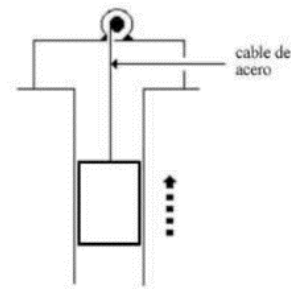
▪ 1	▪ 2	▪ 3	▪ 4	▪ 5
- ¿Ha realizado prácticas presenciales de física?
SI ☐ NO ☐
- ¿Posee conocimientos de Excel? SI ☐ NO ☐
- ¿Sabe realizar el ajuste por mínimos cuadrados con la hoja de cálculo?
☐ Sí
☐ No

1. Al realizar una medida con un amperímetro digital obtenemos 2,345 mA. Por tanto, el resultado es:
 - a) $2,345 \pm 1 \text{ mA}$.
 - b) $2,345 \pm 0,0454 \text{ mA}$.
 - c) $2,345 \pm 0,001 \text{ mA}$.
 - d) $2,345 \pm 0,0001 \text{ mA}$.
2. ¿Cuál de las siguientes medidas es más precisa?
 - a) $22 \pm 3 \text{ A}$.
 - b) $7 \pm 1 \text{ A}$.
 - c) $77 \pm 7 \text{ A}$.
 - d) $77 \pm 10 \text{ A}$.
3. ¿Cuántas cifras significativas tiene la siguiente medida?: 423,30
 - a) 1.

- b) 2.
 - c) 5.
 - d) 7.
4. En un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado se cumple que...
- a) No existe aceleración normal ni tangencial.
 - b) La aceleración normal se mantiene constante y la tangencial es cero.
 - c) La aceleración normal es cero y la tangencial es constante.
 - d) La aceleración tangencial es igual a la normal.
5. Señala de entre las siguientes afirmaciones, la verdadera:
- a) Si un cuerpo no se acelera, no existe ninguna fuerza actuando sobre él.
 - b) Un cuerpo se mueve siempre en la misma dirección de la fuerza resultante.
 - c) El peso de un cuerpo depende de su posición.
 - d) Si un cuerpo se mueve en línea recta su aceleración es cero.
6. Un bloque de masa m_1 , cuelga en el aire con ayuda de una cuerda de masa despreciable, que pasa por una polea sin rozamiento. La cuerda tras pasar por una polea se une en el extremo opuesto a otro bloque, de masa m_2 , apoyado sobre una mesa horizontal sin rozamiento sin rozamiento. Considerando que las masas de la cuerda y la polea son despreciables...
- 
- a) La aceleración es la misma para ambas masas, tanto en módulo como en dirección.
 - b) La tensión de la cuerda es mayor en el extremo que se une a la masa m_1 .
 - c) La aceleración de m_2 tiene una magnitud igual a la que originaría una fuerza de valor m_1g sobre la masa (m_1+m_2) .
 - d) No existe tensión en la cuerda.
7. ¿Qué opinas de la siguiente frase?: Los astronautas trabajan durante los paseos espaciales en ausencia de gravedad
- a. Cierta, están en el espacio y en el espacio no hay gravedad.
 - b. Falsa, están sometidos a la gravedad terrestre.
 - c. Cierta, pero solo cuando entran en contacto con la atmósfera terrestre.
 - d. Depende de la velocidad a la que viajen.

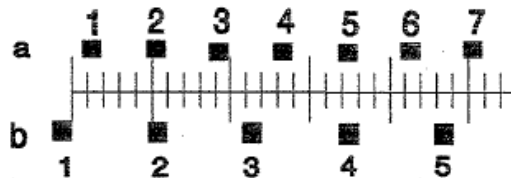
8. Imagínese un choque frontal entre un camión y un coche pequeño. Durante la colisión:
- El camión ejerce una fuerza mayor sobre el coche que el coche sobre el camión.
 - Ninguno de los dos ejerce fuerza sobre el otro. El coche se aplasta porque está en el camino del camión.
 - El camión ejerce una fuerza sobre el coche, pero el coche no ejerce ninguna fuerza sobre el camión.
 - El camión ejerce la misma fuerza sobre el coche que el coche sobre el camión.
9. Una silla de oficina vacía está en reposo sobre el suelo. ¿Cuál (-es) de la(-s) siguiente(-s) fuerza(-s) está(-n) actuando sobre la silla?
- Fuerza descendente debido a la gravedad.
 - Fuerza ascendente ejercida por el suelo.
 - Una fuerza resultante descendente debida a la presión del aire.
- 1 sólo
 - 1 y 2
 - 1, 2 y 3
 - Ninguna puesto que la silla está en reposo.
10. Una piedra que cae al suelo desde el tejado del edificio de un solo piso:
- Alcanza su máxima velocidad bastante pronto después de soltarla y luego cae a velocidad constante.
 - Acelera mientras cae, debido fundamentalmente a que cuanto más se acerca la piedra a la tierra más fuerte es la atracción gravitatoria.
 - Acelera porque la fuerza gravitatoria constante actúa sobre ella.
 - Cae por la combinación de la fuerza de la gravedad y la fuerza del aire empujándola hacía abajo.

11. Un ascensor está siendo levantado por medio de un cable de acero. Cuando el ascensor se mueve hacia arriba con velocidad constante:



- a) La fuerza ascendente que ejerce el cable sobre el ascensor es mayor que la fuerza descendente debida a la gravedad.
- b) La fuerza ascendente que ejerce el cable sobre el ascensor iguala a la fuerza descendente debida a la gravedad.
- c) La fuerza ascendente que ejerce el cable sobre el ascensor es menor que la fuerza descendente debida a la gravedad.
- d) La fuerza ascendente ejercida por el cable sobre el ascensor es mayor que la fuerza descendente debida a efectos combinados de la presión del aire y de la fuerza de la gravedad.

12. Las posiciones de los dos bloques en sucesivos intervalos iguales de tiempo, están representadas por cuadros numerados en el esquema siguiente. Los bloques se están moviendo hacia la derecha. La aceleración de los bloques se relaciona como sigue:



- a) $a_a > a_b$.
- b) $a_a = a_b > 0$.
- c) $a_a < a_b$.
- d) $a_a = a_b = 0$.

13. Una pelota es lanzada al aire siguiendo la trayectoria representada en la figura. ¿Qué fuerza(-s) está(-n) actuando sobre la pelota durante su vuelo completo?

- 1. La fuerza de la gravedad.
- 2. La fuerza del lanzamiento.

- 3. La fuerza de rozamiento del aire.

- a) 1 sólo
- b) 1 y 2
- c) 1,2 y 3
- d) 1 y3

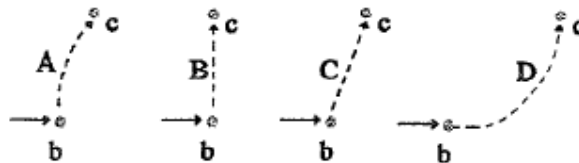


* Cuando responda a las cuatro preguntas siguientes debe referirse al siguiente enunciado y al siguiente diagrama.

* Un cohete espacial se desplaza lateralmente desde la posición "a" a la "b" no estando sometida a fuerzas exteriores. En "b" el motor del cohete empieza a producir un empuje constante perpendicular a la línea "ab". El motor se apaga de nuevo cuando el cohete alcanza algún punto "c".



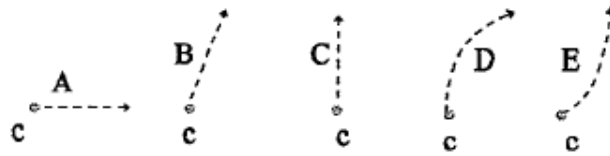
14. ¿Qué trayectoria de las representadas describirá el cohete entre los puntos "b" y "c"?



15. Mientras el cohete se mueve desde la posición "b" hasta la posición "c" la magnitud de su velocidad es:

- a) Constante.
- b) Continuamente creciente.
- c) Decrece continuamente.
- d) Aumenta durante un tiempo y después es constante.

16. En "c" son apagados los motores del cohete. ¿Cuál de las trayectorias representadas seguirá éste, después de "C"?



17. A partir de "c" la velocidad del cohete es:

- a) Constante.
- b) Continuamente creciente.
- c) Continuamente decreciente.
- d) Creciente al principio y constante después.

18. Una mujer ejerce una fuerza horizontal constante sobre una caja grande. Como resultado, la caja se mueve sobre un piso horizontal a velocidad constante " v_0 ". La fuerza horizontal constante aplicada por la mujer:

- a) Tiene la misma magnitud que el peso de la caja.
- b) Es mayor que el peso de la caja.
- c) Tiene la misma magnitud que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
- d) Es mayor que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.

19. Si la mujer de la pregunta anterior duplica la fuerza horizontal constante que ejerce sobre la caja para empujarla sobre el mismo piso horizontal, la caja se moverá:

- a) Con una velocidad constante que es el doble de la velocidad " v_0 " de la pregunta anterior.
- b) Con una velocidad constante que es mayor que la velocidad " v_0 " de la pregunta anterior, pero no necesariamente el doble.
- c) Con una velocidad creciente durante un rato, y después con una velocidad constante.
- d) Con una velocidad continuamente creciente.

20. Si la fuerza aplicada a la caja en la pregunta 18 anterior desaparece repentinamente, la caja:

- a) Se detiene inmediatamente.

- b) Continúa moviéndose a velocidad constante durante un corto periodo de tiempo para detenerse luego poco a poco.
 - c) Comienza inmediatamente a detenerse.
 - d) Se mueve a velocidad constante.
21. Dos bolas de metal del mismo tamaño, una de las cuales pesa el doble que la otra, ruedan con igual velocidad sobre una mesa horizontal. En un instante determinado alcanzan el borde de la mesa y caen. Resulta entonces que:
- a) Ambas bolas alcanzan el suelo aproximadamente a la misma distancia horizontal desde la base de la mesa.
 - b) La bola más pesada alcanza el suelo aproximadamente a la mitad de distancia horizontal desde la base de la mesa de lo que lo hace la más ligera.
 - c) La bola menos pesada alcanza el suelo aproximadamente a la mitad de distancia horizontal desde la base de la mesa de lo que lo hace la más pesada.
 - d) La más pesada alcanza el suelo bastante más cerca de la base de la mesa que la más ligera, pero no necesariamente a la mitad de la distancia horizontal.
22. Un patinador disminuye su velocidad angular al extender los brazos debido principalmente a que:
- a) Pierde la mayor parte de su energía al hacer actuar fuerzas no conservativas.
 - b) Aumenta el rozamiento de sus patines.
 - c) Aumenta su momento de inercia.
 - d) Aumenta el rozamiento de sus brazos con el aire.
23. Tres puntos situados sobre un disco giran a velocidad angular constante. Uno de ellos está en el borde del disco, otro a la mitad de camino entre el borde y el eje y el último situado sobre su eje. ¿Cuál de ellos tiene una velocidad lineal mayor?
- a) El situado más cerca del eje.
 - b) El situado a mitad del disco.
 - c) El situado en el extremo del disco.
 - d) Todos igual ya que tienen la misma frecuencia de rotación.
24. El centro de masas de un sistema de partículas:

- a) Está situado sobre la partícula de mayor masa.
- b) Coincide con su centro de gravedad.
- c) No tiene por qué estar situado en una partícula en concreto.
- d) En un sistema de partículas no existe centro de masas, pero sí centro de gravedad.

Cuestionario I2

Encuesta inicio del curso,

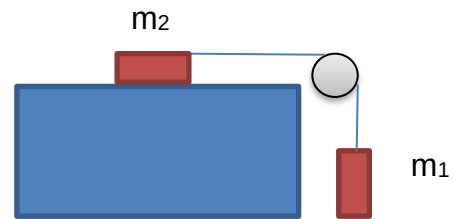
- Sexo ☐ Hombre ☐ Mujer
- Edad _____ años
- Indique los años de permanencia en la universidad
☐ 1-2 ☐ 3-4 ☐ 5-6 ☐ 7-8 ☐ Más de 8
- Indique la titulación _____
- Indique su nota de Selectividad _____
- Indique el curso más avanzado en el que está matriculado _____
- ¿Ha realizado algún curso online? Con respecto a la enseñanza presencial, evalúe esta nueva metodología (1 mucho peor, 5 mucho mejor).

▪ 1	▪ 2	▪ 3	▪ 4	▪ 5
- ¿Ha realizado prácticas presenciales de física?
SI ☐ NO ☐
- ¿Posee conocimientos de Excel? SI ☐ NO ☐
- ¿Sabe realizar el ajuste por mínimos cuadrados con la hoja de cálculo?
☐ Sí
☐ No

1. Al realizar una medida con un amperímetro digital obtenemos 2,345 mA. Por tanto, el resultado es:
 - a) $2,345 \pm 1 \text{ mA}$.
 - b) $2,345 \pm 0,0454 \text{ mA}$.
 - c) $2,345 \pm 0,001 \text{ mA}$.
 - d) $2,345 \pm 0,0001 \text{ mA}$.
2. ¿Cuál de las siguientes medidas es más precisa?
 - e) $22 \pm 3 \text{ A}$.
 - a) $7 \pm 1 \text{ A}$.
 - b) $77 \pm 7 \text{ A}$.
 - c) $77 \pm 10 \text{ A}$.
3. ¿Cuántas cifras significativas tiene la siguiente medida?: 423,30
 - e) 1
 - a) 2
 - b) 5
 - c) 7

4. Señala de entre las siguientes afirmaciones, la verdadera:
 - a) Si un cuerpo no se acelera, no existe ninguna fuerza actuando sobre él.
 - b) Un cuerpo se mueve siempre en la misma dirección de la fuerza resultante.
 - c) El peso de un cuerpo depende de su posición.
 - d) Si un cuerpo se mueve en línea recta su aceleración es cero.

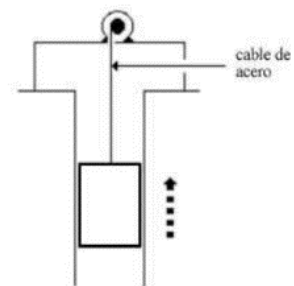
5. Un bloque de masa m_1 , cuelga en el aire con ayuda de una cuerda de masa despreciable, que pasa por una polea sin rozamiento. La cuerda tras pasar por una polea se une en el extremo opuesto a otro



bloque, de masa m_2 , apoyado sobre una mesa horizontal sin rozamiento sin rozamiento. Considerando que las masas de la cuerda y la polea son despreciables...

- a) La aceleración es la misma para ambas masas, tanto en módulo como en dirección.
 - b) La tensión de la cuerda es mayor en el extremo que se une a la masa m_1 .
 - c) La aceleración de m_2 tiene una magnitud igual a la que originaría una fuerza de valor m_1g sobre la masa (m_1+m_2) .
 - d) No existe tensión en la cuerda.
6. ¿Qué opinas de la siguiente frase?: Los astronautas trabajan durante los paseos espaciales en ausencia de gravedad
 - a) Cierta, están en el espacio y en el espacio no hay gravedad.
 - b) Falsa, están sometidos a la gravedad terrestre.
 - c) Cierta, pero solo cuando entran en contacto con la atmósfera terrestre.
 - d) Depende de la velocidad a la que viajen.
7. Imagínese un choque frontal entre un camión y un coche pequeño. Durante la colisión:
 - a) El camión ejerce una fuerza mayor sobre el coche que el coche sobre el camión.
 - b) Ninguno de los dos ejerce fuerza sobre el otro. El coche se aplasta porque está en el camino del camión.

- c) El camión ejerce una fuerza sobre el coche, pero el coche no ejerce ninguna fuerza sobre el camión.
- d) El camión ejerce la misma fuerza sobre el coche que el coche sobre el camión.
8. Una silla de oficina vacía está en reposo sobre el suelo. ¿Cuál (-es) de la(-s) siguiente(-s) fuerza(-s) está(-n) actuando sobre la silla?
- 1. Fuerza descendente debido a la gravedad.
 - 2. Fuerza ascendente ejercida por el suelo.
 - 3. Una fuerza resultante descendente debida a la presión del aire.
- a) 1 sólo.
- b) 1 y 2.
- c) 1, 2 y 3.
- d) Ninguna puesto que la silla está en reposo.
9. El momento de inercia de un sólido respecto a un eje que pasa por su centro de gravedad:
- a) Es una magnitud vectorial.
- b) Mide la inercia de una masa en rotación
- c) Se mide en el SI. en $\text{kg}\cdot\text{m}$.
- d) Todas son correctas.
10. Un ascensor está siendo levantado por medio de un cable de acero. Cuando el ascensor se mueve hacia arriba con velocidad constante:
- a) La fuerza ascendente que ejerce el cable sobre el ascensor es mayor que la fuerza descendente debida a la gravedad.
- b) La fuerza ascendente que ejerce el cable sobre el ascensor iguala a la fuerza descendente debida a la gravedad.
- c) La fuerza ascendente que ejerce el cable sobre el ascensor es menor que la fuerza descendente debida a la gravedad.



d) La fuerza ascendente ejercida por el cable sobre el ascensor es mayor que la fuerza descendente debida a efectos combinados de la presión del aire y de la fuerza de la gravedad.

11. Señala la respuesta correcta. Un sólido rígido es:

- a) Un sistema de infinitos puntos materiales cuyo centro de masas no cambia de posición respecto de unos ejes fijados en el cuerpo.
- b) Un sistema de infinitos puntos materiales cuya distancia entre ellos se mantiene constante, aunque se mueva.
- c) Un sistema de puntos materiales tales que al sumar la masa de todos, se obtiene la masa del cuerpo.
- d) Las tres anteriores son ciertas.

12. Una pelota es lanzada al aire siguiendo la trayectoria representada en la figura. ¿Qué fuerza(-s) está(-n) actuando sobre la pelota durante su vuelo completo?

- 1. La fuerza de la gravedad.
- 2. La fuerza del lanzamiento.
- 3. La fuerza de rozamiento del aire.



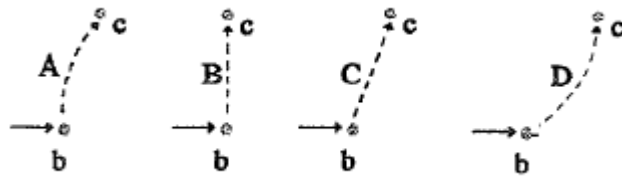
- a) 1 sólo
- b) 1 y 2
- c) 1,2 y 3
- d) 1 y 3

* Cuando responda a las cuatro preguntas siguientes debe referirse al siguiente enunciado y al siguiente diagrama.

* Un cohete espacial se desplaza lateralmente desde la posición "a" a la "b" no estando sometida a fuerzas exteriores. En "b" el motor del cohete empieza a producir un empuje constante perpendicular a la línea "ab". El motor se apaga de nuevo cuando el cohete alcanza algún punto "c".



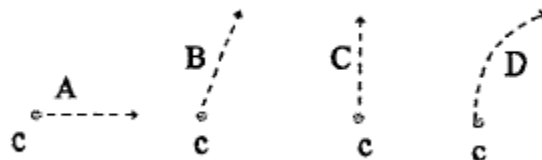
13. ¿Qué trayectoria de las representadas describirá el cohete entre los puntos "b" y "c"?



14. Mientras el cohete se mueve desde la posición "b" hasta la posición "c" la magnitud de su velocidad es:

- a) Constante.
- b) Continuamente creciente.
- c) Decrece continuamente.
- d) Aumenta durante un tiempo y después es constante.

15. En "c" son apagados los motores del cohete. ¿Cuál de las trayectorias representadas seguirá éste, después de "C"?



16. A partir de "c" la velocidad del cohete es:

- a) Constante.
- b) Continuamente creciente.
- c) Continuamente decreciente.
- d) Creciente al principio y constante después.

17. Una mujer ejerce una fuerza horizontal constante sobre una caja grande. Como resultado, la caja se mueve sobre un piso horizontal a velocidad constante " v_0 ". La fuerza horizontal constante aplicada por la mujer:
- a) Tiene la misma magnitud que el peso de la caja.
 - b) Es mayor que el peso de la caja.
 - c) Tiene la misma magnitud que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
 - d) Es mayor que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
18. Si la mujer de la pregunta anterior duplica la fuerza horizontal constante que ejerce sobre la caja para empujarla sobre el mismo piso horizontal, la caja se moverá:
- a) Con una velocidad constante que es el doble de la velocidad " v_0 " de la pregunta anterior.
 - b) Con una velocidad constante que es mayor que la velocidad " v_0 " de la pregunta anterior, pero no necesariamente el doble.
 - c) Con una velocidad creciente durante un rato, y después con una velocidad constante.
 - d) Con una velocidad continuamente creciente.
19. Si la fuerza aplicada a la caja en la pregunta 18 anterior desaparece repentinamente, la caja:
- a) Se detiene inmediatamente.
 - b) Continúa moviéndose a velocidad constante durante un corto periodo de tiempo para detenerse luego poco a poco.
 - c) Comienza inmediatamente a detenerse.
 - d) Se mueve a velocidad constante.
20. Dos bolas de metal del mismo tamaño, una de las cuales pesa el doble que la otra, ruedan con igual velocidad sobre una mesa horizontal. En un instante determinado alcanzan el borde de la mesa y caen. Resulta entonces que:
- a) Ambas bolas alcanzan el suelo aproximadamente a la misma distancia horizontal desde la base de la mesa.

- b) La bola más pesada alcanza el suelo aproximadamente a la mitad de distancia horizontal desde la base de la mesa de lo que lo hace la más ligera.
- c) La bola menos pesada alcanza el suelo aproximadamente a la mitad de distancia horizontal desde la base de la mesa de lo que lo hace la más pesada.
- d) La más pesada alcanza el suelo bastante más cerca de la base de la mesa que la más ligera, pero no necesariamente a la mitad de la distancia horizontal.

21. Un patinador disminuye su velocidad angular al extender los brazos debido principalmente a que:

- a) Pierde la mayor parte de su energía al hacer actuar fuerzas no conservativas.
- b) Aumenta el rozamiento de sus patines.
- c) Aumenta su momento de inercia.
- d) Aumenta el rozamiento de sus brazos con el aire.

22. Tres puntos situados sobre un disco giran a velocidad angular constante. Uno de ellos está en el borde del disco, otro a la mitad de camino entre el borde y el eje y el último situado sobre su eje. ¿Cuál de ellos tiene una velocidad lineal mayor?

- a) El situado más cerca del eje.
- b) El situado a mitad del disco.
- c) El situado en el extremo del disco.
- d) Todos igual ya que tienen la misma frecuencia de rotación.

23. El centro de masas de un sistema de partículas:

- a) Está situado sobre la partícula de mayor masa.
- b) Coincide con su centro de gravedad.
- c) No tiene por qué estar situado en una partícula en concreto.
- d) En un sistema de partículas no existe centro de masas, pero sí centro de gravedad.

24. Los cuerpos, que llamaremos 1,2,3 y 4, tienen las características que se indican en la tabla

Cuerpo	1	2	3
Naturaleza	Plástico	Hierro	Madera
Volumen	2 L	2 L	2 L

Si sumergimos totalmente esos cuerpos en agua ¿Cuál de ellos desalojará más agua? ¿Cuál de ellos desalojará menos agua?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) Todos por igual.

Cuestionario I3

Encuesta inicio del curso,

▪ Sexo ☐ Hombre ☐ Mujer ▪ Edad _____ años ▪ Indique los años de permanencia en la universidad ☐ 1-2 ☐ 3-4 ☐ 5-6 ☐ 7-8 ☐ Más de 8 ▪ Indique la titulación _____ ▪ Indique su nota de Selectividad _____ ▪ Indique el curso más avanzado en el que está matriculado _____ ▪ ¿Ha realizado algún curso online? Con respecto a la enseñanza presencial, evalúe esta nueva metodología (1 mucho peor, 5 mucho mejor). <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>▪ 1</td> <td>▪ 2</td> <td>▪ 3</td> <td>▪ 4</td> <td>▪ 5</td> </tr> </table> ▪ ¿Ha realizado prácticas presenciales de física? SI ☐ NO ☐ ▪ ¿Posee conocimientos de Excel? SI ☐ NO ☐ ▪ ¿Sabe realizar el ajuste por mínimos cuadrados con la hoja de cálculo? ○ Sí ○ No	▪ 1	▪ 2	▪ 3	▪ 4	▪ 5
▪ 1	▪ 2	▪ 3	▪ 4	▪ 5	

1. Al realizar una medida obtenemos 2,345 Pa. Por tanto, el resultado es:
 - a) $2,345 \pm 1$ Pa.
 - b) $2,345 \pm 0,0454$ Pa.
 - c) $2,345 \pm 0,001$ Pa.
 - d) $2,345 \pm 0,0001$ Pa.
2. ¿Cuál de las siguientes medidas es más precisa?
 - a) 22 ± 3 Pa.
 - b) 7 ± 1 Pa.
 - c) 77 ± 7 Pa.
 - d) 77 ± 10 Pa.
3. Cuando tocas la superficie de un objeto metálico que se encuentra a la sombra, la sientes fría. Esta sensación es porque...
 - a) El frío del metal se transfiere a la mano.
 - b) Hay flujo de calor de la mano al metal.
 - c) Los metales siempre son más fríos que el cuerpo.
 - d) Las terminaciones nerviosas de las manos activan antes la sinapsis en el caso de metales.

4. El espesor de un muro de la presa de un embalse...
- a) Va disminuyendo hacia el fondo porque la presión del agua disminuye en profundidad.
 - b) Va aumentando hacia el fondo porque la presión del agua aumenta en profundidad.
 - c) Va aumentando hacia el fondo para instalar los alternadores de la central.
 - d) No varía en toda su longitud ya que con esa cantidad de agua la presión que ejerce sobre las paredes de la presa es insignificante.
5. ¿Qué opinas de la siguiente frase: «Es más difícil cocer patatas en la cima de una montaña muy alta porque el agua no hierve a grandes alturas».
- a) Falso, claro que sí hierve, pero a una temperatura menor que a nivel del mar por lo que las patatas tardarán más en cocer.
 - b) Falso, el agua hierve siempre a la misma temperatura.
 - c) Verdadero, en la cima de la montaña el agua nunca llega a su punto de ebullición.
 - d) Ninguna es correcta.
6. El calor es...
- a) La cantidad de energía que tiene un cuerpo.
 - b) Una sustancia invisible que puede fluir de un cuerpo a otro.
 - c) La energía que se transfiere de un cuerpo caliente a otro frío.
 - d) Ninguna es correcta.
7. Los cuerpos, que llamaremos 1,2 y 3 tienen las características que se indican en la tabla

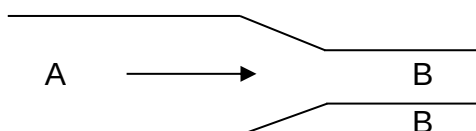
Cuerpo	1	2	3
Naturaleza	Plástico	Hierro	Madera
Volumen	2 L	2 L	2 L

Si sumergimos totalmente esos cuerpos en agua ¿Cuál de ellos desalojará más agua? ¿Cuál de ellos desalojará menos agua?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) Todos por igual.

8. La cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de la unidad de masa de una sustancia se denomina:
- a) Caloría.
 - b) Calor de convección.
 - c) Calor latente.
 - d) Calor específico.
9. Señala cuál de las siguientes afirmaciones no sucede durante el cambio de estado:
- a) La temperatura del cuerpo alcanza un valor fijo.
 - b) El cuerpo gana o cede calor según trate de un cambio de estado progresivo o regresivo.
 - c) La temperatura del cambio de estado es específica para cada sustancia.
 - d) La temperatura del cambio de estado aumenta si se trata de un cambio de estado progresivo.
10. Ana y Juan hierven agua cada uno en un cazo de iguales dimensiones y en el mismo tipo de quemador de gas. Si Juan tiene doble cantidad de agua que Ana y ambos utilizan el mismo tipo de termómetro para medir la temperatura, la temperatura que lee Ana es:
- a) Más alta que la de Juan.
 - b) Igual que la de Juan.
 - c) Inferior a la que lee Juan.
 - d) Muy inferior a la de ebullición.
11. Si sacamos de nuestro congelador dos cubitos de hielo, A y B, siendo el volumen de A el doble del de B, ¿cómo serán las temperaturas de ambos cubitos?
- a) Iguales.
 - b) A está a triple temperatura que B.
 - c) B está a doble temperatura que A.
 - d) A está a doble temperatura que B.
12. Si tenemos dos objetos de iguales dimensiones, uno de madera y otro de acero y, medimos su temperatura con termómetro, ¿cómo serán sus temperaturas?
- a) Iguales.
 - b) Mayor para el objeto de madera.

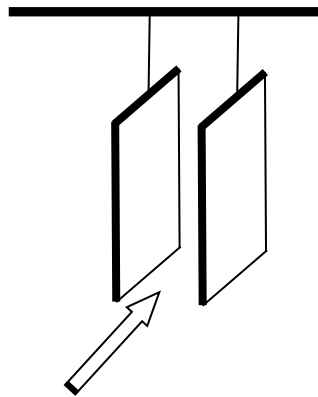
- c) Mayor para el objeto de acero.
- d) La madera no se calienta.
13. ¿Cuál es la temperatura más probable de un cubito de hielo en un congelador doméstico?
- a) Depende del tamaño del cubito.
- b) -10°C .
- c) 0°C .
- d) 6°C .
14. Tras unos instantes, el agua contenida en el interior de una cafetera metálica colocada sobre una resistencia eléctrica ha comenzado a hervir rápidamente. La temperatura, más probable, a la que estará el agua estará en torno a los:
- a) 80°C .
- b) 97°C .
- c) 120°C .
- d) 50°C .
15. ¿Qué consideras que existe en el interior de las características burbujas que se pueden observar en el agua mientras hierve?
- a) Nada.
- b) Aire.
- c) Oxígeno.
- d) Vapor de agua.
16. De entre las siguientes opciones selecciona aquella que más concuerde con la definición de temperatura.
- a) Es la medida de la cantidad de calor de un cuerpo.
- b) Es la medida de la energía cinética de cada molécula de gas.
- c) Es una magnitud que se puede medir con un instrumento llamado termómetro. Es una propiedad intensiva de los objetos.
- d) La temperatura de un cuerpo depende de su tamaño.
17. El agua que fluye por una tubería de sección constante (A), entra en un tramo de menor sección (B). Si se desprecia la viscosidad, la fricción con las paredes y los efectos gravitacionales:



- a) La presión en B es menor que en A y la velocidad en B es menor que en A.
- b) La presión en B es mayor que en A y la velocidad en B es menor que en A.
- c) La presión en B es menor que en A y la velocidad en B es mayor que en A.
- d) La presión en B es mayor que en A y la velocidad en B es mayor que en A.

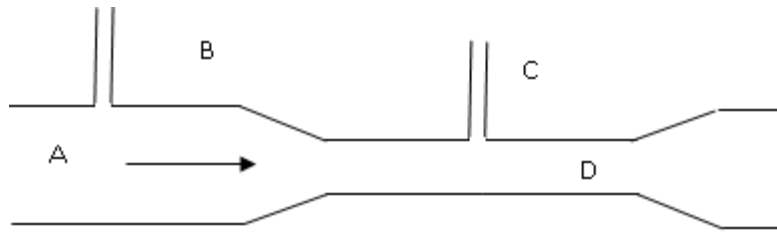
18. Se tienen dos láminas A y B de cartón colgadas de un hilo como se muestra en la figura. Si se sopla en medio de ambas láminas, ¿qué sucederá?

- a) Se juntarán.
- b) Se separarán.
- c) No se moverán.
- d) Se moverá una de ellas.

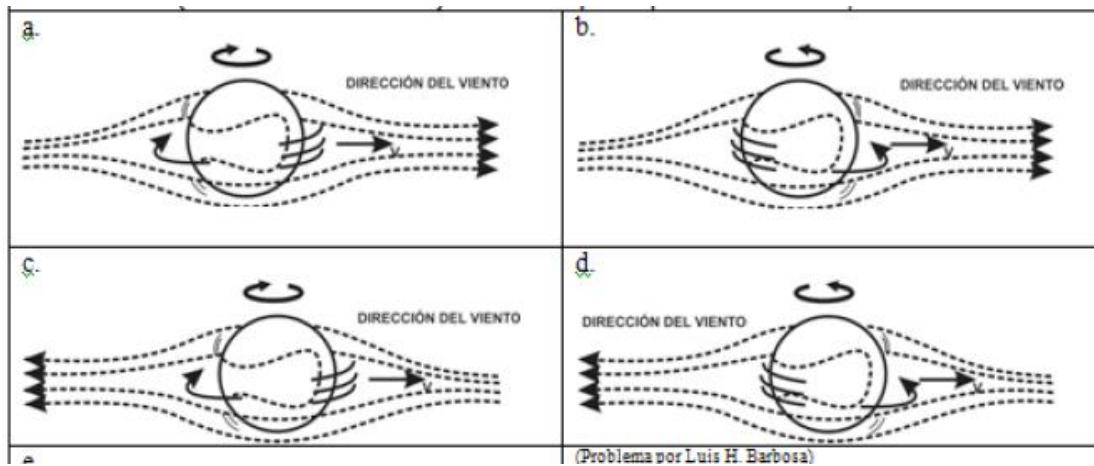


19. Un flujo de agua recorre la tubería que se muestra en la siguiente figura. A la vista de esta, podemos decir que la altura que alcanza el líquido en los tubos B y C (suponiendo que ambos sean de la suficiente longitud como para no desbordarse) y las velocidades en los tramos A y B...

- a) Las alturas en los tramos B y C son iguales y la velocidad en el tramo A es menor que en el tramo D.
- b) Las alturas en los tramos B y C son iguales y la velocidad en el tramo A es mayor que en el tramo D.
- c) La altura en el tramo B es mayor que el C y la velocidad en el tramo A es menor que en el tramo D.
- d) La altura en el tramo B es menor que el C y la velocidad en el tramo A es mayor que en el tramo D.



20. Una pelota de tenis avanza de izquierda a derecha rotando sobre sí misma y respecto al eje vertical. Mientras la pelota avanza se desvía hacia fuera de esta página. La ilustración que mejor representa la dirección del aire y la rotación de la pelota es:



Cuestionario I4

- Género ☐ Hombre ☐ Mujer
- Edad _____ años
- Indique los años de permanencia en la universidad
☐ 1-2 ☐ 3-4 ☐ 5-6 ☐ 7-8 ☐ Más de 8
- Indique la titulación _____
- Indique su nota de Selectividad _____
- Indique el curso más avanzado en el que está matriculado _____
- ¿Ha realizado algún curso online? Con respecto a la enseñanza presencial, evalúe esta nueva metodología (1 mucho peor, 5 mucho mejor).

▪ 1	▪ 2	▪ 3	▪ 4	▪ 5

- ¿Ha realizado prácticas presenciales de física?
SI ☐ NO ☐
- ¿Posee conocimientos de Excel? SI ☐ NO ☐
- ¿Sabe realizar el ajuste por mínimos cuadrados con la hoja de cálculo?
☐ Sí
☐ No

1. Al medir una velocidad con un velocímetro digital obtenemos 2,345 m/s. Por tanto, el resultado es:
 - a) $2,345 \pm 1$ m/s.
 - b) $2,345 \pm 0,0455$ m/s.
 - c) $2,345 \pm 0,0015$ m/s.
 - d) $2,345 \pm 0,002$ m/s.
2. En un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado se cumple que...
 - a) No existe aceleración normal ni tangencial.
 - b) La aceleración normal se mantiene constante y la tangencial es cero.
 - c) La aceleración normal es cero y la tangencial es constante.
 - d) La aceleración tangencial es igual a la normal.
3. En un movimiento circular uniforme, el módulo de la aceleración total:
 - a) Es nulo porque el movimiento es uniforme.
 - b) Es constante, porque se trata de un movimiento uniforme.
 - c) Depende del tiempo.
 - d) Es mayor que el módulo de la aceleración normal.

4. Tres puntos situados sobre un disco giran a velocidad angular constante. Uno de ellos está en el borde del disco, otro a la mitad de camino entre el borde y el eje, y el último situado sobre su eje. ¿Cuál de ellos tiene una velocidad lineal mayor?
 - a) El situado más cerca del eje.
 - b) El situado a mitad del disco.
 - c) El situado en el extremo del disco.
 - d) Todos igual ya que tienen la misma frecuencia de rotación.
5. Un patinador disminuye su velocidad angular al extender los brazos debido principalmente a que:
 - a) Pierde la mayor parte de su energía al hacer actuar fuerzas no conservativas.
 - b) Aumenta el rozamiento de sus patines.
 - c) Aumenta su momento de inercia.
 - d) Aumenta el rozamiento de sus brazos con el aire.
6. Dos estudiantes de Física I del Grado en Ingeniería Agroambiental salen del metro de Ciu. Benito sube por las escaleras mecánicas y Alicia a su lado por las normales. Si llegan a la vez arriba:
 - a) La velocidad relativa de Alicia es menor que la absoluta de Benito.
 - b) Sus velocidades absolutas son iguales.
 - c) La velocidad relativa de Alicia vista desde las escaleras mecánicas es, en general, cero.
 - d) La velocidad de arrastre de Benito es mayor que la de Alicia.
7. Imagínese un choque frontal entre un camión y un coche pequeño. Durante la colisión:
 - a) El camión ejerce una fuerza mayor sobre el coche que el coche sobre el camión.
 - b) Ninguno de los dos ejerce fuerza sobre el otro. El coche se aplasta porque está en el camino del camión.
 - c) El camión ejerce una fuerza sobre el coche pero el coche no ejerce ninguna fuerza sobre el camión.
 - d) El camión ejerce la misma fuerza sobre el coche que el coche sobre el camión.

8. Para que un cuerpo se mueva a velocidad constante, tiene que haber:
- a) Una fuerza que tire de él.
 - b) Una fuerza que lo empuje.
 - c) No puede haber ninguna fuerza.
 - d) Todas las respuestas anteriores son falsas.
9. La cantidad de movimiento de dos cuerpos:
- a) Es mayor en el que se mueve más rápido.
 - b) Puede ser mayor para el que se mueve más despacio.
 - c) Es mayor para el que rota más deprisa.
 - d) Todas las respuestas anteriores son falsas.
10. Si sobre un cuerpo actúan varias fuerzas y su suma es cero, entonces:
- a) El cuerpo está siempre en reposo.
 - b) El cuerpo se mueve con velocidad constante.
 - c) El cuerpo se mueve con aceleración constante.
 - d) Todas las respuestas anteriores son falsas.

Cuestionario I5

- Género ☐ Hombre ☐ Mujer
- Edad _____ años
- Indique los años de permanencia en la universidad
☐ 1-2 ☐ 3-4 ☐ 5-6 ☐ 7-8 ☐ Más de 8
- Indique la titulación _____
- Indique su nota de Selectividad _____
- Indique el curso más avanzado en el que está matriculado _____
- ¿Ha realizado algún curso online? Con respecto a la enseñanza presencial, evalúe esta nueva metodología (1 mucho peor, 5 mucho mejor).

▪ 1	▪ 2	▪ 3	▪ 4	▪ 5

- ¿Ha realizado prácticas presenciales de física? SI ☐ NO ☐
- ¿Posee conocimientos de Excel? SI ☐ NO ☐
- ¿Sabe realizar el ajuste por mínimos cuadrados con la hoja de cálculo?
☐ Sí
☐ No

1. Al medir una fuerza con un dinamómetro digital que tiene una precisión de 0,2 N obtenemos 5,6 N. Por tanto, el resultado es:
 - a) $5,6 \pm 0,15$ N.
 - b) $5,6 \pm 0,2$ N.
 - c) $5,60 \pm 0,020$ N.
 - d) $5,600 \pm 0,206$ N.
2. Si sobre un sólido rígido actúan varias fuerzas y su suma es cero, entonces:
 - a) El sólido está siempre en reposo.
 - b) El sólido se mueve con velocidad constante no nula.
 - c) El sólido se mueve con aceleración constante.
 - d) Todas las respuestas anteriores son falsas.
3. La fuerza de rozamiento con el suelo de un objeto en equilibrio.
 - a) Es siempre mayor que la fuerza normal, dado que $F_R = \mu N$.
 - b) Puede ser tanto mayor como menor que la fuerza normal.
 - c) Actúa en la dirección paralela al suelo.
 - d) Es nula, dado que no hay movimiento.

4. El centro de gravedad de una superficie.
 - a) Siempre está contenido en ella.
 - b) Puede estar fuera de ella.
 - c) Está contenido en la superficie sólo si es homogénea
 - d) Está dentro de la superficie si es plana.
5. El centro de gravedad de una esfera sólida.
 - a) Siempre coincide con el centro geométrico de la esfera.
 - b) Puede no coincidir con el centro geométrico de la esfera.
 - c) Siempre coincide con el centro geométrico de la esfera si es heterogénea.
 - d) Todas las respuestas anteriores son falsas.
6. El momento de inercia de un objeto con respecto a su centro de gravedad.
 - a) Es mayor que el calculado con respecto a cualquier otro punto.
 - b) Es menor que el calculado con respecto a cualquier otro punto.
 - c) Está relacionado con el momento de inercia de un punto de la superficie por el teorema de Steiner sólo si el objeto es homogéneo.
 - d) Todas las respuestas anteriores son falsas.
7. El momento de inercia de un disco homogéneo D1.
 - a) Es siempre mayor que el momento de inercia de otro disco homogéneo D2 si sus masas satisfacen que $m_1 > m_2$.
 - b) Es siempre mayor que el momento de inercia de otro disco homogéneo D2 si sus radios satisfacen que $R_1 > R_2$.
 - c) No depende de la densidad del disco.
 - d) Todas las respuestas anteriores son falsas.
8. La aceleración de un objeto que rueda sin deslizar por un plano inclinado.
 - a) Es mayor cuanto mayor sea la masa del objeto.
 - b) Es mayor cuanto mayor sea el momento de inercia del objeto.
 - c) No depende del valor numérico de la masa sino de su distribución.
 - d) Todas las respuestas anteriores son falsas.
9. La tensión de una cuerda que pasa por una polea de masa despreciable.
 - a) Es la misma en ambos lados de la polea.
 - b) Es mayor en uno de los lados de la polea.
 - c) Es despreciable puesto que la masa de la polea es muy pequeña.
 - d) Todas las respuestas anteriores son falsas.

10. Si un cubo y una esfera de la misma masa están sometidos a la acción de la misma fuerza.
- a) La aceleración del cubo es siempre igual que la de la esfera.
 - b) La aceleración del cubo es menor que la de la esfera si ésta rueda.
 - c) La aceleración del cubo es mayor que la de la esfera si ésta rueda.
 - d) La aceleración del cubo puede ser tanto mayor como menor o igual que la de la esfera si ésta rueda.

Anexo II. Cuestionarios LVF

Cuestionario inicial

1. El coeficiente de resistividad se expresa en las siguientes unidades:
 - a) $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$.
 - b) $\Omega \text{ mm}^2/\text{V}$.
 - c) $\Omega \text{ mm}^2$.
2. La curva que representa la diferencia de potencial frente a la intensidad en los materiales no óhmicos nunca presenta un comportamiento lineal para pequeños valores.
 - a) Verdadero.
 - b) Falso.
3. En los materiales que cumplen la ley de Ohm, la relación entre la diferencia de potencial entre los extremos y la intensidad es...
 - a) Lineal.
 - b) Cúbica.
 - c) Cuadrática.
4. El solenoide se aplica para:
 - a) Construir electroimanes.
 - b) Solamente fines educativos.
 - c) No tiene utilidad práctica.
5. En un solenoide cuya longitud es igual a su radio:
 - a) No puede aplicarse la expresión $B = \mu n I$.
 - b) Puede aplicarse la expresión $B = \mu n I$.
 - c) Puede aplicarse la expresión $B = \mu n I$.
6. ¿Quién enunció la ley de Ohm?
 - a) Georg Simon Ohm.
 - b) Albert Ohm.
 - c) Ernest Ohmnes, físico austriaco
7. En los materiales óhmicos, al representar la diferencia de potencial frente a la intensidad se obtiene:
 - a) Una recta.

- b) Depende de la intensidad.
 - c) Una curva.
8. El amperímetro debe presentar poca resistencia para no impedir el paso de la corriente eléctrica y, de esta forma, medir correctamente la diferencia de potencial entre dos puntos
- a) Verdadero.
 - b) Falso.
9. El voltímetro no se coloca en serie en un circuito.
- a) Verdadero.
 - b) Falso.
10. Si se conectan dos resistencias en serie en un circuito:
- a) La intensidad que circula por la resistencia menor será mayor puesto que presenta menor impedimento al tránsito de la misma.
 - b) Por ambas pasará la misma intensidad.
 - c) Ambas presentan la misma diferencia de potencial en sus extremos.
11. En un gas ideal:
- a) Las moléculas están libres y los choques entre ellas son elásticos.
 - b) Las moléculas están libres y los choques entre ellas son inelásticos.
 - c) Las moléculas reaccionan entre ellas y se combinan.
12. La presión de un gas en un recipiente cerrado:
- a) Es inversamente proporcional al volumen del recipiente.
 - b) Es directamente proporcional al volumen del recipiente.
 - c) Es independiente de si el recipiente aumenta o disminuye de volumen.
13. Las variables que permanecen como constantes en la ley de Boyle Mariotte son:
- a) La temperatura.
 - b) La presión.
 - c) La temperatura y la cantidad de gas.
14. La gráfica velocidad-tiempo de un movimiento uniformemente acelerado...
- a) Es una línea recta si la trayectoria es rectilínea.
 - b) Es una hipérbola.
 - c) Es una recta inclinada.
15. El movimiento que produce el canal de aire es:
- a) Uniforme.

- b) Uniformemente acelerado.
 - c) Curvilíneo uniforme.
16. La cinemática no estudia las causas que producen el movimiento de los cuerpos.
- a) Verdadero.
 - b) Falso.
17. No se puede realizar el ajuste por mínimos cuadrados con la hoja Excel.
- a) Verdadero.
 - b) Falso.
18. Para medir el diámetro interior de un cilindro utilizaré:
- a) Un calibre
 - b) Una regla
 - c) Ninguno de los dos
19. El ajuste por mínimos cuadrados se realiza solo para ajustar rectas
- c) Verdadero.
 - d) Falso.
20. Cuanto menor es la incertidumbre relativa:
- a) Mejor es la medida.
 - b) Peor es la medida.
 - c) Mayor es el error accidental
21. ¿Cuántas cifras significativas tiene la siguiente medida: 423,30?
- a) 1.
 - b) 2.
 - c) 3.
 - d) 5.
22. Error e incertidumbre...
- a) Significan lo mismo.
 - b) Es mejor utilizar la palabra incertidumbre puesto que es imposible conocer el valor verdadero.
 - c) El error es más fácil de calcular por lo que es más utilizado.
23. Si con un amperímetro digital se realiza una sola medida, 2,345 mA, la forma correcta de expresar el resultado es:
- a) 2,345 mA
 - b) $2,345 \pm 0,01$.

- c) $2,345 \pm 0,001$ mA.
 - d) $2,345 \pm 0,000$ mA.
24. A la vista solo de la medida, ¿cuál de las siguientes medidas es de mejor calidad?
- a) 23 ± 2 mm.
 - b) 7 ± 1 mm.
25. ¿Por qué eligió esta asignatura?
- a) Me interesa la Física
 - b) Por cumplir solo con los créditos
 - c) No había otra con plazas
 - d) Mis compañeros se matricularon
 - e) Por ser online
26. ¿Posee conocimientos de Excel?
- a) Verdadero.
 - b) Falso.
27. ¿Ha realizado las prácticas de laboratorio de Física de primer curso?
- a) Sí
 - b) No
 - c) Las realizaré en breve durante este curso
28. ¿Tiene aprobada la asignatura de Física de primer curso?
- a) Verdadero.
 - b) Falso.
29. Indique el curso superior en el que está matriculado.
- a) Primero.
 - b) Segundo.
 - c) Tercero.
 - d) Cuarto.
 - e) Quinto.
30. Está matriculado en...
- a) Escuela de Ingeniería Aeronáutica.
 - b) Escuela de Ingeniería Forestal y del Medio Natural.
 - c) Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
 - d) Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos.
 - e) Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.

- f) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- g) Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- h) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas.
- i) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- j) Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales.
- k) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación
- l) Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía.
- m) Facultad de Informática.
- n) Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica.
- o) Escuela Universitaria de Informática.
- p) Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica.
- q) Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola
- r) Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal.
- s) Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial.
- t) Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Obras Públicas.
- u) Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación.

31.Procede de...

- a) Escuela Universitaria.
- b) Escuela Técnica Superior o facultad.

Cuestionario de la práctica 1

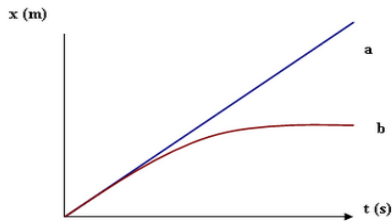
1. El ajuste por mínimos cuadrados se realiza solo para ajustar rectas.
 - a) Verdadero.
 - b) Falso.
2. Si con un amperímetro digital se realiza una sola medida, 2,345 mA, la forma correcta de expresar el resultado es:
 - a) 2,345 mA.
 - b) 2, 345 $\pm$ 0,01.
 - c) 2, 345 $\pm$ 0,001 mA.
 - d) 2, 345 $\pm$ 0,000 mA.
3. ¿Cuántas cifras significativas tiene la siguiente medida: 0,00023?
 - a) 1.
 - b) 2.
 - c) 4.
 - d) 5.
4. ¿Cuántas cifras significativas tiene la siguiente medida: 423,30?
 - a) 1.
 - b) 2.
 - c) 3.
 - d) 5.
5. A la vista solo de la medida, ¿cuál de las siguientes medidas es de mejor calidad?
 - a) 23 ± 2 mm.
 - b) 7 ± 1 mm.
6. Selecciona de entre los siguientes resultados, el que está expresado de forma correcta.
 - a) $0,23 \pm 0,01$
 - b) $0,233 \pm 0,0001$
 - c) $23 \pm 0,1$
 - d) $2,5 \pm 2$
7. Para conocer si el ajuste a una recta por el método de los mínimos cuadrados se ha realizado de forma correcta:
 - a) El valor del coeficiente de correlación debe ser próximo a 1.
 - b) El valor del coeficiente de correlación debe ser próximo a 0.

- c) El valor del coeficiente de correlación debe ser mayor a 1.
- 8.No se puede realizar el ajuste por mínimos cuadrados con la hoja Excel.
- a) Verdadero.
 - b) Falso.
- 9.Para expresar correctamente el resultado de una medida:
- a) El valor medio y su incertidumbre deben de tener el mismo número de decimales.
 - b) El valor medio y su incertidumbre deben de tener al menos 4 decimales.
 - c) El valor medio se expresa con menos decimales que su incertidumbre.
- 10.Si la incertidumbre absoluta obtenida a partir de una serie de medidas es menor que la apreciación del instrumento:
- a) Se toma como valor de la incertidumbre la apreciación del instrumento.
 - b) La medida se ha realizado de forma correcta.
 - c) La medida se ha realizado de forma incorrecta.
- 11.Cuanto menor es la incertidumbre relativa:
- a) Mejor es la medida.
 - b) Peor es la medida.
 - c) Mayor es el error accidental.
- 12.Error e incertidumbre...
- a) Significan lo mismo.
 - b) Es mejor utilizar la palabra incertidumbre puesto que es imposible conocer el valor verdadero.
 - c) El error es más fácil de calcular por lo que es más utilizado.
- 13.Los errores sistemáticos:
- a) Son aleatorios.
 - b) Siempre afectan de la misma forma, por lo que se pueden llegar a eliminar.
 - c) Son debidos solo al operador
- 14.Cuanto mayor es la incertidumbre de una medida:
- a) Menor es su precisión.
 - b) Mayor es su precisión.
 - c) Es independiente de su precisión.
- 15.Para medir un objeto de una longitud aproximada de 300 mm utilizarías:
- a) Un calibre.

- b) Una regla.
 - c) Ninguno de los dos.
16. ¿Si se obtiene siempre el mismo valor al medir podemos decir que la medida es exacta?
- a) No, ya que puede tratarse de un instrumento poco sensible o con alguna tara.
 - b) Si, es el valor verdadero.
 - c) Depende del operario.
17. Para medir el diámetro interior de un cilindro utilizaré:
- a) Un calibre.
 - b) Una regla.
 - c) Ninguno de los dos.
18. ¿Las cifras decimales que nos aporta un instrumento de medida digital son todas verdaderas?
- a) Si, son todas ciertas.
 - b) No, hay que tener en cuenta la imprecisión.
 - c) Depende del fabricante.
19. ¿Cuál de las siguientes expresiones es correcta?
- a) $30 \pm 0,05 \text{ m/s}$.
 - b) $35 \pm 0,5 \text{ m/s}$.
 - c) $35,3 \pm 0,1 \text{ m/s}$.
20. ¿Cuántas cifras significativas tiene el número 023,45007?
- a) 2.
 - b) 7.
 - c) 4.
21. El resultado de una medición es más preciso si...
- a) Se realiza una sola medida.
 - b) Se realizan varias medidas.
 - c) Se realiza la medición rápidamente.

Cuestionario de la práctica 2

1. Si un vehículo parte del reposo con una aceleración constante de 10 m/s^2 ...
 - a) El desplazamiento recorrido a los 2 segundos es 20 m.
 - b) Se parará a los 5 segundos.
 - c) Ambas son ciertas.
2. La representación gráfica de la aceleración frente al tiempo en un movimiento uniformemente acelerado da lugar a...
 - a) Una recta paralela al eje del tiempo.
 - b) Una curva.
 - c) Depende de la velocidad del móvil.
3. La aceleración en un movimiento uniformemente acelerado se puede calcular...
 - a) A partir de la pendiente de la recta que representa el desplazamiento frente al tiempo al cuadrado.
 - b) A partir de la pendiente de la curva desplazamiento frente al tiempo.
 - c) De la pendiente de la recta que representa el desplazamiento al cuadrado frente al tiempo.
4. Si tomamos el sentido positivo hacia arriba y dejamos caer hacia abajo un objeto:
 - a) Su velocidad inicial es cero.
 - b) Su velocidad final es cero.
 - c) Su aceleración de caída es $9,8 \text{ m/s}^2$.
5. Una motocicleta parte del reposo con una aceleración de 4 m/s^2 durante 20 segundos:
 - a) La distancia recorrida es de 20 metros.
 - b) La aceleración final de 0 m/s^2 .
 - c) La velocidad final es de 80 m/s .
6. Se lanza hacia arriba una pelota con una velocidad inicial de 10 m/s . Si se toma como positivo el sentido hacia arriba, la velocidad final transcurridos 5 segundos es igual a:
 - a) 0 m/s .
 - b) -39 m/s .
 - c) 39 m/s .
7. ¿En cuál de los dos casos expuestos en la gráfica la velocidad disminuye?



- a) El a.
 - b) El b.
 - c) Ambos.
8. La gráfica aceleración-tiempo de un movimiento uniformemente acelerado...
- a) Es una recta paralela al eje que representa el tiempo.
 - b) Es curva.
 - c) Es recta si la trayectoria es recta.
9. La gráfica espacio-tiempo de un movimiento uniformemente acelerado...
- a) Es una parábola.
 - b) Es una hipérbola.
 - c) La mayoría de las veces son curvas.
10. La gráfica velocidad-tiempo de un movimiento uniformemente acelerado...
- a) Es una línea recta si la trayectoria es rectilínea.
 - b) Es una hipérbola.
 - c) Es una recta inclinada.
11. La cinemática no estudia las causas que producen el movimiento de los cuerpos.
- a) Verdadero.
 - b) Falso.
12. La dinámica solo estudia el movimiento de los cuerpos.
- a) Verdadero.
 - b) Falso.
13. En un movimiento rectilíneo uniforme:
- a) Es constante el módulo de la velocidad.
 - b) No es constante el módulo de la velocidad.
 - c) Es constante la aceleración.
14. El movimiento que produce el canal de aire es:
- a) Uniforme.
 - b) Uniformemente acelerado.

c) Curvilíneo uniforme.

15. En el carril de aire no existe rozamiento.

a) Verdadero.

b) Falso.

16. Los datos del movimiento del móvil, en un carril de aire, se registran en un PC por:

a) La señal eléctrica que produce el sensor de desplazamiento.

b) Por la cantidad de aire que sale por los orificios del carril.

c) Un cronómetro.

17. La representación gráfica del desplazamiento recorrido frente al tiempo al cuadrado en un movimiento uniformemente acelerado da lugar a:

a) Una recta.

b) Una curva.

c) Depende de la velocidad del móvil.

18. La representación gráfica entre la velocidad y el tiempo en un movimiento uniformemente acelerado da lugar a...

a) Una recta.

b) Una curva.

c) Depende de la velocidad del móvil.

Cuestionario de la práctica 3

1. En un gas a temperatura constante, si disminuye la presión:
 - a) El volumen aumenta.
 - b) El volumen disminuye.
 - c) El volumen permanece invariable.
2. Para comprobar la ley de Boyle:
 - a) La temperatura del gas tiene que permanecer constante.
 - b) La presión del gas debe permanecer constante.
 - c) La presión y el volumen deben permanecer constantes.
3. La representación gráfica entre la presión y el volumen de un gas ideal da lugar a...
 - a) Una hipérbola equilátera.
 - b) Una recta.
 - c) Depende del gas noble.
4. Un gas real...
 - a) Cumple rigurosamente con la ley de Boyle Mariotte.
 - b) No cumple estrictamente la ley de Boyle Mariotte.
 - c) Cumple con la ley de Boyle Mariotte para determinados valores de su temperatura.
5. En esta práctica, los valores de la presión que ejerce la bomba son:
 - a) Negativos ya que la bomba origina el vacío en el interior del termómetro de mercurio.
 - b) Positivos al provocar una sobrepresión.
 - c) Negativos, ya que se oponen al ascenso de la gota de mercurio.
6. En este experimento, la presión total sobre el gas se calcula como la suma de:
 - a) La originada por el peso de la gota de mercurio y la succión de la bomba.
 - b) La originada por el peso de la gota de mercurio y la atmosférica.
 - c) Las presiones originadas por el peso de la gota de mercurio, la atmosférica y bomba.
7. Permaneciendo constante el valor de la temperatura, si se representa gráficamente los valores de $\ln P$ frente a $\ln V$ en un gas ideal se obtiene:
 - a) Una recta.
 - b) Una hipérbola.
 - c) Una parábola.

8. Permaneciendo constante el valor de la temperatura, si se representa gráficamente los valores de P frente a V en un gas ideal se obtiene:

- a) Una recta.
- b) Una hipérbola equilátera.
- c) Una parábola.

9. En un gas ideal:

- a) Las moléculas están libres y los choques entre ellas son elásticos.
- b) Las moléculas están libres y los choques entre ellas son inelásticos.
- c) Las moléculas reaccionan entre ellas y se combinan.

10. Las variables que permanecen constantes en la ley de Boyle Mariotte son:

- a) La temperatura
- b) La presión.
- c) La temperatura y la cantidad de gas.

11. La presión de un gas en un recipiente cerrado:

- a) Es inversamente proporcional al volumen del recipiente.
- b) Es directamente proporcional al volumen del recipiente.
- c) Es independiente de si el recipiente aumenta o disminuye de volumen.

12. En un gas ideal:

- a) No hay fuerza de atracción entre moléculas.
- b) Las moléculas se atraen.
- c) Las colisiones entre moléculas son inelásticas.

13. La ley de Boyle Mariotte fue formulada por:

- a) Robert Boyle Mariotte en 1870.
- b) Robert Boyle y Edme Mariotte.
- c) La necesidad de buscar una fuente alternativa de combustible.

14. 5 L de gas están a 500 mmHg de presión. Si se cumple la ley de Boyle Mariotte, ¿cuál es el volumen que ocuparán si se aumenta la presión a 1000 mmHg?

- a) 2,5 L.
- b) 10 L.
- c) 20 L.

15. 5 L de un gas ideal están encerrados en un recipiente a 500 mmHg de presión, si aumentamos la temperatura...

- a) El volumen del gas ideal aumenta.

- b) La presión del gas ideal disminuye.
- c) El número de moléculas del gas ideal permanece constante.

16. En un gas ideal:

- a) Las moléculas están libres y los choques entre ellas son elásticos.
- b) Las moléculas están libres y los choques entre ellas son inelásticos.
- c) Las moléculas reaccionan entre ellas y se combinan.

Cuestionario de la práctica 4

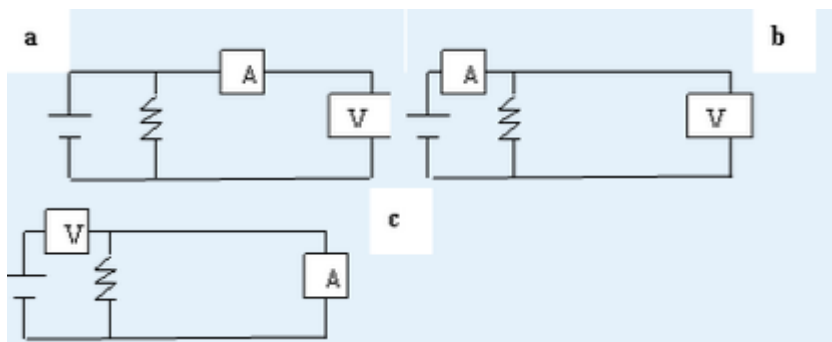
- 1.El voltímetro no se coloca en serie en un circuito.
 - a) Verdadero.
 - b) Falso.
- 2.El amperímetro se coloca en paralelo en un circuito.
 - a) Verdadero.
 - b) Falso.
- 3.El amperímetro, al presentar una resistencia interna mayor a la del voltímetro, permite un mejor tránsito de la corriente eléctrica.
 - a) Verdadero.
 - b) Falso.
- 4.El amperímetro debe presentar poca resistencia para no impedir el paso de la corriente eléctrica.
 - a) Verdadero.
 - b) Falso.
- 5.El amperímetro debe presentar poca resistencia para no impedir el paso de la corriente eléctrica y, de esta forma, medir correctamente la diferencia de potencial entre dos puntos.
 - a) Verdadero.
 - b) Falso.
- 6.Si queremos colocar tres bombillas en un circuito de tal forma que si se funde una de ellas las otras dos sigan funcionando, hemos de colocarlas:
 - a) En serie.
 - b) En paralelo.
 - c) Es indiferente.
- 7.En los materiales óhmicos, al representar la diferencia de potencial frente a la intensidad se obtiene:
 - a) Una recta.
 - b) Depende de la intensidad.
 - c) Una curva.
- 8.Si la resistencia del voltímetro fuera muy baja:
 - a) Se derivaría corriente a través de él.
 - b) Se mediría mejor la diferencia de potencial.

c) Funcionaría con mayor precisión.

9. En los conductores óhmicos:

- a) La diferencia de potencial entre dos puntos es proporcional a la intensidad de la corriente eléctrica que lo transita.
- b) La resistencia es proporcional a su temperatura.
- c) La resistencia depende de la intensidad de corriente.

10. De entre las siguientes posibilidades de conexión de un voltímetro y un amperímetro, elige la más correcta si se desea medir la diferencia de potencial y la intensidad en la resistencia.



- a)
- b)
- c)

11. Si conectamos dos resistencias distintas en paralelo:

- a) Por la de menor resistencia pasará mayor intensidad.
- b) Por la de mayor resistencia pasará mayor intensidad.
- c) Por ambas resistencias pasará la misma intensidad de corriente.

12. Si se conectan dos resistencias en serie en un circuito:

- a) La intensidad que circula por la resistencia menor será mayor puesto que presenta menor impedimento al tránsito de esta.
- b) Por ambas pasará la misma intensidad.
- c) Ambas presentan la misma diferencia de potencial en sus extremos.

13. ¿Quién enunció la ley de Ohm?

- a) Georg Simon Ohm.
- b) Albert Ohm.
- c) Ernest Ohmnes, físico austriaco.

14. Si queremos medir la intensidad eléctrica que circula a través de una resistencia, el amperímetro hemos de colocarlo:

- a) Delante de la resistencia.
- b) Detrás de la resistencia.
- c) Tanto delante como detrás.

Cuestionario de la práctica 5

- 1.El campo magnético en el interior de un solenoide no depende de la permeabilidad magnética del medio.
 - a) Verdadero.
 - b) Falso.
- 2.El teslámetro es el instrumento que mide el campo magnético.
 - a) Verdadero.
 - b) Falso.
- 3.Para medir correctamente el campo magnético en el interior de un solenoide la sonda axial debe estar colocada:
 - a) En el exterior del solenoide, pero lo más cercano posible a él.
 - b) Fuera del solenoide.
 - c) En su centro.
- 4.Antes de comenzar a medir el campo magnético:
 - a) Hay que limpiar la sonda.
 - b) Hay que calibrar el teslámetro.
 - c) Hay que ponerse gafas de protección.
- 5.Las unidades de la permeabilidad magnética son:
 - a) T m/A.
 - b) T/A.
 - c) m/A.
- 6.Es más preciso el resultado de la medida del campo magnético si se realiza una sola medición en vez de varias.
 - a) Verdadero.
 - b) Falso.
- 7.La representación gráfica de la inducción magnética frente a la intensidad da lugar tras el ajuste a:
 - a) Una recta.
 - b) Una curva.
 - c) Un punto.
- 8.A mayor número de espiras:
 - a) Mayor campo en el interior del solenoide
 - b) Menor campo en el interior del solenoide.

- c) El campo en el interior del solenoide es independiente del número de espiras.

9. La fórmula $B = \mu n I$ es aplicable:

- a) Para todo solenoide.
- b) Para solenoides de longitud infinita.
- c) Para una espira.

10. En un solenoide cuya longitud es igual a su radio:

- a) No puede aplicarse la expresión $B = \mu n I$.
- b) Puede aplicarse la expresión $B = \mu n I$.
- c) No existe campo magnético en su interior.

11. El solenoide se aplica para:

- a) Construir electroimanes.
- b) Solamente fines educativos.
- c) No tiene utilidad práctica.

12. Los electroimanes, ¿tienen alguna utilidad práctica?

- a) Mucha, por ejemplo, para separar los metales en la industria.
- b) Solamente para la experimentación en laboratorio.

Cuestionario de la práctica 6

1. ¿Podemos considerar que, en los materiales no óhmicos, para valores pequeños de la intensidad y la diferencia de potencial se cumple la ley de Ohm?
 - a) Verdadero.
 - b) Falso.
2. La curva que representa la diferencia de potencial frente a la intensidad en los materiales no óhmicos nunca presenta un comportamiento lineal para pequeños valores.
 - a) Verdadero.
 - b) Falso.
3. El coeficiente de resistividad depende de la temperatura del material.
 - a) Verdadero.
 - b) Falso.
4. De la relación entre la diferencia de potencial entre los extremos de un material conductor y la intensidad que lo recorre se obtiene una curva denominada:
 - a) Curva característica.
 - b) Curva de consumo.
 - c) Recta de regresión óhmica.
5. En los materiales que cumplen la ley de Ohm, la relación entre la diferencia de potencial entre los extremos y la intensidad es...
 - a) Lineal.
 - b) Cúbica.
 - c) Cuadrática.
6. La resistencia de un hilo conductor es función de:
 - a) La longitud, la sección y del coeficiente de resistividad.
 - b) La longitud y la sección.
 - c) Solo del coeficiente de resistividad.
7. El coeficiente de resistividad se expresa en las siguientes unidades:
 - a) $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
 - b) $\Omega \text{ mm}^2/\text{V}$
 - c) $\Omega \text{ mm}^2$
8. La expresión que representa la variación entre la resistencia con la temperatura se puede emplear...

- a) En ausencia de dilataciones en el material que afecten a su longitud y sección.
- b) Para valores altos de la temperatura.
- c) Nunca.

9.El coeficiente de temperatura característico del material...

- a) Es mayor que cero en los materiales conductores.
- b) Es menor que cero en los materiales conductores.
- c) Es igual a cero.

10.El coeficiente de temperatura característico del material...

- a) Es menor que cero en los materiales semiconductores.
- b) Es mayor que cero en los materiales semiconductores.
- c) Es igual a cero.

11.En los materiales conductores:

- a) La resistencia aumenta con el aumento de temperatura.
- b) La resistencia disminuye con el aumento de temperatura.
- c) Es indiferente de la temperatura.

12.En los materiales semiconductores:

- a) La resistencia disminuye con el aumento de temperatura.
- b) La resistencia aumenta con el aumento de temperatura.
- c) Es indiferente de la temperatura.

13.A la vista de los resultados de la práctica:

- a) El filamento metálico es mejor conductor que el filamento de carbón ya que a medida que aumenta la intensidad que lo transita, aumenta el valor de su resistencia, al contrario de lo que ocurre en el filamento de carbón, que disminuye su resistencia al ir aumentando la intensidad.
- b) El filamento metálico es peor conductor que el filamento de carbón ya que a medida que aumenta la intensidad que lo transita, disminuye el valor de su resistencia, al contrario de lo que ocurre en el filamento de carbón, que aumenta su resistencia al ir aumentando la intensidad.
- c) Ambos filamentos no presentan diferencias en cuanto a sus propiedades conductoras.

14.El filamento de una lámpara incandescente puede alcanzar temperaturas en torno a los...

- a) 2.000 °C
- b) 30.000 °C
- c) 100 °C

15. Las lámparas actuales de bajo consumo, consumen bastante menos que una lámpara de incandescencia y...

- a) Duran 8 veces más que las tradicionales de incandescencia.
- b) Duran menos que las de incandescencia.
- c) Duran igual que las de incandescencia.

Cuestionario final

1. Al realizar una medida con un amperímetro digital obtenemos 2,345 mA. Por tanto, el resultado es:

- a) $2,345 \pm 1 \text{ mA}$.
- b) $2,345 \pm 0,0045 \text{ mA}$.
- c) $2,345 \pm 0,001 \text{ mA}$.

2. Las variables que permanecen como constantes en la ley de Boyle Mariotte son:

- a) La temperatura.
- b) La presión.
- c) La temperatura y la cantidad de gas.

3. La representación gráfica de la presión frente al volumen de un gas ideal da lugar a:

- a) Una hipérbola equilátera.
- b) Una recta.
- c) Depende del gas.

4. 5 L de gas están a 500 mmHg de presión. Si se cumple la ley de Boyle Mariotte: ¿Cuál es el volumen que ocuparán si se disminuye la presión a 250 mmHg?

- a) 2,5 L.
- b) 10 L.
- c) 20 L.

5. Si conectamos dos resistencias distintas en serie:

- a) Por la de menor resistencia pasará mayor intensidad.
- b) Por la de mayor resistencia pasará mayor intensidad.
- c) Por ambas resistencias pasará la misma intensidad de corriente.

6. En los materiales óhmicos, al representar la diferencia de potencial frente a la intensidad se obtiene:

- a) Una recta.
- b) Una curva.
- c) Depende de la intensidad.

7. A la vista solo de la medida, ¿cuál de las siguientes medidas es de mejor calidad?

- a) $22 \pm 2 \text{ A}$.
- b) $7 \pm 1 \text{ mm}$.

- c) $77 \pm 7 \Omega$.
8. En el interior de un solenoide, a mayor número de espiras:
- a) Mayor campo magnético.
 - b) Menor campo magnético.
 - c) El campo magnético es independiente del número de espiras.
9. Si queremos medir la diferencia de potencial entre los bornes de una resistencia, el voltímetro hemos de colocarlo:
- a) En paralelo con la resistencia.
 - b) En serie con la resistencia.
 - c) Se necesita un amperímetro, no un voltímetro.
10. La fórmula $B = \mu n I$ es aplicable...
- a) A todo solenoide.
 - b) A solenoides de longitud infinita (o suficientemente largos).
 - c) A una espira conductora.
11. En los materiales semiconductores...
- a) La resistencia disminuye con el aumento de temperatura.
 - b) La resistencia aumenta con el aumento de temperatura.
 - c) La resistencia no varía con la temperatura.
12. ¿Cuántas cifras significativas tiene la siguiente medida? 430,30
- a) 1.
 - b) 2.
 - c) 5.
13. Los datos del movimiento del móvil en un carril de aire se registran en un PC por:
- a) La señal eléctrica que produce el sensor de desplazamiento
 - b) Por la cantidad de aire que sale por los orificios del carril.
 - c) Un cronómetro.
14. Si tomamos el sentido positivo hacia arriba y dejamos caer hacia abajo un objeto:
- a) Su velocidad inicial es cero
 - b) Su velocidad final es cero
 - c) Su aceleración de caída es $9,8 \text{ m/s}^2$
15. 5 L de gas están a 500 mmHg de presión. Si se cumple la ley de Boyle Mariotte, ¿cuál es el volumen que ocuparán si se aumenta la presión a 1000 mmHg?
- a) 2,5 L

b) 10 L

c) 20 L

16. Si conectamos dos resistencias distintas en paralelo:

a) Por la de menor resistencia pasará mayor intensidad

b) Por la de mayor resistencia pasará mayor intensidad

c) Por ambas resistencias pasará la misma intensidad de corriente.

17. Las unidades de la permeabilidad magnética son:

a) T M/A.

b) T/A.

c) m/A.

18. Si queremos medir la intensidad de corriente eléctrica que circula a través de una resistencia, el amperímetro hemos de colocarlo:

a) En paralelo con la resistencia.

b) En serie con la resistencia.

c) Se necesita un voltímetro.

19. La resistencia de un hilo conductor es función de...

a) Su longitud solamente.

b) La longitud, la sección y del coeficiente de resistividad.

c) El coeficiente de resistividad solamente.

20. El filamento de una lámpara incandescente puede alcanzar temperaturas en torno a...

a) 30000 K.

b) 100 °C.

c) 2000 °C.

Anexo III. Cuestionario Honey-Alonso de estilos de aprendizaje

CUESTIONARIO HONEY-ALONSO DE ESTILOS DE APRENDIZAJE

En cada una de las celdas de la columna PREFERENCIA anota un "0" si estas en más desacuerdo con la pregunta correspondiente o anota "1" si estas más de acuerdo que en desacuerdo. El único requisito para que obtengas un resultado lo más real posible es ser **sincero**.

No.	CARACTERÍSTICAS	PREFERENCIA
1	Tengo fama de decir lo que pienso claramente y sin rodeos.	
2	Estoy seguro de lo que es bueno y es malo, lo que está bien y lo que está mal.	
3	Muchas veces actúo sin mirar las consecuencias.	
4	Normalmente trato de resolver los problemas metódicamente y paso a paso.	
5	Creo que los formalismos coartan y limitan la actuación libre de las personas.	
6	Me interesa saber cuáles son los sistemas de valores de los demás y con qué criterios actúan.	
7	Pienso que el actuar intuitivamente puede ser siempre tan válido como actuar reflexivamente.	
8	Creo que lo más importante es que las cosas funcionen.	
9	Procuro estar al tanto de lo que ocurre aquí y ahora.	
10	Disfruto cuando tengo tiempo para preparar mi trabajo y realizarlo a conciencia.	
11	Estoy a gusto siguiendo un orden, en las comidas, en el estudio, haciendo ejercicio regularmente.	
12	Cuando escucho una nueva idea enseguida comienzo a pensar cómo ponerla en práctica.	
13	Prefiero las ideas originales y novedosas, aunque no sean prácticas.	
14	Admito y me ajusto a las normas sólo si me sirven para lograr mis objetivos.	
15	Normalmente encajo bien con personas reflexivas, y me cuesta sintonizar con personas demasiado espontáneas, imprevisibles.	
16	Escucho con más frecuencia que hablar.	
17	Prefiero las cosas estructuradas a las desordenadas.	
18	Cuando poseo cualquier información, trato de interpretarla bien antes de manifestar alguna conclusión.	
19	Antes de hacer algo estudio con cuidado sus ventajas e inconvenientes.	
20	Me crezco con el reto de hacer algo nuevo y diferente.	
21	Casi siempre procuro ser coherente con mis criterios y sistema de valores. Tengo principios y los sigo.	
22	Cuando hay una discusión no me gusta ir con rodeos.	
23	Me disgusta implicarme efectivamente en mi ambiente de trabajo. Prefiero mantener relaciones distantes.	
24	Me gustan más las personas realistas y concretas que las teóricas.	
25	Me cuesta ser creativo (a), romper estructuras	
26	Me siento a gusto con personas espontáneas y divertidas.	
27	La mayoría de las veces expreso abiertamente cómo me siento.	
28	Me gusta analizar y dar vueltas a las cosas.	
29	Me molesta que la gente no se tome en serio las cosas.	
30	Me atrae experimentar y practicar las últimas técnicas y novedades.	
31	Soy cauteloso (a) a la hora de sacar conclusiones.	
32	Prefiero contar con el mayor número de fuentes de información. Cuántos más datos reúna para reflexionar, mejor.	
33	Tiendo a ser perfeccionista.	
34	Prefiero oír las opiniones de los demás antes de exponer la mía.	
35	Me gusta afrontar la vida espontáneamente y no tener que planificar todo previamente.	
36	En las discusiones me gusta observar cómo actúan los demás participantes.	
37	Me siento incómodo (a) con las personas calladas y demasiado analíticas.	
38	Juzgo con frecuencia las ideas de los demás por su valor práctico.	
39	Me agobia si me obligan a acelerar mucho el trabajo para cumplir un plazo.	

Cuestionario Honey-Alonso de estilos de aprendizaje Anexo III. Cuestionario Honey-Alonso de estilos de aprendizaje

40	En las reuniones apoyo las ideas prácticas y realistas.	
41	Es mejor gozar del momento presente que deleitarse pensando en el pasado o en el futuro	
42	Me molestan las personas que siempre desean apresurar las cosas.	
43	Aporto ideas nuevas y espontáneas en los grupos de discusión.	
44	Pienso que son más consistentes las decisiones fundamentadas en un minucioso análisis que las basadas en la intuición.	
45	Detecto frecuentemente la inconsistencia y puntos débiles en las argumentaciones de los demás.	
46	Creo que es preciso saltarse las normas muchas más veces que cumplirlas.	
47	A menudo caigo en la cuenta de otras formas mejores y más prácticas de hacer las cosas.	
48	En con junto hablo más que lo que escucho.	
49	Prefiero distanciarme de los hechos y observarlos desde otras perspectivas.	
50	Estoy convencido (a) que debe imponerse la lógica y el razonamiento.	
51	Me gusta buscar nuevas experiencias.	
52	Me gusta experimentar y aplicar las cosas.	
53	Pienso que debemos llegar pronto al grano, al meollo de los temas.	
54	Siempre trato de conseguir conclusiones e ideas claras.	
55	Prefiero discutir cuestiones concretas y no perder el tiempo con charlas vacías.	
56	Me impaciento cuando me dan explicaciones irrelevantes e incoherentes.	
57	Compruebo antes si las cosas funcionan realmente.	
58	Hago varios borradores antes de la redacción definitiva de un trabajo.	
59	Soy consciente de que en las discusiones ayudo a mantener a los demás centrados en el tema, evitando divagaciones.	
60	Observo que, con frecuencia, soy uno de los más objetivos y desapasionados en las discusiones.	
61	Cuando algo va mal, le quito importancia y trato de hacerlo mejor.	
62	Rechazo ideas originales y espontáneas si no las veo prácticas.	
63	Me gusta sopesar diversas alternativas antes de tomar una decisión.	
64	Con frecuencia miro hacia delante para prever el futuro.	
65	En los debates y discusiones prefiero desempeñar un papel secundario antes que ser él o la líder o el o la que más participa.	
66	Me molestan las personas que no actúan con lógica.	
67	Me resulta incómodo tener que planificar y prever las cosas.	
68	Creo que el fin justifica los medios en muchos casos.	
69	Suelo reflexionar sobre los asuntos y problemas.	
70	El trabajar a conciencia me llena de satisfacción y orgullo.	
71	Ante los acontecimientos trato de descubrir los principios y teorías en que se basan.	
72	Con tal de conseguir el objetivo que pretendo soy capaz de herir sentimientos ajenos.	
73	No me importa hacer todo lo necesario para que sea efectivo mi trabajo.	
74	Con frecuencia soy una de las personas que más anima las fiestas.	
75	Me aburro enseguida con el trabajo metódico y minucioso.	
76	La gente con frecuencia cree que soy poco sensible a sus sentimientos.	
77	Suelo dejarme llevar por mis intuiciones.	
78	Si trabajo en grupo procuro que se siga un método y un orden.	
79	Con frecuencia me interesa averiguar lo que piensa la gente.	
80	Esquivo los temas subjetivos, ambiguos y pocos claros.	

ESTILO ACTIVO

Sí has obtenido en la prueba una puntuación superior a 13, te encontrarás más cómodo en situaciones de aprendizaje en las que puedas:

- Intentar cosas nuevas, nuevas experiencias, nuevas oportunidades.
- Competir en equipo.
- Generar ideas sin limitaciones formales o de estructura.
- Resolver problemas.
- Cambiar y variar las cosas.
- Abordar quehaceres múltiples.
- Dramatizar.
- Representar roles.
- Vivir situaciones de interés, de crisis.
- Acaparar la atención.

De la misma manera, te encontrarás incómodo en situaciones que te exijan:

- Exponer temas con mucha carga teórica: Explicar causas, antecedentes...
- Asimilar, analizar e interpretar muchos datos que no están claros.
- Prestar atención a los detalles.
- Trabajar en solitario, leer escribir o pensar solo.
- Evaluar de antemano lo que se va a aprender.
- Ponderar lo ya realizado o aprendido.
- Repetir la misma actividad.

Sí has obtenido en la prueba una puntuación inferior a 9, conviene que desarrolles algo más determinados aspectos que configuran este estilo de aprendizaje.

Sugerencias de mejora:

- Hacer algo nuevo, algo que nunca se ha hecho antes, al menos una vez por semana... Llevar algo llamativo al lugar de estudio o trabajo. Leer un periódico con opiniones contrarias a las tuyas. Cambiar los muebles de sitio, en casa, en el trabajo.
- Practicar la iniciación de conversaciones con extraños. En las grandes reuniones, fiestas, conferencias, forzarse a iniciar y sostener conversaciones con todos los presentes, si es posible. En el tiempo libre intentar dialogar con desconocido o convencerles de nuestras ideas.
- Deliberadamente fragmentar el día cortando y cambiando las actividades cada media hora.

Los Bloqueos que inhiben el desarrollo del estilo activo:

- Miedo al fracaso o a cometer errores.
- Miedo al ridículo.
- Ansiedad ante cosas nuevas o no familiares.
- Fuerte deseo de pensar detenidamente las cosas con anterioridad.
- Auto-duda, falta de confianza en sí mismo.
- Tomar la vida, muy en serio, muy concienzudamente.

ESTILO PRAGMÁTICO

Sí has obtenido una puntuación superior a 16, te encontrarás más cómodo en situaciones que te permitan:

- Aprender técnicas para hacer las cosas con ventajas prácticas evidentes.
- Estar expuesto ante un modelo al que puede emular.
- Adquirir técnicas inmediatamente aplicables en su trabajo.
- Tener posibilidad inmediata de aplicar lo aprendido, de experimentar.
- Elaborar planes de acción con un resultado evidente.
- Dar indicaciones, sugerir atajos.

Del mismo modo, encontrarás dificultad en aquellas situaciones que exijan:

- Percatarse de que el aprendizaje no guarda relación con una necesidad inmediata que él reconoce o no puede ver.
- Percibir que ese aprendizaje no tiene una importancia inmediata o un beneficio práctico.
- Aprender lo que está distante de la realidad.
- Aprender teorías y principios generales.
- Trabajar sin instrucciones claras sobre cómo hacerlo.

Sí has obtenido un resultado inferior a 10, las siguientes sugerencias te serán de utilidad para potenciar el estilo pragmático:

- Reunir técnicas, modos prácticos de hacer las cosas. Pueden versar sobre cualquier cosa que pueda ser útil: técnicas analíticas, interpersonales, de asertividad, de presentación de ahorro de tiempo, estadísticas, técnicas para mejorar la memoria...
- Recabar ayuda de personas que tienen una experiencia demostrada. Pueden vigilar nuestra técnica y aconsejar cómo mejorarla.
- Concentrarse sobre la elaboración de planes de acción en las reuniones y discusiones de todo tipo. Estos planes de acción deben ser concretos y con fecha límite. Establecerse la norma de nunca salir de una reunión, debate o clase sin una lista de acciones para uno mismo.

Bloqueos que impiden el desarrollo del estilo pragmático:

- Interés por la solución perfecta antes que por la práctica.
- Considerar las técnicas útiles como simplificaciones exageradas.
- Dejar siempre los temas abiertos y no comprometerse en acciones específicas.
- Creer que las ideas de los demás no funcionan si se aplican a su situación.
- Disfrutar con temas marginales o perderse en ellos.

ESTILO REFLEXIVO

Sí has obtenido una puntuación superior a 18, aprenderás mejor en situaciones de aprendizaje que puedas:

- Observar.
- Reflexionar sobre actividades.
- Intercambiar opiniones con otras personas con previo acuerdo.
- Llegar a las decisiones a su propio ritmo.
- Trabajar sin presiones ni plazos obligatorios.
- Revisar lo aprendido, lo sucedido.
- Investigar detenidamente.
- Reunir información.
- Sondear para llegar al fondo de la cuestión.
- Pensar antes de actuar.

De la misma manera, te encontrarás incómodo en aquellas situaciones que te exijan: Ocupar el primer plano.

- Actuar de líder.
- Presidir reuniones o debates.
- Dramatizar ante personas que le observan.
- Representar algún rol
- Participar en situaciones que requieran acción sin planificación.
- Hacer algo sin previo aviso. Exponer una idea espontáneamente.

Sí has obtenido una puntuación inferior a 14, podrías tener en cuenta las siguientes sugerencias para mejorar el estilo reflexivo:

- Practicar la observación. estudiar el comportamiento de las personas. Anotar quién habla más, quién interrumpe, con qué frecuencia resume el profesor,... Estudiar el comportamiento no verbal, cuando las personas miran el reloj, cruzan los brazos, muerden el lápiz...
- Llevar un diario personal. Reflexionar sobre los acontecimientos del día y ver si se pueden sacar de ellos algunas conclusiones.
- Practicar la revisión después de una reunión o acontecimiento. Repasar la secuencia de los acontecimientos, lo que fue bien, lo que se podía mejorar. Registrar en magnetófono un dialogo o conversación y reproducirlo al menos dos veces. Hacer una lista de lecciones aprendidas de esta forma.

Los bloqueos que impiden el desarrollo del estilo reflexivo:

- No tener tiempo suficiente para planificar y pensar.
- Preferir o gustar el cambiar rápidamente de una actividad a otra.
- Estar impacientes por comenzar la acción.
- Tener resistencia a escuchar cuidadosa y analíticamente.
- Resistencia a presentar las cosas por escrito.

ESTILO TEÓRICO

Sí has obtenido una puntuación superior a 14, preferirás oportunidades de aprendizaje dónde puedas:

- Sentirte en situaciones estructuradas que tengan una finalidad clara.
- Inscribir todos los datos en un sistema, modelo, concepto o teoría.
- Tener tiempo para explorar metódicamente las asociaciones y las relaciones entre ideas, acontecimientos y situaciones.
- Tener la posibilidad de cuestionar.
- Participar en una sesión de preguntas y respuestas.
- Poner a prueba métodos y lógica que sean la base de algo

Al mismo tiempo, evitarás situaciones de aprendizaje dónde tengas que:

- Verte obligado a hacer algo sin un contexto o finalidad clara.
- Tener que participar en situaciones donde predominen las emociones y los sentimientos.
- Participar en actividades no estructuradas, de finalidad incierta o ambiguas.
- Participar en problemas abiertos.
- Tener que actuar o decidir sin una base de principios, conceptos, políticas o estructura.

Sí has obtenido una puntuación inferior a 10, deberías atender a las siguientes sugerencias para aumentar el estilo teórico:

- Leer algo denso que provoque el pensamiento, durante 30 minutos cada día (lógica, lingüística, teorías...). Después tratar de resumir lo que se ha leído, diciéndolo con palabras propias.
- Practicar la detección de incoherencias o puntos débiles en los argumentos de otras personas, en informes, en artículos de prensa,... Tomar dos periódicos de ideología distinta y hacer regularmente un análisis comparativo de las diferencias de sus puntos de vista.
- Tomar una situación compleja y analizarla para señalar por qué se desarrolló de esa manera, lo que pudo haberse hecho de manera diferente y en qué momento. Situaciones históricas o de la vida cotidiana. Análisis de cómo se ha utilizado su propio tiempo...

Los Bloqueos que impiden el desarrollo del Estilo Teórico:

- Dejarse llevar por las primeras impresiones.
- Preferir la intuición y la subjetividad.
- Desagrado ante enfoques estructurados y organizados.
- Preferencia por la espontaneidad y el riesgo.