

Física

Primeros exámenes: 2009

Programa del Diploma

Guía



Programa del Diploma

Guía de Física

Primeros exámenes: 2009

Organización del Bachillerato Internacional

Buenos Aires

Cardiff

Ginebra

Nueva York

Singapur

Programa del Diploma
Guía de Física

Versión en español del documento publicado en marzo de 2007 con el título *Physics—guide*

Publicada en marzo de 2007

Organización del Bachillerato Internacional
Peterson House, Malthouse Avenue, Cardiff Gate
Cardiff, Wales GB CF23 8GL
Reino Unido
Tel.: + 44 29 2054 7777
Fax: + 44 29 2054 7778
Sitio web: <http://www.ibo.org>

© Organización del Bachillerato Internacional, 2007

La Organización del Bachillerato Internacional es una fundación educativa internacional sin fines de lucro. Fue creada en 1968 y tiene sede legal en Suiza.

IBO agradece la autorización para reproducir en esta publicación material protegido por derechos de autor. Cuando procede, se han citado las fuentes originales y, de serle notificado, IBO enmendará cualquier error u omisión con la mayor brevedad posible.

El uso del género masculino en esta publicación no tiene un propósito discriminatorio y se justifica únicamente como medio para hacer el texto más fluido. Se pretende que el español utilizado sea comprensible para todos los hablantes de esta lengua y no refleje una variante particular o regional de la misma.

Los artículos promocionales y las publicaciones de IBO en sus lenguas oficiales y de trabajo pueden adquirirse en la tienda virtual de IBO, disponible en <http://store.ibo.org>. Las consultas sobre pedidos deben dirigirse al departamento de marketing y ventas en Cardiff.

Tel.: +44 29 2054 7746
Fax: +44 29 2054 7779
Correo-e: sales@ibo.org

Declaración de principios de IBO

La Organización del Bachillerato Internacional tiene como meta formar jóvenes solidarios, informados y ávidos de conocimiento, capaces de contribuir a crear un mundo mejor y más pacífico, en el marco del entendimiento mutuo y el respeto intercultural.

En pos de este objetivo, la Organización del Bachillerato Internacional colabora con establecimientos escolares, gobiernos y organizaciones internacionales para crear y desarrollar programas de educación internacional exigentes y métodos de evaluación rigurosos.

Estos programas alientan a estudiantes del mundo entero a adoptar una actitud activa de aprendizaje durante toda su vida, a ser compasivos y a entender que otras personas, con sus diferencias, también pueden estar en lo cierto.

Perfil de la comunidad de aprendizaje del BI

El objetivo fundamental de los programas de la Organización del Bachillerato Internacional (IBO) es formar personas con mentalidad internacional que, conscientes de la condición que los une como seres humanos y de la responsabilidad que comparten de velar por el planeta, contribuyan a crear un mundo mejor y más pacífico.

Los miembros de la comunidad de aprendizaje del BI se esfuerzan por ser:

Indagadores	Desarrollan su curiosidad natural. Adquieren las habilidades necesarias para indagar y realizar investigaciones, y demuestran autonomía en su aprendizaje. Disfrutan aprendiendo y mantendrán estas ansias de aprender durante el resto de su vida.
Informados e instruidos	Exploran conceptos, ideas y cuestiones de importancia local y mundial y, al hacerlo, adquieren conocimientos y profundizan su comprensión de una amplia y equilibrada gama de disciplinas.
Pensadores	Aplican, por propia iniciativa, sus habilidades intelectuales de manera crítica y creativa para reconocer y abordar problemas complejos, y para tomar decisiones razonadas y éticas.
Buenos comunicadores	Comprenden y expresan ideas e información con confianza y creatividad en diversas lenguas, lenguajes y formas de comunicación. Están bien dispuestos a colaborar con otros y lo hacen de forma eficaz.
Íntegros	Actúan con integridad y honradez, poseen un profundo sentido de la equidad, la justicia y el respeto por la dignidad de las personas, los grupos y las comunidades. Asumen la responsabilidad de sus propios actos y las consecuencias derivadas de ellos.
De mentalidad abierta	Entienden y aprecian su propia cultura e historia personal, y están abiertos a las perspectivas, valores y tradiciones de otras personas y comunidades. Están habituados a buscar y considerar distintos puntos de vista y dispuestos a aprender de la experiencia.
Solidarios	Muestran empatía, sensibilidad y respeto por las necesidades y sentimientos de los demás. Se comprometen personalmente a ayudar a los demás y actúan con el propósito de influir positivamente en la vida de las personas y el medio ambiente.
Audaces	Abordan situaciones desconocidas e inciertas con sensatez y determinación y su espíritu independiente les permite explorar nuevos roles, ideas y estrategias. Defienden aquello en lo que creen con elocuencia y valor.
Equilibrados	Entienden la importancia del equilibrio físico, mental y emocional para lograr el bienestar personal propio y el de los demás.
Reflexivos	Evalúan detenidamente su propio aprendizaje y experiencias. Son capaces de reconocer y comprender sus cualidades y limitaciones para, de este modo, contribuir a su aprendizaje y desarrollo personal.

Índice

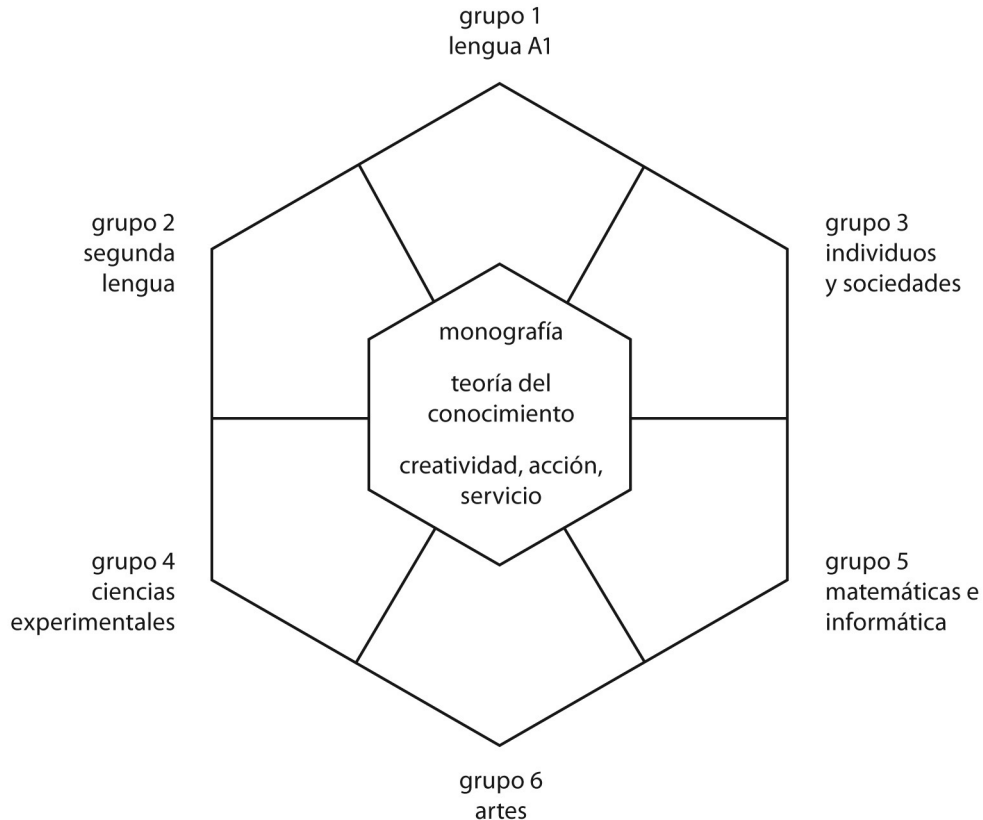
Grupo 4	1
El Programa del Diploma	1
Naturaleza de las asignaturas del Grupo 4	3
Modelo curricular	6
Estructura del programa de estudios	7
Objetivos generales	9
Objetivos específicos	10
Términos de examen	11
Resumen de la evaluación	13
Evaluación externa	15
Actividades prácticas y evaluación interna	16
Orientación y autoría original	19
Criterios de evaluación interna	21
Aclaraciones sobre los criterios de evaluación interna	25
Uso de TIC	30
Proyecto del Grupo 4	34
Física	41
Naturaleza de la asignatura	41
Resumen del programa de estudios	43
Temario	45
Descripción detallada del programa de estudios: temas troncales	49
Descripción detallada del programa de estudios: TANS	75
Descripción detallada del programa de estudios: opciones del NM	90
Descripción detallada del programa de estudios: opciones del NM y del NS	104
Descripción detallada del programa de estudios: opciones del NS	121
Requisitos matemáticos	135

El Programa del Diploma

El Programa del Diploma es un curso preuniversitario exigente de dos años de duración, para jóvenes de 16 a 19 años. Su currículo abarca una amplia gama de áreas de estudio y aspira a formar estudiantes informados y con espíritu indagador, a la vez que solidarios y sensibles a las necesidades de los demás. Se da especial importancia a que los jóvenes desarrollen el entendimiento intercultural y una mentalidad abierta, así como las actitudes necesarias para respetar y evaluar distintos puntos de vista.

El hexágono del Programa del Diploma

El currículo del programa se representa mediante un hexágono dividido en seis áreas académicas dispuestas en torno a un núcleo, y fomenta el estudio de una variedad de áreas académicas durante los dos años. Los alumnos estudian dos lenguas modernas (o una lengua moderna y una clásica), una asignatura de humanidades o ciencias sociales, una ciencia experimental, una asignatura de matemáticas y una de las artes. Esta variedad hace del Programa del Diploma un curso exigente y muy eficaz como preparación para el ingreso en la universidad. Además, en cada una de las áreas académicas los alumnos tienen flexibilidad para elegir las asignaturas en las que estén particularmente interesados y que quizás deseen continuar estudiando en la universidad.



La combinación adecuada

Los alumnos deben elegir una asignatura de cada una de las seis áreas académicas, aunque también tienen la opción de elegir una segunda asignatura de los grupos del 1 al 5 en lugar de una asignatura del Grupo 6. Generalmente tres asignaturas (y no más de cuatro) deben cursarse en el Nivel Superior (NS) y las demás en el Nivel Medio (NM). IBO recomienda dedicar 240 horas lectivas a las asignaturas del NS y 150 a las del NM. Las asignaturas del NS se estudian con mayor amplitud y profundidad que las del NM.

En ambos niveles se desarrollan numerosas habilidades, en especial las de análisis y pensamiento crítico. Dichas habilidades se evalúan externamente al final del curso. En muchas asignaturas los alumnos realizan también trabajos que califica directamente el profesor en el colegio. Los exámenes pueden realizarse en español, francés e inglés.

El núcleo del hexágono

Todos los alumnos del Programa del Diploma deben completar los tres requisitos que conforman el núcleo del hexágono. La reflexión inherente a las actividades que los alumnos desarrollan en estas áreas es un principio fundamental de la filosofía del Programa del Diploma.

El curso de Teoría del Conocimiento (TdC) anima a los alumnos a reflexionar sobre la naturaleza del conocimiento y el proceso de aprendizaje que tiene lugar en las asignaturas que estudian como parte del Programa del Diploma, y a establecer conexiones entre las áreas académicas. La Monografía, un trabajo escrito de unas 4.000 palabras, ofrece a los alumnos la oportunidad de investigar un tema de su elección que les interese especialmente. Asimismo, les estimula a desarrollar las habilidades necesarias para llevar a cabo una investigación independiente, habilidades que deberán poner en práctica en la universidad. Creatividad, Acción y Servicio (CAS) posibilita el aprendizaje experiencial mediante la participación de los alumnos en una variedad de actividades artísticas, deportivas, físicas y de servicio a la comunidad.

La declaración de principios de IBO y el perfil de la comunidad de aprendizaje del BI

El Programa del Diploma se propone desarrollar en los alumnos los conocimientos, las habilidades y las actitudes que necesitarán para alcanzar las metas de IBO, tal como aparecen expresadas en su declaración de principios y en el perfil de la comunidad de aprendizaje del BI. La enseñanza y el aprendizaje en el Programa del Diploma representan la puesta en práctica de la filosofía educativa de IBO.

Primeros exámenes: 2009

Naturaleza de las asignaturas del Grupo 4

Diferencia entre el NM y el NS

Los alumnos que estudian las asignaturas del Grupo 4 en el Nivel Medio (NM) y el Nivel Superior (NS) cursan un programa de estudios con temas troncales (comunes), siguen un plan común de evaluación interna y estudian opciones que presentan algunos elementos en común. Se les ofrece un programa de estudios que fomenta el desarrollo de determinados atributos, habilidades y actitudes, según se describe en la sección “Objetivos específicos” de la presente guía.

Aunque las habilidades y actividades de las asignaturas del Grupo 4 (Ciencias Experimentales) son comunes para los alumnos del NM y del NS, los alumnos del NS deben estudiar algunos temas en mayor profundidad, además de temas adicionales y temas de ampliación más difíciles en las opciones comunes. El NM y el NS se diferencian en amplitud y en profundidad.

Las asignaturas del Grupo 4 y conocimientos previos

La experiencia con las asignaturas del Grupo 4 ha demostrado que los alumnos sin estudios ni conocimientos previos sobre ciencias serán capaces de cursar con éxito estas asignaturas en el NM. En este sentido, lo importante será su actitud ante los estudios, caracterizada por los atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje del BI, en concreto: indagador, pensador y buen comunicador.

No obstante, si bien no se pretende restringir el acceso a las asignaturas del Grupo 4, la mayoría de los alumnos que se planteen cursar una asignatura del Grupo 4 en el NS deberán contar con cierta experiencia anterior en la asignatura en cuestión. No se especifican temas concretos, aunque los alumnos que hayan cursado el Programa de los Años Intermedios (PAI) o que hayan estudiado una asignatura de ciencias del IGCSE (certificado general de educación secundaria internacional) estarán suficientemente preparados. El haber realizado otros estudios nacionales con orientación científica o un curso de ciencias en el colegio se considerará también una preparación adecuada para el estudio de una asignatura del Grupo 4 en el NS.

Las asignaturas del Grupo 4 y el PAI

Los alumnos que hayan realizado los cursos de Ciencias, Tecnología y Matemáticas del PAI estarán bien preparados para cursar las asignaturas del Grupo 4. Los objetivos específicos y criterios de evaluación de Ciencias del PAI se corresponden con los objetivos específicos y criterios de evaluación interna del Grupo 4, lo que permite una transición sin complicaciones del PAI al Programa del Diploma. En particular, el objetivo específico “La ciencia y el mundo” de Ciencias del PAI se desarrolla adicionalmente en las asignaturas del Grupo 4, en las que se presta una mayor atención al objetivo general 8: “aumentar la comprensión de las implicaciones morales, éticas, sociales, económicas y medioambientales del uso de la ciencia y la tecnología”. Todas las guías del Grupo 4 contienen observaciones específicas sobre implicaciones relativas al objetivo general 8 en los enunciados de evaluación y las notas para el profesor de las secciones detalladas del programa de estudios.

Las asignaturas del Grupo 4 y TdC

Los científicos podrían afirmar legítimamente que la ciencia abarca todas las formas de conocimiento descritas en la guía de Teoría del Conocimiento (publicada en marzo de 2006). Impulsada por la emoción, la ciencia, mediante la percepción sensorial, con la ayuda de la tecnología y en combinación con la razón, se comunica por medio del lenguaje, sobre todo, el lenguaje universal de las matemáticas.

No existe un único método científico, en el sentido estricto definido por Popper, para adquirir conocimientos y encontrar explicaciones sobre el funcionamiento de la naturaleza. La ciencia aplica diversos métodos para generar tales explicaciones, pero todos se basan en datos obtenidos mediante observaciones y experimentos y respaldados por razonamientos rigurosos, ya sean de tipo inductivo o deductivo. La explicación puede adoptar la forma de una teoría y, en ocasiones, necesita un modelo que incluya aspectos no observables directamente. La elaboración de estas teorías requiere con frecuencia imaginación y creatividad. Cuando no es posible elaborar un modelo teórico predictivo, la explicación puede consistir en señalar una correlación entre un factor y un resultado. Esta correlación puede sugerir un mecanismo causal susceptible de ser comprobado experimentalmente, de modo que se obtenga una explicación mejor. En todas estas explicaciones es preciso conocer las limitaciones de los datos y el alcance y las limitaciones de nuestros conocimientos. La ciencia exige libertad de pensamiento y amplitud de miras, y un componente fundamental del proceso científico es el modo en que la comunidad científica internacional somete los hallazgos científicos a un intenso escrutinio crítico mediante la repetición de experimentos y la discusión en publicaciones científicas y en conferencias. En las notas para el profesor de las secciones detalladas del programa de estudios de las guías del Grupo 4 se proporcionan observaciones acerca de temas pertinentes en los que pueden abordarse estos aspectos del conocimiento científico.

Las asignaturas del Grupo 4 y la dimensión internacional

La ciencia es una actividad internacional por naturaleza: el intercambio de información e ideas entre distintos países ha sido fundamental para su progreso. Este intercambio no es un fenómeno nuevo, pero se ha acelerado en tiempos recientes con el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones. La idea de que la ciencia es un invento occidental es un mito: muchas de las bases de la ciencia moderna fueron establecidas hace muchos siglos por las civilizaciones árabe, india y china, entre otras. Se alienta a los profesores a que destaquen esta contribución al impartir diversos temas, por ejemplo, mediante sitios web que muestren la evolución cronológica de los avances científicos. El método científico en su sentido más amplio, basado en la discusión, la amplitud de miras y la libertad de pensamiento, trasciende la política, la religión y la nacionalidad. Cuando corresponde en algunos temas, las secciones detalladas del programa de estudios de las guías del Grupo 4 contienen enunciados de evaluación y notas para el profesor que ilustran los aspectos internacionales de la ciencia.

Actualmente existen numerosos organismos internacionales que fomentan la investigación científica. Las Naciones Unidas cuentan con conocidos organismos, como la UNESCO, el PNUMA y la OMM, en los que la ciencia desempeña una función prominente, pero existen, además de los mencionados, cientos de organismos internacionales que representan a todas las ramas de la ciencia. Las instalaciones necesarias para la realización de experimentos científicos a gran escala, por ejemplo, experimentos de física de partículas y el Proyecto Genoma Humano, son costosas y su financiación sólo es posible mediante inversiones conjuntas de muchos países. Científicos de todo el mundo comparten los datos obtenidos en estas investigaciones. Se alienta a los alumnos del Grupo 4 a que accedan a los amplios sitios web de estos organismos científicos internacionales para que aprecien mejor la dimensión internacional.

No obstante, cada vez se reconoce más que numerosos problemas científicos, desde el cambio climático hasta el sida, son de naturaleza internacional, lo que ha impulsado la adopción de una perspectiva global en

muchos ámbitos de investigación. Un ejemplo destacado son los informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Algunos temas de las guías del Grupo 4 se han redactado específicamente para poner de manifiesto estas investigaciones globales.

En el terreno práctico, el proyecto del Grupo 4 (que deben realizar todos los alumnos de Ciencias Experimentales) se asemeja al trabajo realizado por científicos profesionales, al fomentar la colaboración entre colegios de regiones diferentes.

El conocimiento científico tiene una capacidad sin parangón para transformar las sociedades. Puede proporcionar grandes ventajas a la humanidad o reforzar las desigualdades y producir daños a las personas y al medio ambiente. De acuerdo con la declaración de principios de IBO, los alumnos que cursan las asignaturas del Grupo 4 deben ser conscientes de la responsabilidad moral que tienen los científicos de garantizar el acceso a los conocimientos y datos científicos de forma equitativa para todos los países y de que éstos dispongan de los recursos para utilizar esta información para el desarrollo de sociedades sustentables.

Modelo curricular

Todas las asignaturas del Grupo 4 del Programa del Diploma (Biología, Química, Física y Tecnología del Diseño) tienen un modelo curricular común. En Tecnología del Diseño este modelo presenta algunas diferencias debido al proyecto de diseño, una característica única de esta asignatura. Los alumnos del NM y NS cursan un programa de estudios con temas troncales que se complementa con el estudio de opciones. Los alumnos del NS estudian también los llamados temas adicionales del Nivel Superior (TANS). Los alumnos del NM y el NS estudian dos opciones. Existen tres tipos de opciones: las específicas del NM, las específicas del NS y las que pueden cursar los alumnos de ambos niveles.

Los alumnos del NM deben dedicar 40 horas a prácticas y trabajos de investigación; los del NS, 60 horas. En estos totales se incluyen 10 horas para el proyecto del Grupo 4.

Grupo 4: modelo curricular del NM

NM	Total de horas lectivas	150
Teoría		110
	Temas troncales	80
	Opciones	30
Actividades prácticas		40
	Trabajos prácticos	30
	Proyecto del Grupo 4	10

Grupo 4: modelo curricular del NS

NS	Total de horas lectivas	240
Teoría		180
	Temas troncales	80
	Temas adicionales del NS (TANS)	55
	Opciones	45
Actividades prácticas		60
	Trabajos prácticos	50
	Proyecto del Grupo 4	10

Estructura del programa de estudios

Nota: El orden en que se presenta el programa de estudios no representa el orden en el que debe impartirse.

La sección detallada del programa de estudios de las guías del Grupo 4 está estructurada de la misma manera para todas las asignaturas. Dicha estructura es la siguiente.

Temas y opciones

Los temas están numerados y las opciones se identifican mediante una letra mayúscula (por ejemplo, "Tema 6: Campos y fuerzas", u "Opción D: Relatividad y física de partículas").

Subtemas

Los subtemas están numerados y junto a ellos se indica el número aproximado de horas lectivas que se necesitará para cubrirlos (por ejemplo, "6.1 Fuerza y campo gravitatorio (2 horas)"). El número de horas se ofrece sólo a título indicativo y no incluye el tiempo necesario para realizar las prácticas o trabajos de investigación.

Enunciados de evaluación

Los enunciados de evaluación, que están numerados, expresan los objetivos de aprendizaje que los alumnos deben alcanzar al final del curso (por ejemplo, "6.1.1 Indique el enunciado de la ley de la gravitación universal de Newton"). Estos enunciados se han concebido para indicar a los examinadores los aspectos que podrán evaluar por medio de los exámenes escritos. Cada uno se clasifica como objetivo específico 1, 2 o 3 (véase la sección "Objetivos específicos") en función de los términos de examen utilizados (véase la sección "Términos de examen"). Mientras que los niveles de los objetivos específicos aseguran el equilibrio del programa de estudios y tienen valor para los exámenes, los términos de examen indican el grado de profundidad en el tratamiento de un aspecto que exige un enunciado de evaluación particular. Es importante que se informe a los alumnos del significado de los términos de examen dado que éstos se emplearán en las preguntas de los exámenes. Cuando se utiliza el término de examen *definir*, la palabra o frase que se debe definir aparece en cursiva.

Notas para el profesor

Las notas que se incluyen junto a algunos enunciados de evaluación sirven como orientación adicional para los profesores.

Pueden también sugerir ideas para desarrollar el objetivo general 7, el objetivo general 8, TdC y la dimensión internacional.

Tema 1: La física y las mediciones físicas (5 horas) Tema u opción

1.1 El ámbito de la física Subtema

1 hora

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor	
Escala cuantitativa de magnitudes en nuestro universo				
1.1.1	Indique y compare cantidades hasta el orden de magnitud más cercano.	3		Enunciado de evaluación
1.1.2	Indique los rangos de magnitud de tamaños, masas y tiempos que se encuentran en el universo, desde el más pequeño hasta el más grande.	1	Distancias: desde 10^{-15} m hasta 10^{25} m (desde las partículas subnucleares, hasta el límite del universo observable). Masas: desde 10^{-30} kg hasta 10^{46} kg (desde el electrón, hasta la masa del universo). Tiempos: desde 10^{-23} s hasta 10^{18} s (desde el tiempo que tarda la luz en atravesar un núcleo, hasta la edad del universo). Objetivo general 7: hay varias simulaciones excelentes que ilustran esto. TdC: esta materia puede estimular la discusión sobre los métodos de conocimiento.	Notas para el profesor
1.1.3	Indique razones entre cantidades como la diferencia entre sus órdenes de magnitud.	1	Por ejemplo, la razón entre el diámetro del átomo de hidrógeno y el de su núcleo es, aproximadamente, 10^5 , o sea, una diferencia de cinco órdenes de magnitud.	
1.1.4	Estime el valor aproximado de cantidades cotidianas hasta una o dos cifras significativas, o hasta el orden de magnitud más cercano.	2		Objetivo específico

1.2 Medidas e incertidumbres

2 horas

TdC: los datos y sus limitaciones constituyen una materia idónea para la discusión.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
El sistema internacional de unidades fundamentales y derivadas (SI)			
1.2.1	Indique las unidades fundamentales del sistema SI.	1	Los alumnos deben conocer las siguientes: kilogramo, metro, segundo, amperio, mol y kelvin.

Objetivos generales

Mediante el estudio de las asignaturas del Grupo 4 los alumnos deberán tomar conciencia de la forma en que los científicos trabajan y se comunican entre ellos. Si bien el “método científico” puede adoptar muy diversas formas, es el enfoque práctico, mediante trabajos experimentales, lo que caracteriza a las asignaturas del Grupo 4 y las distingue de otras disciplinas.

En este contexto, todos los cursos de Ciencias Experimentales del Programa del Diploma deberán tener como meta:

1. proporcionar oportunidades para el estudio científico y el desarrollo de la creatividad dentro de un contexto global que estimule y desafíe intelectualmente a los alumnos
2. proporcionar un cuerpo de conocimientos, métodos y técnicas propios de la ciencia y la tecnología
3. capacitar a los alumnos para que apliquen y utilicen el cuerpo de conocimientos, métodos y técnicas propios de la ciencia y la tecnología
4. desarrollar la capacidad de analizar, evaluar y sintetizar la información científica
5. generar una toma de conciencia sobre el valor y la necesidad de colaborar y comunicarse de manera eficaz en las actividades científicas
6. desarrollar habilidades de experimentación y de investigación científicas
7. desarrollar la competencia en el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones para aplicarlas al estudio de la ciencia
8. aumentar la comprensión de las implicaciones morales, éticas, sociales, económicas y medioambientales del uso de la ciencia y la tecnología
9. desarrollar la apreciación de las posibilidades y limitaciones de la ciencia y los científicos
10. fomentar la comprensión de las relaciones entre las distintas disciplinas científicas y la naturaleza abarcadora del método científico.

Objetivos específicos

Los objetivos específicos de todas las asignaturas del Grupo 4 reflejan aquellos aspectos de los objetivos generales que deben ser evaluados. Siempre que resulte apropiado, la evaluación tendrá en cuenta aspectos medioambientales y tecnológicos e identificará los efectos sociales, morales y económicos de la ciencia.

El propósito de todos los cursos de Ciencias Experimentales del Programa del Diploma es que los alumnos alcancen los siguientes objetivos específicos:

1. Demostrar que comprenden:
 - a. los hechos y los conceptos científicos
 - b. técnicas y métodos científicos
 - c. la terminología científica
 - d. los métodos de presentación de la información científica.
2. Aplicar y emplear:
 - a. los hechos y los conceptos científicos
 - b. técnicas y métodos científicos
 - c. la terminología científica para comunicar información de forma eficaz
 - d. los métodos apropiados de presentación de la información científica.
3. Elaborar, analizar y evaluar:
 - a. hipótesis, problemas de investigación y predicciones
 - b. técnicas y métodos científicos
 - c. explicaciones científicas.
4. Demostrar las aptitudes personales de cooperación, perseverancia y responsabilidad que les permitirán resolver problemas y realizar investigaciones científicas de forma eficaz.
5. Demostrar las técnicas de manipulación necesarias para llevar a cabo investigaciones científicas con precisión y en condiciones de seguridad.

Términos de examen

Los términos de examen indican el grado de profundidad en el tratamiento de un aspecto que exige un enunciado de evaluación particular. Estos términos se utilizan en las preguntas de examen; por lo tanto, es importante que los alumnos se familiaricen con sus definiciones.

Objetivo 1

Definir	Dar el significado exacto de una palabra, frase o magnitud física.
Dibujar	Representar mediante trazos de lápiz.
Rotular	Añadir rótulos o encabezamientos a un diagrama.
Enumerar	Escribir una lista de nombres u otro tipo de respuestas cortas sin ningún tipo de explicación.
Medir	Hallar el valor de una cantidad.
Indicar	Especificar un nombre, un valor o cualquier otro tipo de respuesta breve sin aportar explicaciones ni cálculos.

Objetivo 2

Anotar	Añadir notas breves a un diagrama o gráfica.
Aplicar	Utilizar una idea, ecuación, principio, teoría o ley en una situación nueva.
Calcular	Hallar una respuesta numérica y mostrar las operaciones pertinentes (a menos que se indique lo contrario).
Describir	Exponer detalladamente.
Distinguir	Especificar las diferencias entre dos o más elementos distintos.
Estimar	Hallar el valor aproximado de algo.
Identificar	Encontrar una respuesta entre un número determinado de posibilidades.
Resumir	Exponer brevemente o a grandes rasgos.

Objetivo 3

Analizar	Interpretar los datos para llegar a conclusiones.
Comentar	Realizar una valoración basada en un enunciado determinado o en el resultado de un cálculo.
Comparar	Exponer las semejanzas y diferencias entre dos (o más) elementos refiriéndose constantemente a ambos (o a todos).
Construir	Representar o elaborar de forma gráfica.
Deducir	Establecer una conclusión a partir de la información suministrada o manipular una relación matemática para obtener una nueva ecuación o relación.
Diseño	Idear un plan, una simulación o un modelo.
Determinar	Encontrar la única respuesta posible.
Discutir	Exponer utilizando, si es posible, una serie de argumentos a favor y en contra de la importancia relativa de distintos factores o comparando hipótesis alternativas.
Evaluar	Valorar las implicaciones y limitaciones de algo.
Explicar	Exponer detalladamente las causas, razones o mecanismos de algo.
Predecir	Dar un resultado esperado.
Demostrar	Indicar los pasos realizados en un cálculo o deducción.
Esquemmatizar	Represente mediante una gráfica que muestre una línea y ejes rotulados pero sin escala donde se indiquen claramente características importantes (por ejemplo, intersecciones).
Resolver	Obtener una respuesta por medio de métodos algebraicos o numéricos.
Sugerir	Proponer una hipótesis o cualquier otra respuesta posible.

Resumen de la evaluación

Especificaciones de evaluación del NM

Primeros exámenes: 2009

Componente	Contribución al total (%)	Contribución aproximada de objetivos específicos (%)		Duración (horas)	Estructura y cobertura del programa de estudios
		1+2	3		
Prueba 1	20	20		$\frac{3}{4}$	30 preguntas de opción múltiple sobre los temas troncales
Prueba 2	32	16	16	$1\frac{1}{4}$	Sección A: una pregunta basada en datos y varias preguntas de respuesta corta sobre los temas troncales (todas obligatorias) Sección B: una pregunta de respuesta larga sobre los temas troncales (de tres a elegir)
Prueba 3	24	12	12	1	Varias preguntas de respuesta corta sobre cada una de las opciones cursadas (todas obligatorias)

Especificaciones de evaluación del NS

Primeros exámenes: 2009

Componente	Contribución al total (%)	Contribución aproximada de objetivos específicos (%)		Duración (horas)	Estructura y cobertura del programa de estudios
		1+2	3		
Prueba 1	20	20		1	40 preguntas de opción múltiple (aproximadamente 15 comunes con el NM más unas cinco preguntas sobre los temas troncales y unas 20 sobre los TANS)
Prueba 2	36	18	18	2¼	Sección A: una pregunta basada en datos y varias preguntas de respuesta corta sobre los temas troncales y los TANS (todas obligatorias) Sección B: dos preguntas de respuesta larga sobre los temas troncales y los TANS (de cuatro a elegir)
Prueba 3	20	10	10	1¼	Varias preguntas de respuesta corta y una pregunta de respuesta larga sobre cada una de las dos opciones cursadas (todas obligatorias)

Además de cubrir los objetivos específicos 1, 2 y 3, el plan de evaluación interna para el NM y el NS cubre el objetivo específico 4 (aptitudes personales) mediante la aplicación del criterio de aptitudes personales para evaluar el proyecto del Grupo 4 y el objetivo específico 5 (técnicas de manipulación) mediante la aplicación del criterio de técnicas de manipulación para evaluar las actividades prácticas. No se permiten calculadoras en la prueba 1 del NM y del NS, pero su uso es necesario en las pruebas 2 y 3.

Para las pruebas 2 y 3 del NM y del NS es necesario contar con un ejemplar sin marcas ni anotaciones del Cuadernillo de datos de Física.

Evaluación externa

La evaluación externa consiste en tres pruebas escritas.

Prueba 1

La prueba 1 consiste en preguntas de opción múltiple con las que se evalúan sólo los conocimientos de los temas troncales en el caso de los alumnos del NM, y de los temas troncales y los TANS en el caso de los alumnos del NS. Las preguntas se han concebido como problemas breves, con una o dos etapas de resolución, que cubren los objetivos específicos 1 y 2 (véase la sección "Objetivos específicos"). No se descuentan puntos por respuestas incorrectas. No se permite el uso de calculadoras, aunque los alumnos deberán realizar operaciones de cálculo sencillas.

Prueba 2

En la prueba 2 se evalúan sólo los conocimientos de los temas troncales en el caso de los alumnos del NM, y de los temas troncales y los TANS en el caso de los alumnos del NS. Las preguntas cubren los objetivos específicos 1, 2 y 3, y la prueba está dividida en dos secciones.

En la sección A hay una pregunta que requiere el análisis de un conjunto de datos dados. El resto de la sección A está compuesto por preguntas de respuesta corta.

En la sección B se proponen a los alumnos del NM tres preguntas de las cuales deben elegir una, y cuatro preguntas a los alumnos del NS, de las cuales deben elegir dos. Son preguntas de respuesta larga que pueden implicar la redacción de un texto de varios párrafos, la resolución de un problema de cierta envergadura o un trabajo profundo de análisis o evaluación. En esta prueba es necesario usar una calculadora.

Prueba 3

En la prueba 3 se examinan los conocimientos de las opciones y se cubren los objetivos específicos 1, 2 y 3. Los alumnos del NM deben contestar varias preguntas de respuesta corta de cada una de las dos opciones cursadas. Los alumnos del NS deben contestar varias preguntas de respuesta corta y una pregunta de respuesta larga de cada una de las dos opciones cursadas. En esta prueba es necesario usar una calculadora.

Para las pruebas 2 y 3 del NM y del NS es necesario contar con un ejemplar sin marcas ni anotaciones del Cuadernillo de datos de Física.

Nota: Siempre que sea posible, los profesores deberán emplear y recomendar a los alumnos el uso del Sistema Internacional de Unidades (unidades SI).

Actividades prácticas y evaluación interna

Generalidades

Todas las asignaturas del Grupo 4 tienen los mismos requisitos de evaluación interna, con la excepción de Tecnología del Diseño, que presenta un elemento adicional. La evaluación interna, que representa el 24% de la evaluación final (un 36% en el caso de Tecnología del Diseño), consiste en un proyecto interdisciplinario que abarca una mezcla de trabajos de investigación a corto y largo plazo (tales como prácticas y proyectos específicos de la asignatura) y, en el caso de Tecnología del Diseño, el proyecto de diseño.

Los trabajos de los alumnos son evaluados por el profesor y moderados por IBO. La evaluación interna se realiza, tanto en el NM como en el NS, aplicando criterios de evaluación cuya puntuación máxima es 6.

Propósitos de las actividades prácticas

Aunque los requisitos de evaluación interna se centran principalmente en la evaluación de habilidades prácticas, los distintos tipos de trabajos experimentales que un alumno puede realizar sirven también para otros propósitos, tales como:

- ejemplificar, enseñar y reforzar los conceptos teóricos
- valorar el carácter esencialmente práctico del trabajo científico
- apreciar las ventajas y limitaciones de la metodología científica.

Por lo tanto, se justifica ampliamente el hecho de que los profesores realicen más trabajo experimental que el requerido para la evaluación interna.

Plan de trabajos prácticos

El plan de trabajos prácticos es el programa práctico planificado por el profesor. Su propósito es resumir todas las actividades de investigación llevadas a cabo por el alumno. Algunos de los trabajos realizados por los alumnos en el NM y el NS de una misma asignatura pueden ser iguales.

Cobertura del programa de estudios

La gama de trabajos prácticos llevados a cabo deberá reflejar la amplitud y profundidad del programa de la asignatura en cada nivel, pero no es necesario realizar un trabajo para cada uno de los temas del programa. Sin embargo, todos los alumnos deben participar en el proyecto del Grupo 4, y lo ideal es que las actividades de evaluación interna incluyan contenidos diversos de los temas troncales, de las opciones y, cuando corresponda, de los TANS. No se especifica un mínimo de trabajos prácticos que se deberán realizar.

Elección de los trabajos prácticos

Los profesores tienen libertad para diseñar sus propios planes de trabajos prácticos, de acuerdo con determinados requisitos. La elección se debe basar en:

- las asignaturas, niveles y opciones que se enseñan
- las necesidades de los alumnos
- los recursos disponibles
- los estilos de enseñanza.

Cada plan debe incluir algunos trabajos complejos que requieran un mayor esfuerzo conceptual por parte de los alumnos. Un plan de trabajo compuesto totalmente por experimentos sencillos, como marcar casillas o ejercicios de completar tablas, no constituye una experiencia suficientemente amplia para los alumnos.

Se alienta a los profesores a que usen el Centro pedagógico en línea (CPEL) para que, a través de los foros de debate, intercambien ideas acerca de posibles trabajos y añadan materiales en las páginas de las asignaturas.

Nota: Todo trabajo práctico (o parte de él) que se utilice para evaluar a los alumnos deberá diseñarse específicamente para que corresponda a los criterios de evaluación pertinentes.

Flexibilidad

El modelo de evaluación interna es lo suficientemente flexible como para permitir que se lleve a cabo una amplia gama de trabajos prácticos. Algunos ejemplos podrían ser:

- prácticas breves de laboratorio que se realicen en una o más lecciones, y prácticas a largo plazo o proyectos que se extiendan a lo largo de varias semanas
- simulaciones por computador
- ejercicios de recopilación de datos, como cuestionarios, pruebas con usuarios y encuestas
- ejercicios de análisis de datos
- trabajo general de laboratorio y de campo.

Proyecto del Grupo 4

El proyecto del Grupo 4 es una actividad interdisciplinaria en la que deben participar todos los alumnos de Ciencias Experimentales del Programa del Diploma. Se pretende que los alumnos de las diferentes asignaturas del Grupo 4 analicen un tema o problema común. El ejercicio debe ser una experiencia de colaboración en la que se destaquen preferentemente los **procesos** que comprende la investigación científica más que los **productos** de dicha investigación.

En la mayoría de los casos, los alumnos de un colegio participarán en la investigación del mismo tema. En aquellos casos en los que existe un gran número de alumnos, es posible dividirlos en grupos más pequeños en los que estén representadas cada una de las asignaturas de Ciencias Experimentales. Los grupos pueden investigar el mismo tema, o temas distintos, es decir, pueden existir varios proyectos del Grupo 4 en el mismo colegio.

Documentación de las actividades prácticas

La información sobre el plan de trabajos prácticos de cada alumno se debe registrar en el **formulario 4/PSOW**, incluido en la sección 4 del *Vademécum*. También es posible utilizar versiones en formato electrónico siempre que contengan toda la información necesaria. Además, los trabajos de laboratorio correspondientes a las dos puntuaciones más altas obtenidas por cada alumno aplicando los criterios de evaluación interna (diseño, obtención y procesamiento de datos, y conclusión y evaluación) y las instrucciones proporcionadas por el profesor para el trabajo de laboratorio deben conservarse para su posible inclusión en la muestra de los trabajos enviada a un moderador de evaluación interna.

Tiempo asignado a las actividades prácticas

Las horas lectivas recomendadas para el conjunto de los cursos del Programa del Diploma son 150 en el NM y 240 en el NS. Los alumnos deben dedicar a las actividades prácticas 40 horas en el NM y 60 horas en el NS (sin incluir el tiempo de redacción del trabajo). Este tiempo incluye 10 horas para el proyecto del Grupo 4. Si se ha continuado investigando después del vencimiento del plazo para el envío de trabajos al moderador, solamente podrán considerarse 2 o 3 horas de investigación extra en el total de horas del plan de trabajos prácticos.

Nota: En Tecnología del Diseño, los alumnos deben dedicar 55 horas a las actividades prácticas en el NM y 81 horas en el NS.

Sólo una parte de las 40 o 60 horas de las actividades prácticas deben dedicarse al trabajo que se evalúa aplicando los criterios de evaluación interna. Este trabajo se realizará normalmente durante la última parte del curso, una vez que los alumnos se hayan familiarizado con los criterios y pueda evaluarse su desempeño en trabajos prácticos complejos.

Orientación y autoría original

Todos los alumnos deben familiarizarse con los requisitos de evaluación interna. Se les debe informar claramente de que son los únicos responsables de su trabajo. Es conveniente que los profesores les ayuden a desarrollar el sentido de responsabilidad sobre el propio aprendizaje para que se sientan orgullosos de su trabajo.

Las respuestas de los profesores a preguntas de los alumnos sobre aspectos específicos de los trabajos prácticos deberán orientarlos (cuando proceda) hacia vías de indagación más productivas, en lugar de dar una solución directa a la cuestión planteada. Como parte del proceso de aprendizaje, los profesores pueden proporcionar a los alumnos orientación general sobre un primer borrador de su trabajo para la evaluación interna. No obstante, no se permitirá que el alumno presente otras versiones modificadas del trabajo: la versión siguiente entregada al profesor después del primer borrador deberá ser la versión final. El profesor calificará esta versión aplicando los criterios de evaluación interna. Es útil señalar en este trabajo la puntuación asignada para cada aspecto: "c" si los criterios se han alcanzado completamente, "p" si se han alcanzado parcialmente y "n" si no se han alcanzado, para orientar al moderador si el trabajo fuera seleccionado como parte de la muestra.

Al evaluar el trabajo de los alumnos aplicando los criterios de evaluación interna, los profesores deben calificar y anotar únicamente la versión final.

Cuando los trabajos prácticos se realicen fuera del aula los alumnos deberán trabajar de forma independiente. Es preciso que los profesores se aseguren de que el trabajo enviado para moderación lo ha realizado el alumno. En caso de duda, deberá controlar la autoría original del mismo mediante una de las siguientes formas:

- discutirlo con el alumno
- pedir que el alumno explique los métodos utilizados en el trabajo y resuma los resultados
- pedir que el alumno repita el trabajo.

Es preciso que los profesores firmen la portada de la evaluación interna para confirmar que todos los trabajos de los alumnos son originales y han sido realizados sin ayuda.

Seguridad

Aunque los profesores deberán ajustarse con relación a este aspecto a las directrices nacionales o locales (las cuales pueden diferir entre los distintos países), se deberá prestar atención a la declaración de principios de la Comisión de Seguridad del ICASE, International Council of Associations for Science Education (Consejo Internacional de Asociaciones de Educación Científica), cuya traducción se proporciona a continuación.

Comisión de Seguridad del ICASE

Declaración de principios

La Comisión de Seguridad del ICASE tiene como fin promover prácticas científicas estimulantes y de calidad, capaces de suscitar el interés de los alumnos y motivar a los profesores, realizadas en un entorno de aprendizaje

seguro y sin riesgos para la salud. De este modo, todos los individuos implicados en la educación científica (profesores, estudiantes, asistentes de laboratorio, supervisores y visitantes) tienen derecho a trabajar bajo las condiciones más seguras posibles en aulas y laboratorios de ciencias. Los directivos de los centros deberán realizar todo lo posible y razonable para proveer y mantener un entorno de aprendizaje seguro y sin riesgos para la salud, así como para establecer y exigir prácticas y métodos seguros en todo momento. Es necesario elaborar normas y reglamentos de seguridad y garantizar su cumplimiento para la protección de las personas que lleven a cabo actividades en las aulas y laboratorios de ciencias, o que desarrollen experiencias de campo. Cuando dichas condiciones de trabajo no sean lo suficientemente seguras, deberán proponerse actividades científicas alternativas.

Es responsabilidad de todas y cada una de las personas involucradas en estas actividades el hacer de este compromiso con la seguridad y la salud algo permanente. Las recomendaciones que se hagan a este respecto deberán reconocer la necesidad de respetar el contexto local, las diferentes tradiciones educativas y culturales, las limitaciones económicas y los sistemas legales de los distintos países.

Criterios de evaluación interna

Información general

El método de evaluación utilizado para la evaluación interna se basa en criterios establecidos, es decir, se evalúa el trabajo de cada alumno con relación a criterios de evaluación previamente establecidos y no con relación al trabajo de otros alumnos.

En todos los cursos del Grupo 4 el componente de evaluación interna se evalúa con arreglo a conjuntos de criterios de evaluación y descriptores de nivel de logro. Los criterios de evaluación interna son para uso de los profesores.

- Para cada criterio de evaluación existe cierto número de descriptores; cada uno describe un nivel de logro específico.
- Los descriptores se centran en aspectos positivos aunque para los niveles más bajos, la descripción puede mencionar la falta de logros.

Uso de los criterios de evaluación interna

En la actividad de evaluación interna los profesores deben basarse en los descriptores de cada criterio. Se utilizan los mismos criterios de evaluación interna para el NM y el NS.

- El propósito es encontrar, para cada criterio, el descriptor que exprese de la forma más adecuada el nivel de logro alcanzado por el alumno. Se trata, por tanto, de un procedimiento de aproximación. Desde la perspectiva de cualquiera de los criterios, el trabajo del alumno puede presentar rasgos que correspondan a un descriptor de un nivel de logro superior, combinados con rasgos que pertenezcan a un nivel de logro inferior. Debe realizarse una valoración profesional para identificar el descriptor que más se aproxima al trabajo del alumno.
- Una vez examinado el trabajo que se ha de evaluar, los descriptores de cada criterio deben leerse empezando por el de nivel 0, hasta que se alcance el que describe un nivel de logro que no corresponde tan adecuadamente como el anterior al trabajo que se está evaluando. El trabajo, por lo tanto, se describe mejor mediante el descriptor del nivel de logro anterior, y éste es el nivel que se debe asignar. Sólo se utilizarán números enteros y no notas parciales, como fracciones o decimales.
- Los descriptores más altos no implican un desempeño perfecto y tanto los moderadores como los profesores no deben dudar en utilizar los niveles extremos, incluido el cero, si describen apropiadamente el trabajo que se está evaluando.
- Los descriptores no deben considerarse como notas o porcentajes, aunque los niveles de los descriptores se sumen al final para obtener una puntuación total. No debe suponerse que existan otras relaciones aritméticas: por ejemplo, un desempeño de nivel 2 no es necesariamente el doble de bueno que un desempeño de nivel 1.
- Un alumno que alcance un nivel de logro determinado en relación con un criterio, no alcanzará necesariamente niveles similares en relación con otros criterios. No debe suponerse que la evaluación general de los alumnos haya de dar como resultado una distribución determinada de puntuaciones.
- Los alumnos deben tener acceso en todo momento a los criterios de evaluación.

Criterios y aspectos

Para evaluar el trabajo de los alumnos del NM y el NS se utilizan cinco criterios de evaluación.

- Diseño: D
- Obtención y procesamiento de datos: OPD
- Conclusión y evaluación: CE
- Técnicas de manipulación: TM
- Aptitudes personales: AP

Cada uno de los tres primeros criterios, Diseño (D), Obtención y procesamiento de datos (OPD) y Conclusión y evaluación (CE), se evalúa dos veces.

El criterio Técnicas de manipulación (TM) se evalúa de forma sumativa a lo largo del curso y la evaluación debe basarse en un amplio conjunto de técnicas de manipulación.

El criterio Aptitudes personales (AP) se evalúa una sola vez, durante el proyecto del Grupo 4.

Cada uno de los criterios de evaluación puede ser desglosado en tres **aspectos**, tal y como se recoge en las secciones siguientes. Las descripciones dadas sirven para indicar distintos niveles de logro de los requisitos de un aspecto concreto mediante las expresiones **completamente (c)** o **parcialmente (p)**. También se indica el caso en el que no se han satisfecho los requisitos mediante la denominación **no alcanzado (n)**.

Se asignan 2 puntos al nivel de logro **“completamente”**, 1 punto al nivel **“parcialmente”** y 0 puntos al nivel **“no alcanzado”**.

La puntuación máxima para cada criterio es 6 (correspondiente a tres niveles de logro “completamente”).

D × 2 = 12

OPD × 2 = 12

CE × 2 = 12

TM × 1 = 6

AP × 1 = 6

Se obtiene así una puntuación total sobre un máximo de 48 puntos.

Las puntuaciones para cada criterio se suman para determinar la nota final (sobre un total de 48) del componente de evaluación interna. Posteriormente, esta nota es transformada en IBCA para obtener el total sobre el 24%.

Las normas y procedimientos generales relativos a la evaluación interna pueden consultarse en el *Vademécum*.

Diseño

Niveles/puntos	Aspecto 1	Aspecto 2	Aspecto 3
	Definición del problema y selección de variables	Control de las variables	Desarrollo de un método de obtención de datos
Completamente/2	Enuncia un problema o pregunta de investigación concretos e identifica las variables pertinentes.	Diseña un método que permite controlar eficazmente las variables.	Desarrolla un método que permite obtener datos pertinentes y suficientes.
Parcialmente/1	Enuncia un problema o una pregunta de investigación de forma incompleta o sólo identifica algunas de las variables pertinentes.	Diseña un método que permite controlar, en cierta medida, las variables.	Desarrolla un método que permite obtener datos pertinentes pero no suficientes.
No alcanzado/0	No enuncia un problema o una pregunta de investigación ni identifica variables pertinentes.	Diseña un método que no permite controlar las variables.	Desarrolla un método que no permite obtener datos pertinentes.

Obtención y procesamiento de datos

Niveles/puntos	Aspecto 1	Aspecto 2	Aspecto 3
	Registro de datos brutos	Procesamiento de datos brutos	Presentación de los datos procesados
Completamente/2	Registra los datos brutos apropiados, tanto los cuantitativos como los cualitativos asociados, e incluye unidades de medida y márgenes de incertidumbre en los casos pertinentes.	Procesa los datos brutos cuantitativos correctamente.	Presenta los datos procesados de forma apropiada y, en caso pertinente, incluye los errores e incertidumbres.
Parcialmente/1	Registra los datos brutos apropiados, tanto los cuantitativos como los cualitativos asociados, pero con algunos errores u omisiones.	Procesa los datos brutos cuantitativos, pero con algunos errores u omisiones.	Presenta los datos procesados de forma apropiada, pero con algunos errores u omisiones.
No alcanzado/0	No registra datos brutos cuantitativos apropiados o los datos brutos son incomprensibles.	No procesa los datos brutos cuantitativos o comete errores graves al procesarlos.	Presenta los datos procesados de forma inapropiada o incomprensible.

Conclusión y evaluación

Niveles/puntos	Aspecto 1	Aspecto 2	Aspecto 3
	Formulación de conclusiones	Evaluación de los procedimientos	Mejora de la investigación
Completamente/2	Enuncia una conclusión y la justifica, basándose en una interpretación razonable de los datos.	Evalúa los puntos débiles y las limitaciones.	Propone mejoras realistas en relación con las limitaciones y puntos débiles señalados.
Parcialmente/1	Enuncia una conclusión basándose en una interpretación razonable de los datos.	Señala algunos puntos débiles y limitaciones, pero no los evalúa o su evaluación es deficiente.	Sólo propone mejoras superficiales.
No alcanzado/0	No enuncia ninguna conclusión o la conclusión se basa en una interpretación de los datos que no es razonable.	Señala puntos débiles y limitaciones que no son pertinentes.	Propone mejoras que no son realistas.

Técnicas de manipulación (evaluadas de forma sumativa)

Este criterio cubre el objetivo específico 5.

Niveles/puntos	Aspecto 1	Aspecto 2	Aspecto 3
	Cumplimiento de las instrucciones*	Aplicación de las técnicas	Seguridad en el trabajo
Completamente/2	Sigue las instrucciones con precisión y se adapta a nuevas circunstancias, buscando ayuda cuando la necesita.	Utiliza diversas técnicas y equipos de forma competente y metódica.	Presta atención a las cuestiones de seguridad.
Parcialmente/1	Sigue las instrucciones pero necesita ayuda.	Utiliza diversas técnicas y equipos de forma, por lo general, competente y metódica.	Por lo general, presta atención a las cuestiones de seguridad.
No alcanzado/0	Pocas veces sigue las instrucciones o necesita supervisión constante.	Utiliza diversas técnicas y equipos, pero pocas veces lo hace de forma competente y metódica.	Pocas veces presta atención a las cuestiones de seguridad.

* Las instrucciones pueden presentarse en diferentes formas: instrucciones orales, protocolos de trabajo escritos, diagramas, fotografías, videos, organigramas, cintas de audio, modelos, programas informáticos, etc. No siempre las facilitará el profesor.

Para el criterio correspondiente a las aptitudes personales véase la sección "Proyecto del Grupo 4".

Aclaraciones sobre los criterios de evaluación interna

Diseño

Aspecto 1: definición del problema y selección de variables

Es fundamental que los profesores planteen para investigar un problema abierto que comprenda varias variables independientes entre las que un alumno pueda elegir una que resulte adecuada para su trabajo práctico. Se garantizará de este modo la formulación de una serie de planes de investigación por parte de los alumnos y la existencia de margen suficiente para identificar variables independientes y controladas.

Aunque el profesor puede establecer el objetivo general de la investigación, los alumnos deberán identificar el problema o la pregunta de investigación concretos. Con frecuencia, los alumnos modificarán para ello el objetivo general proporcionado e indicarán la variable o variables elegidas para su investigación.

El profesor únicamente puede sugerir la pregunta de investigación general. Una indicación aceptable del profesor sería pedir a los alumnos que investiguen alguna propiedad física de una pelota que bota, sin proporcionar variables. Los alumnos podrán plantearse lo siguiente: "Investigaré la relación entre la altura de rebote y la altura de caída de una pelota que bota".

El profesor puede sugerir también la pregunta de investigación general y especificar la variable dependiente. Un ejemplo de este tipo de indicación del profesor sería pedir al alumno que investigue la flexión de una viga voladiza. Los alumnos podrán entonces plantearse lo siguiente: "Sugiero investigar cómo la flexión de una viga voladiza se ve afectada por la carga colocada en un extremo". El alumno no puede limitarse a formular de nuevo la pregunta de investigación propuesta por el profesor.

Las variables son factores que pueden medirse y controlarse. Las variables independientes son las que se manipulan y el resultado de esta manipulación permite medir la variable dependiente. Una variable controlada es aquella que debe mantenerse constante para no influir en el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente.

El alumno debe indicar claramente qué variables son dependientes (medidas), independientes (manipuladas) y controladas (constantes). Son variables pertinentes aquellas que cabe esperar razonablemente que afecten al resultado. Por ejemplo, en el trabajo sobre la pelota que bota, la altura de caída sería la variable independiente y la altura de rebote sería la variable dependiente. Las variables controladas incluirían utilizar la misma pelota y la misma superficie en todas las mediciones.

No debe hacerse lo siguiente:

- proporcionar a los alumnos una pregunta de investigación concreta
- informar a los alumnos del resultado de la investigación
- decir a los alumnos qué variable independiente deben seleccionar
- decir a los alumnos qué variables independientes deben mantener constantes.

Aspecto 2: control de las variables

La expresión "control de variables" se refiere a la manipulación de la variable independiente y al intento de mantener las variables controladas en un valor constante. El método debe mencionar de forma explícita

cómo se logra el control de las variables. Si no es posible en la práctica el control de la variable o variables, es preciso intentar observarlas de algún modo.

No debe indicarse a los alumnos:

- qué aparatos deben utilizar
- el método experimental.

Aspecto 3: desarrollo de un método de obtención de datos

La definición de “datos pertinentes y suficientes” depende del contexto. El trabajo práctico planificado debe prever la obtención de datos suficientes para abordar adecuadamente el objetivo o la pregunta de investigación y para poder evaluar la fiabilidad de los datos.

La obtención de datos pertinentes y en número suficiente suele implicar la repetición de las mediciones. Por ejemplo, para hallar el período de un péndulo, se mide el tiempo de varias oscilaciones para hallar el tiempo de una oscilación. Si se mide el tiempo de una única oscilación para una longitud dada del péndulo, no se puede obtener el nivel de logro “completamente”. Otro ejemplo sería el siguiente: se puede medir varias veces el tiempo que tarda una pelota en recorrer una distancia dada al bajar por un plano inclinado y, a continuación, se puede determinar un tiempo medio.

La gama de datos y la cantidad de datos en esa gama son también importantes. Por ejemplo, en el caso del experimento del péndulo, se podría utilizar una gama de longitud de 10 a 100 cm pero no sería apropiado medir únicamente el período en tres puntos de esa gama. De igual modo, tampoco sería apropiado medir el período de 10 puntos de dato en una gama de 80 a 90 cm.

No debe indicarse a los alumnos:

- cómo obtener los datos
- la cantidad de datos que deben obtener.

Obtención y procesamiento de datos

Lo ideal es que los alumnos trabajen en la obtención de datos por su cuenta.

Cuando la obtención de datos se realiza en grupos, el registro y procesamiento de los mismos debe hacerse de forma independiente si va a evaluarse este criterio.

Aspecto 1: registro de datos brutos

Los datos brutos son los datos obtenidos directamente por medición. Pueden incluir datos cualitativos asociados. Se permite la conversión de datos brutos escritos a mano a formato electrónico. El término “datos cuantitativos” se refiere a las mediciones numéricas de las variables asociadas a la investigación. Se consideran datos cualitativos asociados aquellas observaciones que pueden mejorar la interpretación de los resultados.

Todos los datos brutos llevan asociadas incertidumbres y siempre debe intentarse cuantificarlas. Por ejemplo, cuando los alumnos afirman que una medición tomada con un cronómetro lleva asociada una incertidumbre debido al tiempo de reacción, deben estimar la magnitud de dicha incertidumbre. En las tablas de datos cuantitativos, debe anotarse claramente en cada columna un encabezado, las unidades y una indicación de la incertidumbre de la medición. La incertidumbre no debe coincidir necesariamente con la precisión del instrumento de medición utilizado que declara el fabricante. La incertidumbre de los datos y el número de cifras significativas utilizadas en los mismos deben ser coherentes. Esto vale para todos los

instrumentos de medición, por ejemplo, medidores digitales, cronómetros y otros instrumentos. El número de cifras significativas debe reflejar la precisión de la medición.

No deben existir variaciones en la precisión de los datos brutos. Por ejemplo, debe utilizarse siempre el mismo número de decimales. El grado de precisión de los datos derivados del procesamiento de datos brutos (por ejemplo, las medias) debe ser el mismo que el de los datos brutos.

No debe indicarse a los alumnos cómo registrar los datos brutos. Por ejemplo, no se les debe proporcionar una tabla con un formato definido previamente en el que aparezcan columnas, encabezados, unidades o incertidumbres.

Aspecto 2: procesamiento de datos brutos

El procesamiento de datos conlleva, por ejemplo, la combinación y manipulación de los datos brutos (como su suma, resta, potenciación, división) para determinar el valor de una magnitud física, así como tomar la media de varias mediciones y transformar los datos en una forma adecuada para su representación gráfica. Puede darse el caso de que los datos estén ya en una forma adecuada para su representación gráfica; por ejemplo, los datos de absorbancia de luz obtenidos en forma de gráfica representados frente a valores de tiempo. Si los datos brutos se representan de este modo, se dibuja una línea de ajuste óptimo a los puntos y se determina su pendiente, los datos brutos han sido procesados. La representación gráfica de datos brutos (sin obtención de una línea de ajuste) no constituye procesamiento de los datos.

El registro y el procesamiento de datos pueden mostrarse en una única tabla siempre que se distingan claramente los datos brutos de los procesados.

En la mayoría de los casos, el procesado de datos supondrá dibujar una gráfica donde se muestre la relación entre las variables independiente y dependiente.

No debe indicarse a los alumnos:

- cómo procesar los datos
- qué magnitudes deben representar gráficamente.

Aspecto 3: presentación de los datos procesados

Cuando se procesan datos, también deben tenerse en cuenta las incertidumbres asociadas a los mismos. Si los datos se combinan y manipulan para determinar el valor de una magnitud física (por ejemplo, el calor específico), deben propagarse las incertidumbres de los datos (véase el subtema 1.2). El cálculo de la diferencia, en forma de porcentaje, entre el valor medido y el valor indicado en la bibliografía no constituye un análisis de errores. También deben tenerse en cuenta las incertidumbres asociadas a los datos brutos.

Las gráficas deben tener escalas apropiadas, sus ejes deben estar rotulados con indicación de las unidades y los puntos deben estar representados de forma exacta con una línea o curva de ajuste óptimo adecuada (no un diagrama de dispersión con líneas que conecten los puntos entre sí).

Para cumplir por completo el aspecto 3, los alumnos deben incluir un tratamiento de las incertidumbres y errores junto con sus datos procesados.

Para el cumplimiento completo del aspecto 3 se exige que los alumnos:

- incluyan barras de incertidumbre, donde sean significativas
- expliquen los casos en los que las incertidumbres no sean significativas
- dibujen líneas de gradientes mínimos y máximos
- determinen la incertidumbre del gradiente, en la recta de mejor ajuste.

Consulte el tratamiento de las incertidumbres y errores en el subtema 1.2 de esta guía.

Conclusión y evaluación

Aspecto 1: formulación de conclusiones

Las conclusiones que se basan en los datos son aceptables incluso si contradicen aparentemente teorías aceptadas. No obstante, la conclusión debe tener en cuenta los posibles errores e incertidumbres sistemáticos o aleatorios. Debe compararse una estimación porcentual del error del resultado con el error aleatorio total estimado derivado de la propagación de las incertidumbres.

Para justificar su conclusión, los alumnos deben discutir si se produjeron errores sistemáticos u otros errores aleatorios. En caso de existir errores sistemáticos, debe apreciarse en qué sentido afectan al resultado. El análisis podría incluir la comparación entre diferentes gráficas o la descripción de las tendencias que muestran las gráficas. La explicación debe incluir observaciones, tendencias o pautas reveladas por los datos.

Cuando midan el valor ya conocido y aceptado de una magnitud física, los alumnos deben extraer una conclusión sobre su confianza en el resultado experimental que han obtenido, comparándolo con el valor reflejado en el libro de texto o en otras publicaciones. Deben proporcionarse las referencias completas de la bibliografía consultada.

Aspecto 2: evaluación de los procedimientos

Deben comentarse el diseño y el método de la investigación, así como la calidad de los datos. Además de enumerar los puntos débiles de la investigación, el alumno debe apreciar su importancia. En este sentido, son pertinentes las observaciones acerca de la precisión y la exactitud de las mediciones. En su evaluación del método utilizado, el alumno debe analizar específicamente los procedimientos, el uso de equipos y la organización del tiempo.

Aspecto 3: mejora de la investigación

Las sugerencias de mejoras deben basarse en los puntos débiles y las limitaciones señaladas en el aspecto 2. Aquí pueden plantearse modificaciones de las técnicas experimentales y de la gama de datos obtenidos. Las modificaciones deben abordar cuestiones relativas a la precisión, la exactitud y la reproducibilidad de los resultados. Los alumnos deben sugerir formas de reducir los errores aleatorios, de eliminar los errores sistemáticos o de lograr un mayor control de las variables. Las modificaciones propuestas deben ser realistas y deben especificarse claramente. No es suficiente afirmar, en términos generales, que deben utilizarse instrumentos más precisos.

Técnicas de manipulación

Este criterio debe evaluarse de forma sumativa.

Aspecto 1: cumplimiento de las instrucciones

El grado de ayuda requerido para montar el equipo, el orden en la realización de los procedimientos y la capacidad de seguir instrucciones correctamente son indicios de las habilidades manipulativas del alumno. La utilización de técnicas seguras de trabajo debe ser evidente en todos los aspectos de las actividades prácticas.

Debe incluirse en el plan de trabajos una amplia gama de tareas complejas.

Aspecto 2: aplicación de las técnicas

Se espera que los alumnos realicen una variedad de trabajos prácticos diferentes durante el curso que les permitan exponerse a diversas situaciones de tipo experimental.

Aspecto 3: seguridad en el trabajo

Debe evaluarse la actitud del alumno con respecto a la seguridad durante los trabajos prácticos en el laboratorio o de campo. No obstante, el profesor no debe poner a los alumnos en situaciones de riesgo inaceptables.

El profesor debe juzgar qué es aceptable y legal, conforme a la normativa local y en función de las instalaciones disponibles. Véase la sección "Seguridad" de la presente guía, en "Orientación y autoría original".

Aptitudes personales

Nota: El criterio de las aptitudes personales sólo se evalúa en el proyecto del Grupo 4 y se encontrará en la sección "Proyecto del Grupo 4".

Uso de TIC

De conformidad con el objetivo general 7, es decir, “desarrollar la competencia en el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones [TIC] para aplicarlas al estudio de la ciencia”, se fomenta a lo largo del curso el uso de estas tecnologías, tanto si los trabajos prácticos se evalúan aplicando los criterios de evaluación interna como si no.

Sección A: uso de TIC en actividades prácticas evaluadas

Pueden utilizarse programas de registro de datos en los experimentos o trabajos prácticos evaluados con los criterios de evaluación interna, siempre que se aplique el principio siguiente.

La contribución del alumno al experimento debe ser evidente, de modo que el profesor pueda evaluar únicamente dicha contribución. La contribución del alumno puede consistir en la selección de los ajustes utilizados por el equipo de registro de datos y elaboración de gráficas, o bien puede ponerse de manifiesto en etapas posteriores del experimento.

Cuando se utilizan programas de registro de datos, se definen como datos brutos los datos producidos por el programa y extraídos por el alumno de las tablas o gráficas para procesarlos posteriormente.

Las siguientes categorías de experimentos ilustran la aplicación de este principio.

1. Registro de datos en un trabajo práctico claramente delimitado

Pueden utilizarse programas de registro de datos para realizar un experimento tradicional de una forma nueva.

El uso de programas de registro de datos es adecuado, desde el punto de vista de la evaluación, si el alumno selecciona e introduce la mayoría de los parámetros pertinentes del programa. Por ejemplo, supongamos que un alumno desea medir la aceleración de un carrito que baja por un plano inclinado. Se utiliza un detector de movimiento sónico para obtener datos y generar gráficas. Este trabajo práctico puede resultar ser apropiado o no para la corrección de la evaluación interna; todo dependerá de la contribución del alumno.

Este trabajo práctico sería apropiado para la evaluación interna si el alumno contribuye en la disposición del equipo y del programa, al seleccionar los parámetros y la presentación general de los datos y los resultados. Un ejemplo de contribución sería que el alumno calibre el detector de movimiento sónico antes de llevar a cabo el experimento. El detector utiliza la velocidad del sonido y ésta varía en función de las condiciones de la sala, por ejemplo de su temperatura. A continuación, es posible que el alumno decida la tasa de muestreo y el tiempo que dura. Cuando no hay movimiento, la lectura del detector sónico muestra cierto ruido aleatorio. El alumno utiliza el rango de este ruido para estimar una incertidumbre en los datos brutos. Teniendo en cuenta que el computador genera datos para la posición, la velocidad y la aceleración como funciones del tiempo utilizando medidas consecutivas del tiempo de reflexión, así como la velocidad conocida del sonido, el alumno acepta la distancia y la velocidad medidas pero no la medición de la aceleración. El alumno utiliza datos experimentales para generar una gráfica de velocidad frente a tiempo y

la aceleración se determina a partir del gradiente de esa gráfica. Mediante este método se eliminan errores sistemáticos de los datos y se obtiene un resultado más fiable. Todas las incertidumbres y cifras significativas resultan explicables. El trabajo del alumno es apropiado para la evaluación interna.

Los programas de registro de datos que determinan automáticamente los diversos parámetros y generan las gráficas no son adecuados desde el punto de vista de la evaluación.

Por ejemplo, el mismo trabajo práctico experimental podría llevarse a cabo con poca intervención del alumno, o ninguna, y en ese caso no sería adecuado para la evaluación interna. Sin embargo, ofrecería al alumno experiencia en el registro de datos y, en ese sentido, sería un trabajo práctico que valdría la pena. En este caso, por ejemplo, los parámetros del programa estarán establecidos de antemano, no se calibrará y no se prestará atención a las cifras significativas ni a las incertidumbres. Tras soltar el carrito e iniciar el programa de registro de datos, el computador genera automáticamente gráficas de posición, velocidad y aceleración, todas ellas como funciones del tiempo. El alumno aceptará este resultado sin cuestionarlo.

Si el experimento es adecuado para ser evaluado, deben aplicarse las siguientes directrices relativas al criterio de OPD.

Obtención y procesamiento de datos: aspecto 1

Los alumnos pueden presentar datos brutos obtenidos mediante sistemas de registro de datos si ellos establecen la mayoría de los parámetros del programa. Los datos numéricos brutos pueden presentarse en forma de tabla, o bien, si se genera un gran volumen de datos, de forma gráfica. Los alumnos deben anotar los datos correctamente; por ejemplo, asignando títulos a tablas o gráficas, indicando las unidades en las columnas o ejes de las gráficas, indicando las incertidumbres, aportando observaciones cualitativas asociadas, etc.

El número de cifras decimales de los datos registrados no debe superar el determinado por la sensibilidad del instrumento utilizado. Cuando los alumnos utilicen sondas electrónicas para el registro de datos, deberán registrar la sensibilidad del instrumento.

Obtención y procesamiento de datos: aspectos 2 y 3

El uso de programas de generación de gráficas es adecuado siempre que el alumno se encargue de tomar la mayoría de las decisiones, como las siguientes:

- elección de los valores representados gráficamente
- selección de las magnitudes que representan los ejes
- unidades apropiadas
- título de la gráfica
- escala apropiada
- tipo de gráfica; por ejemplo, lineal y no de dispersión.

Nota: Es aceptable el cálculo de pendientes de líneas por computador.

Los análisis realizados con calculadora y los cálculos realizados con hoja de cálculo son aceptables siempre que el alumno seleccione los datos que deben procesarse y elija el método de procesamiento. En ambos casos, el alumno debe exponer un ejemplo en el texto escrito. Por ejemplo, el alumno debe mencionar la fórmula utilizada por la calculadora o introducida en la misma y definir los términos utilizados; o bien debe escribir la fórmula utilizada en una hoja de cálculo en caso de no ser un componente estándar del menú de funciones del programa (por ejemplo, la media o la desviación estándar).

2. Registro de datos en un trabajo práctico no delimitado

Los programas de registro de datos pueden mejorar la obtención de datos y permitir la realización de nuevos tipos de trabajos. Los programas de registro de datos completamente automáticos son adecuados, desde el punto de vista de la evaluación, si se utilizan para permitir que los alumnos realicen una investigación más amplia y compleja en la que puedan generar una gama de respuestas que conlleve la adopción de decisiones de forma independiente.

Por ejemplo, supongamos un trabajo práctico no delimitado sobre el fenómeno de una pelota que bota. El alumno diseña el trabajo práctico y para hacerlo se sirve de TIC. Los aspectos de diseño y de OPD del trabajo del alumno podrían evaluarse como se describe a continuación.

Diseño: aspecto 1

El profesor indicó que se investigase una pelota que bota. A continuación, el alumno planteó lo siguiente: "¿Cómo varía la altura de rebote de una pelota con el número de veces que bota?"

El alumno identificó como variables controladas la altura de caída inicial, la pelota y la superficie en la que rebota la pelota; la variable independiente sería el número de veces que bota y la variable dependiente sería la altura de rebote.

Diseño: aspecto 2

Para que se cumplan los requisitos para la evaluación del aspecto 2, el alumno tiene que describir un método eficaz para controlar las variables.

El alumno utiliza un micrófono con una interfaz conectada a un computador para registrar la intensidad de sonido de la pelota que bota como una función de tiempo. El programa era totalmente automático y todos los parámetros estaban establecidos de antemano. Los datos sobre el número de veces que bota la pelota y el intervalo de tiempo entre cada bote se pueden calcular a partir de la gráfica que se genera de la intensidad del sonido frente al tiempo. Mediante las ecuaciones del movimiento, el intervalo de tiempo se utiliza para calcular la altura de rebote para botes consecutivos. Se discutieron otros detalles sobre el método y se evaluó el aspecto 2.

Diseño: aspecto 3

El alumno llevó a cabo un experimento preliminar en el que soltó la pelota desde diferentes alturas para identificar una altura de caída aceptable que permitiera obtener un conjunto de datos razonable. No se utilizaron TIC en este caso. El alumno optó por 20 botes y una altura de 15 cm.

Repitió el experimento dos veces y obtuvo tres conjuntos de datos para evaluar la fiabilidad.

Obtención y procesamiento de datos: aspecto 1

La primera gráfica que se produjo fue la de intensidad frente a tiempo. No se evaluó con los criterios de la evaluación interna porque el programa la generó automáticamente. A continuación, el alumno utilizó el tiempo y el número de botes que muestra esta gráfica para crear una tabla de datos con el número de rebotes y el instante en el que se produjeron los botes consecutivos. Esta tabla de datos incluía unidades, cifras significativas, incertidumbres y repeticiones. Esto se evaluó conforme al aspecto 1 de OPD.

Obtención y procesamiento de datos: aspecto 2

Seguidamente, el alumno añadió una tercera columna en la tabla de datos en la que calculó el intervalo de tiempo entre dos botes consecutivos y la altura de rebote de cada bote (se utilizó la mitad del tiempo del intervalo). Los resultados incluyeron incertidumbres. Esto se evaluó como datos procesados.

Obtención y procesamiento de datos: aspecto 3

El alumno introduce la información de la gráfica anterior en un programa de gráficas para elaborar una representación de la altura de rebote frente al número de botes, donde se incluyen barras de incertidumbre

creadas por el alumno para uno de los ejes. Esta gráfica demostró una disminución exponencial, por lo que el alumno creó otra gráfica pero esta vez con logaritmos. Se dibujaron las barras de incertidumbre, así como los gradientes máximo y mínimo. Se identificó el gradiente de la línea de ajuste óptimo como la constante de desintegración y se calculó la semivida. A continuación, se utilizaron los gradientes máximo y mínimo para expresar la incertidumbre de la constante de desintegración. El resultado mostró una disminución exponencial de la altura de la pelota que bota frente al número de botes. Las dos últimas gráficas se evaluaron con el aspecto 3 de OPD.

Sección B: uso de TIC en actividades prácticas no evaluadas

No es necesario utilizar TIC en trabajos prácticos evaluados pero, para satisfacer el objetivo general 7 en la práctica, se exigirá a los alumnos que utilicen cada uno de los programas siguientes al menos una vez durante el curso:

- un programa de registro de datos en un experimento
- un programa de trazado de gráficas
- una hoja de cálculo para el procesamiento de los datos
- una base de datos
- un programa de modelización y simulación con computador.

El Centro pedagógico en línea (CPEL) cuenta con numerosos ejemplos de los programas anteriores entre los recursos de TIC para Biología, Química y Física.

Excepto los sensores para el registro de datos, todos los demás componentes utilizan programas gratuitos y fáciles de obtener en Internet. Como los alumnos únicamente necesitan utilizar programas y sensores para registro de datos una vez durante el curso, no es preciso que las aulas dispongan de estos equipos.

El uso de cada una de las cinco aplicaciones de TIC antes mencionadas se corroborará mediante anotaciones en el plan de trabajos prácticos (formulario 4/PSOW). Por ejemplo, si un alumno utiliza una hoja de cálculo en un trabajo práctico, dicho uso debe registrarse en el formulario 4/PSOW. En este formulario también puede registrarse cualquier otra aplicación de TIC.

Proyecto del Grupo 4

Proyecto del Grupo 4: resumen

El proyecto del Grupo 4 es una actividad cooperativa en la que alumnos de diferentes asignaturas del Grupo 4 trabajan juntos en un tema científico o tecnológico, y que permite el intercambio de conceptos y percepciones de las diferentes disciplinas, de conformidad con el objetivo general 10: “fomentar la comprensión de las relaciones entre las distintas disciplinas científicas y la naturaleza abarcadora del método científico”. El proyecto puede ser de naturaleza práctica o teórica. Se alienta la colaboración entre colegios de regiones diferentes.

El proyecto del Grupo 4 permite a los alumnos valorar las implicaciones ambientales, sociales y éticas de la ciencia y la tecnología. Permite además comprender las limitaciones del estudio científico, por ejemplo, la escasez de datos adecuados o la falta de recursos, etc. El énfasis debe recaer sobre la cooperación interdisciplinaria y los procesos implicados en la investigación más que en los productos de la investigación misma.

Puede elegirse un tema científico o tecnológico, pero el proyecto debe abordar claramente los objetivos generales 7, 8 y 10 de las guías de las asignaturas del Grupo 4.

Lo ideal es que en todas las etapas del proyecto los alumnos colaboren con compañeros de otras asignaturas del Grupo 4. No es necesario para ello que el tema elegido esté integrado por componentes claramente identificables correspondientes a asignaturas diferentes. No obstante, por motivos logísticos, algunos colegios pueden optar por dedicar fases de “acción” diferentes para cada asignatura (véase la sección “Etapas del proyecto”, a continuación).

Etapas del proyecto

Las 10 horas asignadas al proyecto del Grupo 4, que forman parte de las horas lectivas dedicadas a la evaluación interna, se pueden dividir en tres etapas: planificación, acción y evaluación de resultados.

Planificación

Esta etapa es crucial para todo el proyecto y deberá tener una duración de unas dos horas.

- Puede desarrollarse en una sesión única o en dos o tres más cortas.
- Debe incluir una sesión de lluvia de ideas, en la que participen todos los alumnos del Grupo 4, se discuta el tema central y se compartan ideas e información.
- El tema puede ser elegido por los alumnos o por los profesores.
- Si participa un gran número de alumnos, puede ser recomendable que se constituya más de un grupo interdisciplinario.

Una vez que el tema o asunto haya sido seleccionado, se deben definir con claridad las actividades que se llevarán a cabo antes de pasar a las etapas de acción y evaluación de resultados.

Una estrategia puede ser que los alumnos definan por sí mismos las tareas que emprenderán, individualmente o como miembros de los grupos, e investiguen los diversos aspectos que plantea el tema seleccionado. En esta etapa, si el proyecto va a ser de tipo experimental, debe especificarse el equipo que se utilizará, de modo que la etapa de acción no se retrase. En el caso de haber concertado una reunión con otros colegios, puede resultar importante considerarla en este momento.

Acción

Esta etapa debe durar unas seis horas y puede llevarse a cabo a lo largo de una o dos semanas dentro del tiempo de clase programado. También se puede realizar en un solo día de clase completo si, por ejemplo, el proyecto requiere trabajo de campo.

- Los alumnos deben investigar el tema en grupos interdisciplinarios o en grupos de una sola asignatura.
- Debe haber colaboración durante la etapa de acción: los resultados de la investigación se deben compartir con los otros alumnos que forman parte del grupo, ya sea interdisciplinario o de una sola asignatura. Durante esta etapa, es importante prestar atención a las cuestiones de seguridad, éticas y medioambientales en cualquier actividad de tipo práctico.

Nota: Los alumnos que cursen dos asignaturas del Grupo 4 no están obligados a realizar dos fases de acción diferentes.

Evaluación de resultados

Durante esta etapa, para la que se necesitarán probablemente dos horas, el énfasis debe recaer en que los alumnos compartan con sus compañeros los resultados de la investigación, tanto los éxitos como los fracasos. La forma de alcanzar este objetivo puede ser decidida por el profesor, los alumnos o en forma conjunta.

- Una de las soluciones posibles puede ser dedicar una mañana o una tarde a un simposio en el que todos los alumnos, de forma individual o en grupo, realicen breves exposiciones.
- Otra opción puede ser la presentación de los resultados de manera más informal, en una feria de ciencias en la que los alumnos observen diversos paneles en los que se expongan resúmenes de las actividades de cada grupo.

Al simposio o la feria de ciencias podrían asistir los padres, miembros del consejo escolar y la prensa. Este hecho puede ser especialmente pertinente cuando la investigación se refiere a un asunto de importancia local. Algunos de los hallazgos podrían repercutir en la interacción entre el colegio y su entorno o la comunidad local.

Cumplimiento de los objetivos generales 7 y 8

Objetivo general 7: “desarrollar la competencia en el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones para aplicarlas al estudio de la ciencia”.

El objetivo general 7 se puede abordar en parte en la etapa de planificación, mediante el uso de medios electrónicos para la comunicación en los colegios y entre colegios. Las TIC (por ejemplo, registro de datos, hojas de cálculo, bases de datos, etc.) podrán utilizarse en la fase de acción y, sin duda, en la etapa de presentación y evaluación de resultados (por ejemplo, uso de imágenes digitales, programas para presentaciones, sitios web, video digital, etc.).

Objetivo general 8: “aumentar la comprensión de las implicaciones morales, éticas, sociales, económicas y medioambientales del uso de la ciencia y la tecnología”.

El tema elegido deberá permitir la incorporación al proyecto de uno o más elementos del objetivo general 8.

Cumplimiento del objetivo de dimensión internacional

La elección del tema también ofrece posibilidades de ilustrar el carácter internacional de las actividades científicas y la necesidad de una cooperación cada vez mayor para abordar cuestiones de repercusión mundial en las que intervienen la ciencia y la tecnología. Otra forma de aportar una dimensión internacional al proyecto es colaborar con un colegio de otra región.

Tipos de proyectos

El proyecto, además de abordar los objetivos generales 7, 8 y 10, debe basarse en la ciencia o en sus aplicaciones.

La fase de acción del proyecto puede ser de tipo práctico o abordar aspectos puramente teóricos. Puede realizarse de muy diversas formas:

- diseñando y realizando un trabajo práctico de laboratorio o de campo
- realizando un estudio comparativo (experimental o de otro tipo) en colaboración con otro colegio
- compilando, procesando y analizando datos de otras fuentes, como publicaciones científicas, organizaciones medioambientales, industrias del ámbito científico y tecnológico e informes gubernamentales
- diseñando y utilizando un modelo o simulación
- contribuyendo a un proyecto a largo plazo organizado por el colegio.

Estrategias logísticas

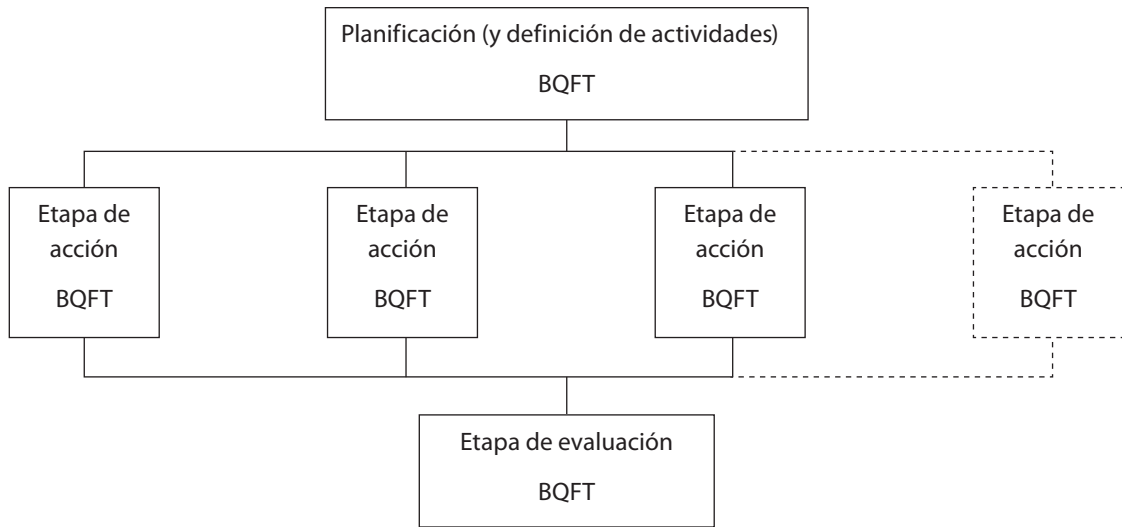
La organización logística del proyecto del Grupo 4 supone con frecuencia un reto para los colegios. Los modelos siguientes ilustran posibles formas de ejecución del proyecto.

Los modelos A, B y C se refieren a proyectos realizados en un único colegio, mientras que el modelo D se refiere a un proyecto de colaboración entre colegios.

Modelo A: grupos interdisciplinarios y un único tema

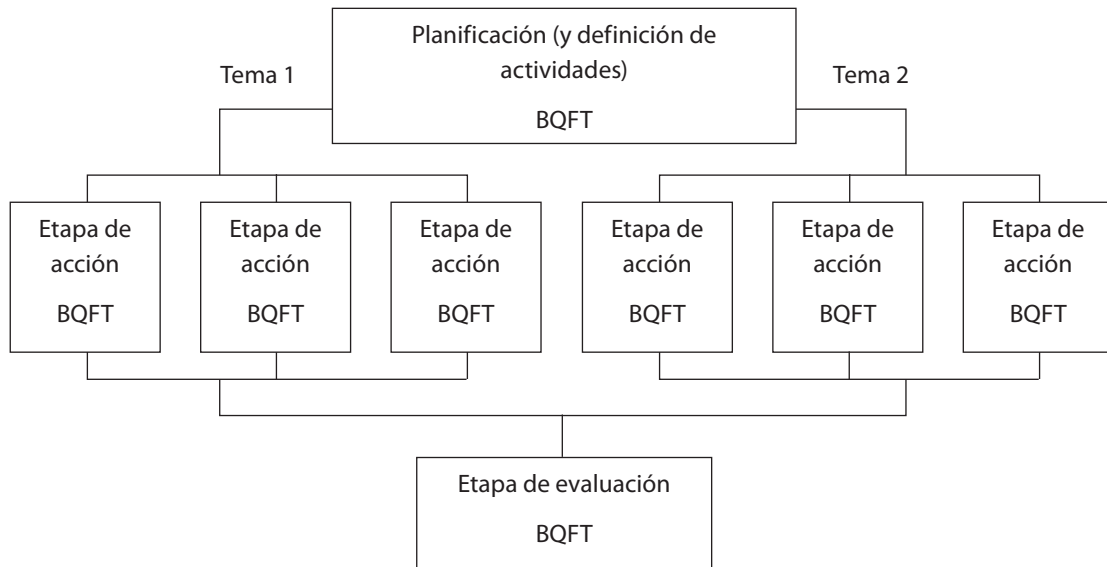
Los colegios pueden formar grupos de varias asignaturas y elegir un único tema. El número de grupos dependerá del número de alumnos. Las líneas de puntos del modelo indican la incorporación de grupos adicionales al aumentar el número de alumnos.

B: Biología Q: Química F: Física T: Tecnología del Diseño



Modelo B: grupos interdisciplinarios con más de un tema

Los colegios con un gran número de alumnos pueden decidir trabajar en más de un tema.



Modelo C: grupos de una sola asignatura

Los colegios que elijan el modelo de grupos de una sola asignatura con uno o más temas en la fase de acción simplemente tienen que sustituir los grupos interdisciplinarios de los modelos A o B por grupos de una sola asignatura.

Modelo D: colaboración con otro colegio

Cualquier colegio puede optar por el modelo de colaboración. Para ello, IBO incluirá en el CPEL un tablón electrónico de colaboración en el que los colegios puedan publicar sus ideas de proyectos e invitar a otro colegio a que colabore con ellos. La colaboración puede realizarse de diversos modos, desde únicamente compartir las evaluaciones acerca de un tema común a la colaboración plena en todas las etapas.

En los colegios con pocos alumnos matriculados en la categoría Diploma o en los colegios con alumnos matriculados en la categoría Certificado, pueden incorporarse al proyecto alumnos no inscritos en el Programa del Diploma o no pertenecientes al Grupo 4, o bien realizar el proyecto una vez cada dos años. No obstante, se alienta a estos colegios a que colaboren con otro colegio. Esta estrategia se recomienda también para casos individuales de alumnos que no hayan participado en el proyecto ya sea, por ejemplo, por enfermedad o porque han sido transferidos a otro colegio en el que el proyecto ya se había realizado.

Temporalización

Las 10 horas de dedicación al proyecto que recomienda IBO pueden estar distribuidas a lo largo de varias semanas. Es necesario tener en cuenta la distribución de dichas horas al decidir el momento óptimo para llevarlo a cabo. Sin embargo, es posible que un grupo se dedique exclusivamente al proyecto durante un período de tiempo, si se suspenden todas o la mayoría de las demás actividades escolares.

Año 1

En el primer año, es posible que la experiencia y las habilidades de los alumnos sean limitadas y no sea aconsejable comenzar el proyecto en este curso. Sin embargo, realizarlo en la parte final del primer año puede tener la ventaja de reducir la carga de trabajo que tienen más tarde los alumnos. Esta estrategia proporciona tiempo para resolver problemas imprevistos.

Años 1 y 2

Al final del primer año podría comenzar la etapa de planificación, decidirse el tema y realizarse una discusión provisional en cada una de las asignaturas. Los alumnos podrían aprovechar el período de vacaciones subsiguiente para pensar cómo van a abordar el trabajo y estarían listos para comenzar el trabajo experimental al principio del segundo año.

Año 2

Retrasar el comienzo del proyecto hasta algún momento del segundo año, especialmente si se deja hasta demasiado tarde, aumenta la presión sobre los alumnos de diversas formas: el plazo para la realización del proyecto es mucho más ajustado que en los demás casos; la enfermedad de algún alumno o problemas inesperados pueden crear dificultades adicionales. No obstante, empezar en el segundo año tiene la ventaja de que alumnos y profesores se conocen, y probablemente se han acostumbrado a trabajar en equipo y tienen más experiencia en los aspectos pertinentes que durante el primer año.

Combinación del NM y el NS

En los casos en los que el proyecto sólo se realice cada dos años, puede combinarse a alumnos principiantes del NS con alumnos más experimentados del NM.

Elección del tema

Los alumnos pueden elegir el tema o proponer varios posibles; el profesor decidirá cuál es el más viable en función de la disponibilidad de recursos, de personal, etc. Otra posibilidad es que el profesor elija el tema o proponga varios para que los alumnos escojan uno.

Temas elegidos por los alumnos

Si los alumnos eligen el tema por sí mismos es más probable que demuestren un mayor entusiasmo y lo sientan como algo propio. Se resume aquí una estrategia posible para que los alumnos seleccionen un tema, la cual incluye también parte de la fase de planificación. En este momento, los profesores de la asignatura pueden aconsejar a los alumnos sobre la viabilidad de los temas propuestos.

- Identificar los posibles temas consultando a los alumnos por medio de un cuestionario o una encuesta.
- Realizar una sesión inicial de lluvia de ideas sobre posibles temas o cuestiones para investigar.
- Discutir brevemente dos o tres temas que parezcan interesantes.
- Elegir un tema por consenso.
- Los alumnos hacen una lista de los trabajos prácticos que podrían llevar a cabo. A continuación, todos los alumnos comentan los aspectos comunes entre los temas y las posibilidades de colaborar en sus trabajos.

Evaluación del proyecto

El proyecto del Grupo 4 debe evaluarse atendiendo únicamente al criterio de aptitudes personales y éste será el único componente en el que se evaluará este criterio. El colegio deberá decidir la forma de evaluarlo.

Nota: El proyecto del Grupo 4 no debe utilizarse para la evaluación de los demás criterios.

Aptitudes personales (sólo para la evaluación del proyecto del Grupo 4)

Este criterio cubre el objetivo específico 4.

Niveles/puntos	Aspecto 1	Aspecto 2	Aspecto 3
	Motivación propia y perseverancia	Trabajo en equipo	Reflexión personal
Completamente/2	Aborda el proyecto con motivación propia y continúa hasta concluirlo.	Colabora y se comunica con sus compañeros de grupo y tiene en cuenta las opiniones de los demás.	Muestra un conocimiento profundo de sus propios puntos fuertes y puntos débiles y reflexiona profundamente sobre su experiencia de aprendizaje.
Parcialmente/1	Concluye el proyecto pero a veces carece de motivación propia.	Intercambia algunas opiniones, pero requiere orientación para poder colaborar con otros.	Muestra un conocimiento limitado de sus propios puntos fuertes y puntos débiles y reflexiona en cierta medida sobre su experiencia de aprendizaje.
No alcanzado/0	Carece de perseverancia y motivación.	Nunca o casi nunca intenta colaborar con sus compañeros de grupo.	Muestra desconocimiento de sus propios puntos fuertes y puntos débiles y no reflexiona sobre su experiencia de aprendizaje.

Para facilitar la evaluación puede entregarse a los alumnos un formulario de autoevaluación, pero su uso no es obligatorio.

Naturaleza de la asignatura

La física es la más fundamental de las ciencias experimentales, pues intenta dar una explicación del universo mismo, desde las partículas más pequeñas que lo constituyen –los quarks, de un tamaño de quizás 10^{-17} m, tal vez fundamentales en el verdadero sentido de la palabra– a las enormes distancias intergalácticas (10^{24} m).

Construida sobre los grandes pilares de la mecánica de Newton, el electromagnetismo y la termodinámica, la física clásica contribuyó a acrecentar considerablemente nuestra comprensión del universo. De esta mecánica proviene la idea de predecibilidad según la cual el universo se concibe de una manera determinista y es susceptible de ser conocido. Esta idea condujo a Laplace a pensar que a través del conocimiento de las condiciones iniciales –la posición y velocidad de cada partícula en el universo– se puede predecir el futuro con una certeza absoluta. Mientras que la teoría del electromagnetismo de Maxwell describía el comportamiento de la carga eléctrica y unificaba luz y electricidad, la termodinámica se ocupaba de la relación entre calor y trabajo, y explicaba cómo los procesos naturales aumentan el desorden en el universo.

Los descubrimientos en el campo experimental que se produjeron a fines del siglo XIX condujeron al fracaso de esta visión clásica del universo como algo predecible y susceptible de ser conocido. La mecánica de Newton no pudo explicar el átomo y fue sustituida por la mecánica cuántica y la teoría general de la relatividad. La teoría de Maxwell no fue capaz de explicar la interacción entre radiación y materia, siendo reemplazada por la electrodinámica cuántica (EDC). Los recientes avances en la teoría del caos, según la cual sabemos ahora que pequeños cambios en las condiciones iniciales de un sistema pueden conducir a resultados completamente impredecibles, han llevado a un replanteamiento fundamental de la termodinámica.

Mientras que la teoría del caos muestra que la presunción de Laplace carece de fundamento, la mecánica cuántica y la EDC revelan la imposibilidad de establecer las condiciones iniciales de las que hablaba aquel científico. La certeza no existe y todo se decide por probabilidad. Pero queda aún mucho por conocer y, a medida que aumenta nuestra comprensión de los fenómenos, se producirán nuevos cambios de paradigmas.

A pesar del apasionante y extraordinario desarrollo de las ideas operado a lo largo de la evolución de la física, ciertas cosas han permanecido intactas. La observación sigue siendo un elemento esencial para la disciplina, y a veces se requiere un esfuerzo de imaginación para decidir el objeto de la búsqueda. Para tratar de entender aquello que se ha observado se elaboran modelos, los cuales pueden dar lugar a teorías que intentan explicar dichas observaciones. Las teorías no se derivan directamente de éstas sino que necesitan ser creadas. Estos actos de creación están, a veces, a la altura de los que originan las grandes expresiones artísticas, musicales y literarias. Sin embargo, se diferencian en un aspecto que es único de la ciencia: las predicciones contenidas en las teorías o ideas deben ser cuidadosamente comprobadas a través de la experimentación. Sin estas comprobaciones la teoría no tiene ningún valor. Un enunciado general o conciso acerca del comportamiento de la naturaleza, cuya validez ha sido demostrada experimentalmente en una amplia gama de fenómenos observados, constituye una ley o un principio.

Los procesos científicos que siguieron los más eminentes científicos en el pasado son los mismos que utilizan los físicos contemporáneos y también, de manera crucial, pueden ser empleados por los alumnos en el colegio. En los orígenes de la ciencia, los físicos eran tanto teóricos como experimentadores (filósofos naturales). El cuerpo de conocimientos científicos ha crecido en tamaño y complejidad, y las herramientas y habilidades de los físicos teóricos y experimentales se han especializado tanto que resulta difícil, si no

imposible, mantener un nivel alto de competencia en ambas áreas. A la vez que ser conscientes de ello, los alumnos deberán saber también que los vínculos entre ambos campos se mantienen a través del libre y rápido intercambio de ideas teóricas y resultados experimentales, a través de las publicaciones científicas.

En el nivel escolar, todos los alumnos deben abordar tanto la teoría como los experimentos. Éstos deberían complementarse mutuamente con naturalidad, tal como ocurre en el conjunto de la comunidad científica. El curso de Física del Programa del Diploma permite que los alumnos adquieran habilidades y técnicas tradicionales, y que aumenten su competencia en el uso de las matemáticas, que es el lenguaje de la física. También hace posible que desarrollen su sociabilidad y su competencia en el uso de tecnologías de la información y las comunicaciones. Estas competencias son esenciales para desenvolverse en el ámbito científico actual y constituyen en sí mismas importantes herramientas para mejorar la calidad de vida de las personas.

Además de mejorar la comprensión del mundo natural, lo que resulta quizás más obvio y pertinente para la mayoría de nuestros alumnos es que la física nos capacita para cambiar el mundo. Esta faceta tecnológica de la física –según la cual los principios físicos se aplican para construir o alterar el mundo material para adaptarlo a nuestras necesidades, con profundas consecuencias, para bien o para mal, en nuestra vida cotidiana–, suscita diferentes cuestiones. Entre ellas están el impacto de la física en la sociedad, los dilemas morales y éticos, y las consecuencias sociales, económicas y ecológicas del trabajo desarrollado por los físicos. Estas preocupaciones se han hecho más visibles con el aumento del poder del ser humano sobre el medio ambiente, particularmente entre los más jóvenes, para quienes la responsabilidad de los físicos por sus acciones resulta un hecho evidente.

La física constituye, sobre todo, una actividad humana, y los alumnos necesitan ser conscientes del contexto en que trabajan los físicos. Al esclarecer su desarrollo histórico se pone a la física (conocimientos y métodos) en un contexto de cambio dinámico, evitando así el estatismo con el cual se la ha presentado en muchas ocasiones. Esto puede ofrecer a los alumnos una visión del lado humano de la física: los protagonistas, con sus personalidades, épocas y entornos sociales; y sus retos, tropiezos y triunfos.

Resumen del programa de estudios

El programa de estudios del curso de Física del Programa del Diploma consta de tres partes: los temas troncales, los temas adicionales del NS (TANS) y las opciones. El *Cuadernillo de datos de Física* es una parte esencial del programa de estudios y debe utilizarse junto con el mismo. Los alumnos deben utilizar el cuadernillo de datos durante el curso, y se les debe proporcionar ejemplares sin marcas ni anotaciones para las pruebas 1, 2 y 3.

	Horas lectivas
Temas troncales	80
Tema 1: La física y las mediciones físicas	5
Tema 2: Mecánica	17
Tema 3: Física térmica	7
Tema 4: Oscilaciones y ondas	10
Tema 5: Corrientes eléctricas	7
Tema 6: Campos y fuerzas	7
Tema 7: Física atómica y nuclear	9
Tema 8: Energía, potencia y cambio climático	18
TANS	55
Tema 9: Movimiento en campos de fuerza	8
Tema 10: Física térmica	6
Tema 11: Fenómenos ondulatorios	12
Tema 12: Inducción electromagnética	6
Tema 13: Física cuántica y física nuclear	15
Tema 14: Tecnología digital	8
Opciones	15/22
Opciones del NM	
Opción A: Visión y fenómenos ondulatorios	15
Opción B: Física cuántica y física nuclear	15
Opción C: Tecnología digital	15
Opción D: Relatividad y física de partículas	15

	Horas lectivas
Opciones del NM y del NS	
Opción E: Astrofísica	15/22
Opción F: Comunicaciones	15/22
Opción G: Ondas electromagnéticas	15/22
Opciones del NS	
Opción H: Relatividad	22
Opción I: Física médica	22
Opción J: Física de partículas	22

Los alumnos del NM deben estudiar **dos** opciones, a elegir de la A a la G.
Cada opción tiene una duración de 15 horas.

Los alumnos del NS deben estudiar **dos** opciones, a elegir de la E a la J.
Cada opción tiene una duración de 22 horas.

Temario

	Horas lectivas
Temas troncales	80
Tema 1: La física y las mediciones físicas	5
1.1 El ámbito de la física	1
1.2 Medidas e incertidumbres	2
1.3 Vectores y escalares	2
Tema 2: Mecánica	17
2.1 Cinemática	6
2.2 Fuerzas y dinámica	6
2.3 Trabajo, energía y potencia	3
2.4 Movimiento circular uniforme	2
Tema 3: Física térmica	7
3.1 Conceptos térmicos	2
3.2 Propiedades térmicas de la materia	5
Tema 4: Oscilaciones y ondas	10
4.1 Cinemática del movimiento armónico simple (MAS)	2
4.2 Cambios en la energía durante el movimiento armónico simple (MAS)	1
4.3 Oscilaciones forzadas y resonancia	3
4.4 Características de las ondas	2
4.5 Propiedades de las ondas	2
Tema 5: Corrientes eléctricas	7
5.1 Diferencia de potencial, corriente y resistencia eléctricas	4
5.2 Circuitos eléctricos	3
Tema 6: Campos y fuerzas	7
6.1 Fuerza y campo gravitatorio	2
6.2 Fuerza y campo eléctrico	3
6.3 Fuerza y campo magnético	2
Tema 7: Física atómica y nuclear	9
7.1 El átomo	2
7.2 Desintegración radiactiva	3
7.3 Reacciones nucleares, fisión y fusión	4

	Horas lectivas
Tema 8: Energía, potencia y cambio climático	18
8.1 Degradación de la energía y generación de potencia eléctrica	2
8.2 Fuentes de energía en el mundo	2
8.3 Producción de energía a partir de combustibles fósiles	1
8.4 Producción de energía a partir de combustibles no fósiles	7
8.5 Efecto invernadero	3
8.6 Calentamiento global	3
TANS	55
Tema 9: Movimiento en campos de fuerza	8
9.1 Movimiento de proyectiles	2
9.2 Campo gravitatorio, potencial y energía	2
9.3 Campo eléctrico, potencial y energía	2
9.4 Movimiento orbital	2
Tema 10: Física térmica	6
10.1 Termodinámica	2
10.2 Procesos	3
10.3 Segunda ley de la termodinámica y entropía	1
Tema 11: Fenómenos ondulatorios	12
11.1 Ondas estacionarias	2
11.2 El efecto Doppler	2
11.3 Difracción	1
11.4 Resolución	4
11.5 Polarización	3
Tema 12: Inducción electromagnética	6
12.1 Fuerza electromotriz (f.e.m.) inducida	3
12.2 Corriente alterna	2
12.3 Transmisión de energía eléctrica	1
Tema 13: Física cuántica y física nuclear	15
13.1 Física cuántica	10
13.2 Física nuclear	5
Tema 14: Tecnología digital	8
14.1 Señales analógicas y digitales	4
14.2 Captura de datos; imágenes digitales usando dispositivos acoplados por carga (CCD)	4

Horas
lectivas**Opciones del NM****15**

Estas opciones sólo están disponibles en el NM.

Opción A: Visión y fenómenos ondulatorios**15**

A1	El ojo humano	3
A2	Ondas estacionarias	2
A3	El efecto Doppler	2
A4	Difracción	1
A5	Resolución	4
A6	Polarización	3

Opción B: Física cuántica y física nuclear**15**

B1	Física cuántica	10
B2	Física nuclear	5

Opción C: Tecnología digital**15**

C1	Señales analógicas y digitales	4
C2	Captura de datos; imágenes digitales usando dispositivos acoplados por carga (CCD)	4
C3	Electrónica	5
C4	El sistema de telefonía móvil	2

Opción D: Relatividad y física de partículas**15**

D1	Introducción a la relatividad	1
D2	Conceptos y postulados de la relatividad especial	2
D3	Cinemática relativista	5
D4	Partículas e interacciones	5
D5	Quarks	2

Opciones del NM y del NS**15/22**

Los alumnos del NM estudian los temas troncales de estas opciones, mientras que los del NS estudian la opción completa (es decir, los temas troncales más los temas de ampliación).

Opción E: Astrofísica**15/22****Temas troncales (NM y NS)****15**

E1	Introducción al universo	2
E2	Radiación estelar y tipos de estrellas	4
E3	Distancias estelares	5
E4	Cosmología	4

Ampliación (sólo NS)**7**

E5	Procesos estelares y evolución de las estrellas	4
E6	Las galaxias y el universo en expansión	3

	Horas lectivas
Opción F: Comunicaciones	15/22
Temas troncales (NM y NS)	15
F1 Radiocomunicación	5
F2 Señales digitales	4
F3 Transmisión por fibra óptica	3
F4 Canales de comunicación	3
Ampliación (sólo NS)	7
F5 Electrónica	5
F6 El sistema de telefonía móvil	2
Opción G: Ondas electromagnéticas	15/22
Temas troncales (NM y NS)	15
G1 Naturaleza de las ondas electromagnéticas y de las fuentes luminosas	4
G2 Instrumentos ópticos	6
G3 Interferencia de ondas procedentes de dos fuentes	3
G4 Red de difracción	2
Ampliación (sólo NS)	7
G5 Rayos X	4
G6 Interferencia en películas delgadas	3
Opciones del NS	22
Estas opciones sólo están disponibles en el NS.	
Opción H: Relatividad	22
H1 Introducción a la relatividad	1
H2 Conceptos y postulados de la relatividad especial	2
H3 Cinemática relativista	5
H4 Algunas consecuencias de la relatividad especial	4
H5 Pruebas que apoyan la relatividad especial	3
H6 Momento y energía relativistas	2
H7 Relatividad general	4
H8 Pruebas que apoyan la relatividad general	1
Opción I: Física médica	22
I1 El oído humano	6
I2 Imágenes en medicina	10
I3 Radiación en medicina	6
Opción J: Física de partículas	22
J1 Partículas e interacciones	5
J2 Aceleradores y detectores de partículas	6
J3 Quarks	2
J4 Leptones y modelo estándar	2
J5 Pruebas experimentales del modelo de quarks y del modelo estándar	5
J6 Cosmología y cuerdas	2

Descripción detallada del programa de estudios: temas troncales

Tema 1: La física y las mediciones físicas (5 horas)

1.1 El ámbito de la física

1 hora

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Escala cuantitativa de magnitudes en nuestro universo			
1.1.1	Indique y compare cantidades hasta el orden de magnitud más cercano.	3	
1.1.2	Indique los rangos de magnitud de tamaños, masas y tiempos que se encuentran en el universo, desde el más pequeño hasta el más grande.	1	Distancias: desde 10^{-15} m hasta 10^{+25} m (desde las partículas subnucleares, hasta el límite del universo observable). Masas: desde 10^{-30} kg hasta 10^{+50} kg (desde el electrón, hasta la masa del universo). Tiempos: desde 10^{-23} s hasta 10^{+18} s (desde el tiempo que tarda la luz en atravesar un núcleo, hasta la edad del universo). Objetivo general 7: hay varias simulaciones excelentes que ilustran esto. TdC: esta materia puede estimular la discusión sobre los métodos de conocimiento.
1.1.3	Indique razones entre cantidades como la diferencia entre sus órdenes de magnitud.	1	Por ejemplo, la razón entre el diámetro del átomo de hidrógeno y el de su núcleo es, aproximadamente, 10^5 , o sea, una diferencia de cinco órdenes de magnitud.
1.1.4	Estime el valor aproximado de cantidades cotidianas hasta una o dos cifras significativas, o hasta el orden de magnitud más cercano.	2	

1.2 Medidas e incertidumbres

2 horas

TdC: los datos y sus limitaciones constituyen una materia idónea para la discusión.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
El sistema internacional de unidades fundamentales y derivadas (SI)			
1.2.1	Indique las unidades fundamentales del sistema SI.	1	Los alumnos deben conocer las siguientes: kilogramo, metro, segundo, amperio, mol y kelvin.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
1.2.2	Distinga entre unidades fundamentales y derivadas, y dé ejemplos de unidades derivadas.	2	
1.2.3	Convierta una cantidad expresándola en unidades diferentes.	2	Por ejemplo, J y kWh, J y eV, año y segundo, y entre otros sistemas y el SI.
1.2.4	Indique las unidades en el formato aceptado en el SI.	1	Los alumnos deben usar $m\ s^{-2}$, no m/s^2 ; y $m\ s^{-1}$, no m/s .
1.2.5	Indique valores en notación científica, y como múltiplos de unidades, usando los prefijos apropiados.	1	Por ejemplo, usar nanosegundos o gigajulios.
Incertidumbre y error en mediciones experimentales			
1.2.6	Describa y dé ejemplos de errores aleatorios y sistemáticos.	2	
1.2.7	Distinga entre <i>precisión</i> y <i>exactitud</i> .	2	Una medición puede tener una gran precisión y, sin embargo, ser inexacta (por ejemplo, si el instrumento tiene un error de calibración).
1.2.8	Explique cómo pueden reducirse los efectos de los errores aleatorios.	3	Los alumnos deben ser conscientes de que los errores sistemáticos no pueden reducirse repitiendo mediciones.
1.2.9	Calcule cantidades y resultados de cálculos con el número apropiado de cifras significativas.	2	El número de cifras significativas debe reflejar la precisión del valor o de los datos utilizados para un cálculo. Sólo se exige una regla sencilla: para multiplicaciones y divisiones, el número de cifras significativas del resultado no debe exceder al del valor menos preciso del cual depende. El número de cifras significativas en cualquier respuesta debe reproducir el número de cifras significativas en los datos disponibles.
Incertidumbres de los resultados			
1.2.10	Indique las incertidumbres en las formas absoluta, relativa y porcentual.	1	
1.2.11	Determine las incertidumbres en los resultados.	3	Para determinar las incertidumbres máximas, es preferible utilizar un método aproximado y sencillo, en vez de calcular la raíz cuadrática media. En el caso de sumas y restas, se suman las incertidumbres absolutas. Si se trata de productos, cocientes y potencias, se suman las incertidumbres relativas. Para otras funciones (por ejemplo las funciones trigonométricas) puede calcularse la media, y los resultados mayor y menor posibles, para obtener el rango de incertidumbre. Si la incertidumbre en una cantidad es mucho mayor que en las restantes, la incertidumbre del resultado puede derivarse, aproximadamente, de dicha cantidad solamente.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Incertidumbres en las gráficas			
Objetivo general 7: ésta es una oportunidad para mostrar cómo las hojas de cálculo se utilizan habitualmente para calcular y dibujar barras de errores sobre las gráficas.			
1.2.12	Identifique las incertidumbres con las barras de errores en las gráficas.	2	
1.2.13	Indique la incertidumbre aleatoria por medio de un intervalo de incertidumbre, (\pm), y represéntela gráficamente mediante una "barra de error".	1	Sólo es necesario considerar las barras de error cuando la incertidumbre en una de las cantidades representadas o en ambas sea significativa. No se exigen barras de error para las funciones trigonométricas o logarítmicas.
1.2.14	Determine las incertidumbres del gradiente y de las intersecciones en los ejes, en una gráfica lineal.	3	Sólo se pide un planteamiento sencillo. Para determinar la incertidumbre en el gradiente y en la intersección sólo se necesita añadir barras de error al primer y al último punto de dato.

1.3 Vectores y escalares

2 horas

Esta materia puede impartirse como tema aislado, o introducirse cuando aparecen los vectores en otros temas, tales como 2.2 ("Fuerzas y dinámica") y 6.2 ("Fuerza y campo eléctrico").

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
1.3.1	Distinga entre magnitudes vectoriales y escalares, y dé ejemplos de cada una de ellas.	2	Un vector se representa en texto impreso mediante un símbolo en negrita y cursiva, por ejemplo, <i>F</i> .
1.3.2	Determine la suma o la diferencia de dos vectores por medio de un método gráfico.	3	También se exige la multiplicación y la división de vectores por escalares.
1.3.3	Descomponga los vectores en sus componentes perpendiculares a lo largo de los ejes elegidos.	2	Por ejemplo, descomponga en paralelo y en perpendicular a un plano inclinado.

Tema 2: Mecánica (17 horas)

Objetivo general 7: este tema se presta al uso de hojas de cálculo y al registro de datos en el trabajo práctico, así como a las simulaciones informáticas para la enseñanza de diversos conceptos.

2.1 Cinemática

6 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
2.1.1	Defina <i>desplazamiento</i> , <i>velocidad</i> , <i>rapidez</i> y <i>aceleración</i> .	1	Las magnitudes deben identificarse como escalares o vectoriales. Véase el subtema 1.3.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
2.1.2	Explique la diferencia entre los valores <i>medio</i> e <i>instantáneo</i> de la rapidez, la velocidad y la aceleración.	3	
2.1.3	Resuma las condiciones bajo las cuales se pueden aplicar las ecuaciones para el movimiento uniformemente acelerado.	2	
2.1.4	Identifique la aceleración de un cuerpo que cae en un vacío cercano a la superficie de la Tierra con la aceleración g de la caída libre.	2	
2.1.5	Resuelva problemas relacionados con las ecuaciones del movimiento uniformemente acelerado.	3	
2.1.6	Describa los efectos de la resistencia del aire sobre objetos que caen.	2	Sólo se exigen descripciones cualitativas. Los alumnos deben comprender qué se entiende por <i>velocidad límite</i> .
2.1.7	Dibuje y analice gráficas distancia-tiempo, desplazamiento-tiempo, velocidad-tiempo y aceleración-tiempo.	3	Los alumnos deben ser capaces de representar y rotular estas gráficas en situaciones diversas. También deben ser capaces de escribir descripciones de los movimientos representados por tales gráficas.
2.1.8	Calcule e interprete los gradientes de las gráficas desplazamiento-tiempo y velocidad-tiempo, así como las áreas debajo de las gráficas velocidad-tiempo.	2	
2.1.9	Determine la velocidad relativa en una y dos dimensiones.	3	

2.2 Fuerzas y dinámica

6 horas

TdC: el desarrollo de las leyes del movimiento plantea cuestiones interesantes relacionadas con la correlación, la causa y las teorías científicas.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
2.2.1	Calcule el peso de un cuerpo utilizando la expresión $P = mg$.	2	
2.2.2	Identifique las fuerzas que actúan sobre un objeto y dibuje diagramas de cuerpo libre para representarlas.	2	Cada fuerza debe rotularse con un nombre o un símbolo comúnmente aceptado. Los vectores tendrán longitudes aproximadamente proporcionales a su módulo. Véase el subtema 1.3.
2.2.3	Determine la fuerza resultante en situaciones diversas.	3	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
2.2.4	Indique el enunciado de la primera ley del movimiento de Newton.	1	
2.2.5	Describa ejemplos de la primera ley de Newton.	2	
2.2.6	Indique la condición para el equilibrio de translación.	1	
2.2.7	Resuelva problemas relacionados con el equilibrio de translación.	3	
2.2.8	Indique el enunciado de la segunda ley del movimiento de Newton.	1	Los alumnos deben estar familiarizados con la ley que se expresa en la forma: $F = ma$ y $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$.
2.2.9	Resuelva problemas relacionados con la segunda ley de Newton.	3	
2.2.10	Defina <i>momento lineal e impulso</i> .	1	
2.2.11	Determine el impulso debido a una fuerza que varía con el tiempo, interpretando una gráfica fuerza-tiempo.	3	
2.2.12	Indique el enunciado de la ley de conservación del momento lineal.	1	
2.2.13	Resuelva problemas relacionados con el momento lineal y el impulso.	3	
2.2.14	Indique el enunciado de la tercera ley del movimiento de Newton.	1	
2.2.15	Discuta ejemplos de la tercera ley de Newton.	3	Los alumnos deben comprender que cuando dos cuerpos A y B interactúan, la fuerza que ejerce A sobre B es igual y opuesta a la que ejerce B sobre A.

2.3 Trabajo, energía y potencia

3 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
2.3.1	Resuma qué se entiende por <i>trabajo</i> .	2	Los alumnos deben familiarizarse con situaciones en las que el desplazamiento no tenga la misma dirección que la fuerza.
2.3.2	Determine el trabajo realizado por una fuerza variable, interpretando una gráfica fuerza-desplazamiento.	3	Un ejemplo típico consistiría en calcular el trabajo efectuado al extender un resorte. Véase 2.3.7.
2.3.3	Resuelva problemas relacionados con el trabajo efectuado por una fuerza.	3	
2.3.4	Resuma qué se entiende por <i>energía cinética</i> .	2	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
2.3.5	Resuma qué se entiende por <i>cambio en la energía potencial gravitatoria</i> .	2	
2.3.6	Indique el enunciado del principio de conservación de la energía.	1	
2.3.7	Enumere diferentes formas de energía y describa ejemplos de transformación de energía de un tipo a otro.	2	
2.3.8	Distinga entre colisiones elásticas e inelásticas.	2	Los alumnos deben familiarizarse con los choques elásticos e inelásticos, y con las explosiones. No se exige conocer el coeficiente de restitución.
2.3.9	Defina <i>potencia</i> .	1	
2.3.10	Defina y aplique el concepto de <i>rendimiento</i> .	2	
2.3.11	Resuelva problemas relacionados con momento, trabajo, energía y potencia.	3	

2.4 Movimiento circular uniforme

2 horas

Este tema enlaza con los subtemas 6.3 y 9.4.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
2.4.1	Dibuje un diagrama vectorial para mostrar que la aceleración de una partícula que se mueve en círculos, con rapidez constante, está dirigida hacia el centro del círculo.	1	
2.4.2	Aplique la expresión de la aceleración centrípeta.	2	
2.4.3	Identifique la fuerza responsable del movimiento circular en diversas situaciones.	2	Ejemplos posibles serían la fuerza gravitatoria que actúa sobre la Luna y el rozamiento que actúa lateralmente sobre los neumáticos de un coche que toma una curva.
2.4.4	Resuelva problemas relacionados con movimientos circulares.	3	No se incluirán problemas sobre movimiento con peraltes (aviones, y vehículos que se desplazan sobre pistas peraltadas).

Tema 3: Física térmica (7 horas)

3.1 Conceptos térmicos

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
3.1.1	Indique que la temperatura determina la dirección de la transferencia de energía térmica entre dos objetos.	1	Los alumnos deben familiarizarse con el concepto de equilibrio térmico.
3.1.2	Indique la relación entre las escalas de temperaturas Kelvin y Celsius.	1	Basta con mencionar la ecuación $T/K = t/^{\circ}\text{C} + 273$.
3.1.3	Indique que la energía interna de una sustancia es la energía potencial total más la energía cinética aleatoria de las moléculas de la sustancia.	1	Los alumnos deben saber que la energía cinética de las moléculas surge de su movimiento aleatorio de traslación/rotación, y que la energía potencial es consecuencia de las fuerzas existentes entre ellas.
3.1.4	Explique y distinga los conceptos macroscópicos de temperatura, energía interna y energía térmica (calor).	3	Los alumnos deben comprender que el término <i>energía térmica</i> se refiere a la transferencia no mecánica de energía entre un sistema y su entorno. En este sentido, es incorrecto referirse a la "energía térmica de un cuerpo", del mismo modo que sería incorrecto referirse al "trabajo de un cuerpo".
3.1.5	Defina <i>mol</i> y <i>masa molar</i> .	1	
3.1.6	Defina la <i>constante de Avogadro</i> .	1	

3.2 Propiedades térmicas de la materia

5 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Calor específico, cambios de fase y calor latente			
3.2.1	Defina <i>calor específico</i> y <i>capacidad térmica</i> .	1	
3.2.2	Resuelva problemas relacionados con el calor específico y con la capacidad térmica.	3	
3.2.3	Explique las diferencias físicas entre las fases sólida, líquida y gaseosa, en función de la estructura molecular y el movimiento de partículas.	3	Sólo se pide un modelo sencillo.
3.2.4	Describa y explique los procesos de cambio de fase en términos del comportamiento molecular.	3	Los alumnos deben estar familiarizados con los términos fusión, solidificación, evaporación, ebullición y condensación, y deben ser capaces de describir cada uno en función de los cambios en el potencial molecular y en las energías cinéticas aleatorias de las moléculas.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
3.2.5	Explique, en términos del comportamiento molecular, por qué la temperatura permanece constante durante un cambio de fase.	3	
3.2.6	Distinga entre evaporación y ebullición.	2	
3.2.7	Defina <i>calor latente</i> .	1	
3.2.8	Resuelva problemas relacionados con el calor latente.	3	Los problemas pueden incluir cálculos de calor específico.
Modelo cinético de un gas ideal Objetivo general 7: existen muchas simulaciones informáticas del comportamiento de los gases. TdC: aquí puede introducirse el uso del modelado en la ciencia.			
3.2.9	Defina <i>presión</i> .	1	
3.2.10	Indique las hipótesis del modelo cinético de un gas ideal.	1	
3.2.11	Indique que la temperatura es una medida de la energía cinética aleatoria media de las moléculas de un gas ideal.	1	
3.2.12	Explique el comportamiento macroscópico de un gas ideal en términos de un modelo molecular.	3	Sólo se piden explicaciones cualitativas. Los alumnos deben ser capaces, por ejemplo, de explicar cómo un cambio en volumen provoca un cambio en la frecuencia de las colisiones de las partículas con el contenedor, y cómo esto se relaciona con un cambio en la presión o la temperatura.

Tema 4: Oscilaciones y ondas (10 horas)

4.1 Cinemática del movimiento armónico simple (MAS)

2 horas

Objetivo general 7: existen muchas simulaciones informáticas del movimiento armónico simple.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
4.1.1	Describa ejemplos de oscilaciones.	2	
4.1.2	Defina los términos <i>desplazamiento</i> , <i>amplitud</i> , <i>frecuencia</i> , <i>período</i> y <i>diferencia de fase</i> .	1	Debe conocerse la diferencia entre frecuencia y período.
4.1.3	Defina <i>movimiento armónico simple</i> e indique la ecuación de definición como $a = -\omega^2 x$.	1	Se espera que los alumnos comprendan la relevancia del signo negativo en la ecuación y que tengan presente la conexión entre ω y T .
4.1.4	Resuelva problemas utilizando la ecuación de definición del movimiento armónico simple.	3	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
4.1.5	Aplique las ecuaciones $v = v_0 \text{ sen } \omega t$, $v = v_0 \text{ cos } \omega t$, $v = \pm \omega \sqrt{(x_0^2 - x^2)}$, $x = x_0 \text{ cos } \omega t$ y $x = x_0 \text{ sen } \omega t$ como soluciones de la ecuación de definición del movimiento armónico simple.	2	
4.1.6	Resuelva problemas, tanto gráficamente como mediante cálculos, sobre la aceleración, la velocidad y el desplazamiento en el movimiento armónico simple.	3	

4.2 Cambios en la energía durante el movimiento armónico simple (MAS)

1 hora

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
4.2.1	Describa el intercambio entre energía cinética y energía potencial durante el movimiento armónico simple.	2	
4.2.2	Aplique las expresiones $E_c = \frac{1}{2} m \omega^2 (x_0^2 - x^2)$ para la energía cinética de una partícula sometida a movimiento armónico simple, $E_T = \frac{1}{2} m \omega^2 x_0^2$ para la energía total y $E_p = \frac{1}{2} m \omega^2 x^2$ para la energía potencial.	2	
4.2.3	Resuelva problemas, tanto gráficamente como mediante cálculos, relacionados con cambios de energía durante el movimiento armónico simple.	3	

4.3 Oscilaciones forzadas y resonancia

3 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
4.3.1	Resuma qué se entiende por <i>amortiguamiento</i> .	1	Basta con que los alumnos sepan que el amortiguamiento afecta a una fuerza que tiene siempre sentido opuesto al sentido del movimiento de la partícula oscilante y que la fuerza es de tipo disipativo.
4.3.2	Describa ejemplos de oscilaciones amortiguadas.	2	Debe mencionarse el grado de amortiguamiento y la importancia del amortiguamiento crítico. No se exige una exposición detallada de los grados de amortiguamiento.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
4.3.3	Indique qué se entiende por <i>frecuencia natural de vibración</i> y por <i>oscilaciones forzadas</i> .	1	
4.3.4	Describa gráficamente la variación con la frecuencia impulsora de la amplitud de vibración de un objeto próximo a su frecuencia natural de vibración.	2	Los alumnos deben ser capaces de describir cualitativamente los factores que afectan a la respuesta en frecuencia y a cuán pronunciada es la curva.
4.3.5	Indique qué se entiende por <i>resonancia</i> .	1	
4.3.6	Describa ejemplos de resonancia en los que el efecto es útil, y otros en los que se debería evitar.	2	Los ejemplos pueden incluir osciladores de cuarzo, generadores de microondas y vibraciones en máquinas.

4.4 Características de las ondas

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
4.4.1	Describa un pulso ondulatorio y una onda progresiva continua.	2	Los alumnos deben ser capaces de distinguir entre oscilaciones y movimiento ondulatorio, y observar que, en muchos casos, las oscilaciones de las partículas son armónicas simples.
4.4.2	Indique que las ondas progresivas transportan energía.	1	Los alumnos deben comprender que no hay movimiento neto del medio a través del cual la onda se desplaza.
4.4.3	Describa y dé ejemplos de ondas transversales y longitudinales.	2	Los alumnos deben describir las ondas en función de la dirección de oscilación de las partículas en la onda, respecto a la dirección en que la onda transporta la energía. Los alumnos deben saber que las ondas sonoras son longitudinales, que las ondas de luz son transversales y que las ondas transversales no se pueden propagar en los gases.
4.4.4	Describa las ondas en dos dimensiones, incluidos los conceptos de frente de onda y de rayos.	2	
4.4.5	Describa los términos <i>cresta</i> , <i>valle</i> , <i>compresión</i> y <i>rarefacción</i> .	2	
4.4.6	Defina los términos <i>desplazamiento</i> , <i>amplitud</i> , <i>frecuencia</i> , <i>período</i> , <i>longitud de onda</i> , <i>velocidad de onda</i> e <i>intensidad</i> .	1	Los alumnos deben saber que intensidad \propto amplitud ² .
4.4.7	Dibuje y explique las gráficas desplazamiento-tiempo y desplazamiento- posición, para ondas longitudinales y transversales.	3	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
4.4.8	Deduzca y aplique la relación entre velocidad de propagación, longitud de onda y frecuencia.	3	
4.4.9	Indique cómo todas las ondas electromagnéticas se desplazan a la misma velocidad en el espacio vacío, y tenga presentes los órdenes de magnitud de las longitudes de onda de las principales radiaciones en el espectro electromagnético.	1	

4.5 Propiedades de las ondas

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
4.5.1	Describa la reflexión y la transmisión de ondas en el límite de separación de dos medios.	2	Esto debe incluir esquematizar las ondas incidentes, reflejadas y transmitidas.
4.5.2	Indique el enunciado de la ley de Snell y aplíquelo.	2	Los alumnos deben ser capaces de definir el índice de refracción en función del cociente de las velocidades de la onda en los dos medios y también en función de los ángulos de incidencia y refracción.
4.5.3	Explique y discuta cualitativamente la difracción de ondas en aberturas y obstáculos.	3	Debe discutirse el resultado comparando la longitud de onda y el tamaño del obstáculo o de la abertura.
4.5.4	Describa ejemplos de difracción.	2	
4.5.5	Indique el enunciado del principio de superposición y explique qué se entiende por <i>interferencia constructiva</i> e <i>interferencia destructiva</i> .	3	
4.5.6	Indique las condiciones para la interferencia constructiva y destructiva en función de la diferencia de caminos y de la diferencia de fase, y aplíquelas.	2	
4.5.7	Aplique el principio de superposición para determinar la resultante de dos ondas.	2	

Tema 5: Corrientes eléctricas (7 horas)

5.1 Diferencia de potencial, corriente y resistencia eléctricas

4 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Diferencia de potencial eléctrico			
5.1.1	Defina <i>diferencia de potencial eléctrico</i> .	1	
5.1.2	Determine la variación en la energía potencial de una carga, cuando se mueve entre dos puntos a potenciales diferentes.	3	
5.1.3	Defina <i>electronvoltio</i> .	1	
5.1.4	Resuelva problemas relacionados con la diferencia de potencial eléctrico.	3	
Corriente eléctrica y resistencia			
5.1.5	Defina <i>corriente eléctrica</i> .	1	Es suficiente que los alumnos sepan que la corriente se define en función de la fuerza por unidad de longitud entre conductores paralelos portadores de corriente.
5.1.6	Defina <i>resistencia</i> .	1	Los alumnos deben ser conscientes de que $R = V/I$ es una definición general de resistencia. No es un enunciado de la Ley de Ohm. Los alumnos deben comprender qué se entiende por <i>resistor</i> .
5.1.7	Aplique la ecuación para la resistencia en la forma $R = \frac{\rho L}{A}$ donde ρ es la resistividad del material del resistor.	2	
5.1.8	Indique el enunciado de la ley de Ohm.	1	
5.1.9	Compare los comportamientos óhmico y no óhmico.	3	Por ejemplo, los alumnos deben saber dibujar las curvas $I-V$ características de un resistor óhmico y de una lámpara de filamento.
5.1.10	Deduzca y aplique las expresiones de la potencia eléctrica disipada en un resistor.	3	
5.1.11	Resuelva problemas relacionados con la diferencia de potencial, la corriente y la resistencia.	3	

5.2 Circuitos eléctricos

3 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
5.2.1	Defina <i> fuerza electromotriz</i> (f.e.m.).	1	
5.2.2	Describa el concepto de resistencia interna.	2	
5.2.3	Aplique las ecuaciones para resistores en serie y en paralelo.	2	Esto incluye combinaciones de resistores, así como circuitos completos dotados de resistencia interna.
5.2.4	Dibuje esquemas de circuitos.	1	Los alumnos deben ser capaces de reconocer y usar los símbolos convencionales de circuitos.
5.2.5	Describa el uso de amperímetros ideales y voltímetros ideales.	2	
5.2.6	Describa un divisor de potencial.	2	
5.2.7	Explique el uso de sensores en circuitos divisores de potencial.	3	Los sensores deben incluir resistores dependientes de la luz (LDR), termistores de coeficiente negativo de temperatura (NTC) y extensómetros.
5.2.8	Resuelva problemas relacionados con circuitos eléctricos.	3	Los alumnos deben ser conscientes de que muchos problemas de circuitos pueden resolverse considerando el circuito como un divisor de tensión. También deben saber que los amperímetros y los voltímetros tienen su propia resistencia interna.

Tema 6: Campos y fuerzas (7 horas)

En este tema, deben resaltarse a los alumnos las similitudes y diferencias entre los campos.

TdC: vale la pena examinar el concepto de los campos en la ciencia.

6.1 Fuerza y campo gravitatorio

2 horas

6.2 Fuerza y campo eléctrico

3 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
6.1.1	Indique el enunciado de la ley de la gravitación universal de Newton.	1	Los alumnos deben ser conscientes de que, en la ley de la fuerza, las masas son puntuales. La fuerza entre dos masas esféricas cuya separación es grande en comparación con sus radios es la misma que si las dos esferas fueran masas puntuales, con sus masas concentradas en los centros de las esferas.	6.2.1	Indique que hay dos tipos de carga eléctrica.	1
6.1.2	Defina <i>intensidad del campo gravitatorio</i> .	1		6.2.2	Indique el enunciado de la ley de conservación de la carga y aplíquela.	2
				6.2.3	Describa y explique la diferencia en las propiedades eléctricas de conductores y aislantes.	3
				6.2.4	Indique el enunciado de la ley de Coulomb.	1
				6.2.5	Defina <i>intensidad del campo eléctrico</i> .	1

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor		Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
6.1.3	Determine el campo gravitatorio originado por una o más masas puntuales.	3		6.2.6	Determine la intensidad del campo eléctrico originado por una o más cargas puntuales.	3	
6.1.4	Deduzca una expresión para la intensidad de campo gravitatorio en la superficie de un planeta, suponiendo que toda su masa estuviera concentrada en su centro.	3					
				6.2.7	Dibuje los diagramas de campo eléctrico para diferentes configuraciones de carga.	1	Éstos incluyen los campos debidos a las siguientes configuraciones de carga: una carga puntual, una esfera cargada, dos cargas puntuales y un par de placas paralelas con cargas opuestas. En este último caso se incluyen los efectos de borde. Los alumnos deben comprender qué se entiende por <i>campo radial</i> .
6.1.5	Resuelva problemas relacionados con fuerzas y campos gravitatorios.	3		6.2.8	Resuelva problemas relacionados con cargas, fuerzas y campos eléctricos.	3	

6.3 Fuerza y campo magnético

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
6.3.1	Indique cómo las cargas en movimiento dan lugar a campos magnéticos.	1	
6.3.2	Dibuje diagramas de campo magnético originado por corrientes.	1	Éstos incluyen los campos debidos a corrientes en un hilo recto, una espira circular plana y un solenoide.
6.3.3	Determine la dirección y sentido de la fuerza sobre un conductor portador de corriente, situado en un campo magnético.	3	Se pueden utilizar diferentes reglas para determinar la dirección de la fuerza. No se exige el conocimiento de ninguna regla en particular.
6.3.4	Determine la dirección y sentido de la fuerza sobre una carga móvil situada en un campo magnético.	3	
6.3.5	Defina <i>módulo y dirección</i> de un campo magnético.	1	
6.3.6	Resuelva problemas relacionados con fuerzas, campos y corrientes magnéticas.	3	

Tema 7: Física atómica y nuclear (9 horas)

Objetivo general 7: a lo largo de este tema se presentan oportunidades para examinar las bases de datos, utilizar hojas de cálculo, investigar simulaciones y llevar a cabo experimentos de registro de datos.

7.1 El átomo

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Estructura atómica			
7.1.1	Describa un modelo de átomo constituido por un pequeño núcleo rodeado de electrones.	2	Los alumnos deben ser capaces de describir un modelo simple, caracterizado por electrones que se mantienen en órbita en torno al núcleo como resultado de la atracción electrostática entre los electrones y el núcleo.
7.1.2	Resuma las pruebas que apoyan el modelo nuclear del átomo.	2	Todo lo que se requiere es una descripción cualitativa del experimento de Geiger-Marsden y una interpretación de sus resultados.
7.1.3	Resuma una limitación del modelo simple del átomo nuclear.	2	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
7.1.4	Resuma las pruebas de la existencia de niveles de energía atómicos.	2	Los alumnos deben familiarizarse con los espectros de emisión y absorción, pero no necesitan conocer los modelos atómicos en detalle. Los alumnos deben comprender que la luz no es una onda continua, sino que es emitida en forma de "paquetes" de energía o "fotones", cada uno con energía hf .
Estructura nuclear			
7.1.5	Explique los términos <i>núclido</i> , <i>isótopo</i> y <i>nucleón</i> .	3	
7.1.6	Defina <i>número de nucleones A</i> , <i>número de protones Z</i> y <i>número de neutrones N</i> .	1	
7.1.7	Describa las interacciones que tienen lugar en un núcleo.	2	Los alumnos sólo necesitan conocer la interacción de Coulomb entre protones y la interacción nuclear fuerte, de corto alcance, entre nucleones.

7.2 Desintegración radiactiva

3 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Radiactividad			
7.2.1	Describa el fenómeno de la desintegración radiactiva natural.	2	Es preciso mencionar el antineutrino en la desintegración β^- .
7.2.2	Describa las propiedades de las partículas alfa (α) y beta (β), y de la radiación gamma (γ).	2	
7.2.3	Describa las propiedades ionizantes de las partículas alfa (α) y beta (β), y de la radiación gamma (γ).	2	
7.2.4	Resuma los efectos biológicos de la radiación ionizante.	2	Los alumnos deben estar familiarizados con los efectos directos e indirectos de la radiación sobre estructuras en el interior de las células. Se requiere un desarrollo sencillo de los efectos de la radiación sobre el cuerpo, a corto y largo plazo. Objetivo general 8: aquí deben considerarse aspectos morales, sociales y medioambientales. TdC: también pueden tomarse en cuenta la relación entre correlación y causa, y la estimación de riesgos.
7.2.5	Explique por qué unos núcleos son estables, mientras que otros resultan inestables.	3	Todo lo que se requiere es una explicación en términos del número relativo de protones y neutrones, y de las fuerzas involucradas.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Semivida			
7.2.6	Indique cómo la desintegración radiactiva es un proceso aleatorio y espontáneo, y cómo el ritmo de desintegración decrece exponencialmente con el tiempo.	1	No es necesario tratar analíticamente la desintegración exponencial. Basta con saber que cualquier cantidad que se reduzca a la mitad de su valor en un tiempo constante decrece exponencialmente. La naturaleza de la desintegración es independiente de la cantidad inicial.
7.2.7	Defina el término <i>semivida radiactiva</i> .	1	
7.2.8	Determine la semivida de un núcleo a partir de una curva de desintegración.	3	
7.2.9	Resuelva problemas de desintegraciones radiactivas que incluyan números enteros de semividas.	3	

7.3 Reacciones nucleares, fisión y fusión

4 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Reacciones nucleares			
7.3.1	Describa y dé un ejemplo de una transmutación artificial (inducida).	2	
7.3.2	Construya y complete ecuaciones nucleares.	3	
7.3.3	Defina el término <i>unidad de masa atómica (unificada)</i> .	1	Los alumnos deben estar familiarizados con las unidades $\text{MeV } c^{-2}$ y $\text{GeV } c^{-2}$ para la masa.
7.3.4	Aplique la relación de equivalencia masa-energía de Einstein.	2	
7.3.5	Defina los conceptos de <i>defecto de masa, energía de enlace y energía de enlace por nucleón</i> .	1	
7.3.6	Dibuje y anote una gráfica que muestre la variación con el número de nucleones de la energía de enlace por nucleón.	2	Los alumnos deben estar familiarizados con las energías de enlace representadas como cantidades positivas
7.3.7	Resuelva problemas relacionados con el defecto de masa y la energía de enlace.	3	
Fisión y fusión			
7.3.8	Describa los procesos de fisión nuclear y fusión nuclear.	2	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
7.3.9	Aplice la gráfica de 7.3.6 para explicar la liberación de energía en los procesos de fisión y fusión.	2	
7.3.10	Indique que la fusión nuclear es la principal fuente de energía del Sol.	1	
7.3.11	Resuelva problemas relacionados con reacciones de fisión y de fusión.	3	

Tema 8: Energía, potencia y cambio climático (18 horas)

El objetivo general 8 y la dimensión internacional constituyen un elemento importante en todos los subtemas.

8.1 Degradación de la energía y generación de potencia eléctrica

2 horas

Objetivo general 7: aquí figuran las simulaciones informáticas de los diagramas de Sankey.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
8.1.1	Indique que la energía térmica puede transformarse completamente en trabajo en un único proceso, pero que la transformación continua de esta energía en trabajo requiere de un proceso cíclico y de la transferencia de parte de la energía del sistema.	1	
8.1.2	Explique qué se entiende por <i>energía degradada</i> .	3	Los alumnos deben comprender que, en cualquier proceso que involucre transformaciones de energía, la energía que se transfiere al entorno (energía térmica) deja de estar disponible para efectuar trabajo útil.
8.1.3	Construya y analice diagramas de flujo energético (diagramas de Sankey) e identifique dónde se degrada la energía.	3	Se espera que los alumnos sean capaces de construir diagramas de flujo para varios sistemas, incluidos los descritos en los subtemas 8.3 y 8.4.
8.1.4	Resuma los principales mecanismos involucrados en la producción de energía eléctrica.	2	Los alumnos deben saber que la energía eléctrica puede producirse haciendo girar bobinas en campos magnéticos. En los subtemas 8.2 y 8.3 los alumnos ven en más detalle las fuentes de energía utilizadas para suministrar la energía que hace girar las bobinas.

8.2 Fuentes de energía en el mundo

2 horas

Objetivo general 7: aquí se pueden examinar las bases de datos de estadísticas energéticas a escala nacional y global. Pueden considerarse aspectos morales, medioambientales y económicos.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
8.2.1	Identifique diferentes fuentes de energía en el mundo.	2	Los alumnos deben ser capaces de reconocer las fuentes vinculadas a emisiones de CO ₂ . Los alumnos deben también darse cuenta de que, en la mayoría de los casos, el Sol es la fuente de energía fundamental para la energía mundial.
8.2.2	Resuma diversas fuentes de energía y distinga las renovables de las no renovables.	2	
8.2.3	Defina la <i>densidad de energía</i> de un combustible.	1	La densidad de energía se mide en J kg ⁻¹ .
8.2.4	Discuta cómo la elección de combustible se ve influida por su densidad de energía.	3	Se proporcionarán los valores de la densidad de energía de diferentes combustibles.
8.2.5	Indique las proporciones relativas de uso mundial de las diferentes fuentes de energía que se encuentran disponibles.	1	Sólo se necesitan valores aproximados.
8.2.6	Discuta las ventajas y desventajas relativas de diversas fuentes de energía.	3	La discusión comprende todas las fuentes identificadas en los subtemas 8.2, 8.3 y 8.4.

8.3 Producción de energía a partir de combustibles fósiles

1 hora

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
8.3.1	Resuma las razones históricas y geográficas del uso generalizado de combustibles fósiles.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que la industrialización condujo a un aumento del uso de energía, provocando que la industria se desarrollara cerca de reservas grandes de combustibles fósiles.
8.3.2	Discuta la densidad de energía de los combustibles fósiles con respecto a los requisitos de las plantas de producción de energía.	3	Los alumnos deben ser capaces de estimar el nivel de consumo de combustible por parte de las plantas de producción de energía.
8.3.3	Discuta las ventajas y desventajas relativas vinculadas al transporte y el almacenamiento de combustibles fósiles.	3	
8.3.4	Indique el rendimiento global de las plantas de producción de energía basadas en combustibles fósiles.	1	Sólo se requieren valores aproximados.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
8.3.5	Describa los problemas medioambientales vinculados a la recuperación de combustibles fósiles y a su uso en plantas de producción de energía.	2	

8.4 Producción de energía a partir de combustibles no fósiles

7 horas

Objetivo general 7: se pueden mostrar simulaciones informáticas que modelen centrales nucleares y procesos nucleares en general.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Energía nuclear			
8.4.1	Describa cómo pueden emplearse los neutrones producidos en una reacción de fisión para iniciar otras posteriores (reacción en cadena).	2	Los alumnos deben saber que sólo los neutrones de baja energía (≈ 1 eV) favorecen la fisión nuclear. También deben conocer qué es la masa crítica.
8.4.2	Distinga la fisión nuclear controlada (producción de energía) de la fisión nuclear incontrolada (armas nucleares).	2	Los alumnos deben ser conscientes de los aspectos morales y éticos vinculados a las armas nucleares.
8.4.3	Describa qué se entiende por <i>enriquecimiento de combustible</i> .	2	
8.4.4	Describa las principales transformaciones de energía que tienen lugar en una central nuclear.	2	
8.4.5	Discuta el papel del moderador y de las barras de control en la marcha de los procesos de fisión controlada que tienen lugar en un reactor térmico de fisión.	3	
8.4.6	Discuta el papel del intercambiador de calor en un reactor de fisión.	3	
8.4.7	Describa cómo la captura de un neutrón por parte de un núcleo de uranio-238 (^{238}U) origina un núcleo de plutonio-239 (^{239}Pu).	2	
8.4.8	Describa la importancia del plutonio-239 (^{239}Pu) como combustible nuclear.	2	Basta con que los alumnos sepan que el plutonio-239 (^{239}Pu) se utiliza como combustible en otros tipos de reactores.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
8.4.9	Discuta los aspectos de seguridad y los riesgos vinculados a la producción de energía eléctrica de origen nuclear.	3	Tales aspectos abarcan: <ul style="list-style-type: none"> • la posibilidad de deterioro térmico y cómo podría darse • los problemas vinculados a los residuos nucleares • los problemas vinculados a la extracción de uranio en minas • la posibilidad de que un programa de energía nuclear pueda utilizarse como medio para producir armas nucleares.
8.4.10	Resuma los problemas vinculados a la producción de energía nuclear mediante fusión nuclear.	2	Basta con que los alumnos sean conscientes del problema de conservar y confinar un plasma de alta densidad a alta temperatura.
8.4.11	Resuelva problemas sobre producción de energía nuclear.	3	
Energía solar			
8.4.12	Distinga un panel fotovoltaico de un captador solar térmico.	2	Los alumnos deben ser capaces de describir las transferencias de energía relevantes y de resumir usos apropiados de estos dispositivos.
8.4.13	Resuma razones para las variaciones estacionales y regionales en la energía solar que incide sobre una unidad de área de la superficie de la Tierra.	2	
8.4.14	Resuelva problemas relacionados con aplicaciones específicas de paneles fotovoltaicos y captadores solares térmicos.	3	
Energía hidráulica			
8.4.15	Distinga entre diferentes modelos hidroeléctricos.	2	Los alumnos deben saber que los diferentes modelos se basan en: <ul style="list-style-type: none"> • almacenamiento de agua en lagos • almacenamiento de agua de mareas • almacenamiento por bombeo.
8.4.16	Describa las principales transformaciones energéticas que tienen lugar en los modelos hidroeléctricos.	2	
8.4.17	Resuelva problemas relacionados con modelos hidroeléctricos.	3	
Energía eólica			
8.4.18	Resuma las características básicas de un generador eólico.	2	Basta con una máquina convencional de eje horizontal.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
8.4.19	Determine la potencia que podría suministrar un generador eólico, suponiendo que la energía cinética del viento pudiera convertirse íntegramente en energía cinética mecánica, y explique las razones de su imposibilidad.	3	
8.4.20	Resuelva problemas relacionados con la energía eólica.	3	
Energía de las olas			
8.4.21	Describa el principio del funcionamiento de un convertidor de energía de las olas oceánicas, de columna de agua oscilante.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que existe una diversidad de maneras en que se puede extraer energía de una ola, pero sólo se pide una descripción de la columna de agua oscilante.
8.4.22	Determine la potencia por unidad de longitud de un frente de onda de la ola, suponiendo que ésta tiene un perfil rectangular.	3	
8.4.23	Resuelva problemas relacionados con la energía de olas.	3	

8.5 Efecto invernadero

3 horas

Objetivo general 7: aquí desempeñan un papel significativo las simulaciones informáticas, las hojas de cálculo y las bases de datos.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Radiación solar			
8.5.1	Calcule la intensidad de la radiación del Sol que incide sobre un planeta.	2	
8.5.2	Defina <i>albedo</i> .	1	
8.5.3	Indique los factores que determinan el <i>albedo</i> de un planeta.	1	Los alumnos deben saber que el <i>albedo</i> de la Tierra varía diariamente, y que depende de la estación (formaciones de nubes) y de la latitud. Los océanos tienen un valor bajo, mientras que la nieve tiene un valor alto. El <i>albedo</i> global anual medio de la Tierra es de 0,3 (30%).
El efecto invernadero			
8.5.4	Describa el <i>efecto invernadero</i> .	2	
8.5.5	Identifique los principales gases invernadero y sus fuentes.	2	Los gases que se deben considerar son CH ₄ , H ₂ O, CO ₂ y N ₂ O. Basta con que los alumnos sepan que cada uno tiene orígenes tanto naturales como artificiales.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
8.5.6	Explique los mecanismos moleculares por los cuales los gases invernadero absorben la radiación infrarroja.	3	Los alumnos deben ser conscientes del papel desempeñado por la resonancia. La frecuencia natural de oscilación de las moléculas de los gases invernadero se encuentra en la región infrarroja.
8.5.7	Analice gráficas de absorción para comparar los efectos relativos de diferentes gases invernadero.	3	Los alumnos deben estar familiarizados con los detalles específicos de las gráficas que muestran la transmitancia infrarroja a través de un gas, pero no se espera que recuerden estos detalles.
8.5.8	Resuma la naturaleza de la radiación del cuerpo negro.	2	Los alumnos deben saber que la radiación del cuerpo negro es la radiación emitida por un emisor "perfecto".
8.5.9	Dibuje y anote una gráfica de los espectros de emisión de cuerpos negros a diferentes temperaturas.	2	
8.5.10	Indique el enunciado de la ley de Stefan-Boltzmann y aplíquela para comparar ritmos de emisión de diferentes superficies.	2	
8.5.11	Aplique el concepto de emisividad para comparar los ritmos de emisión de las diferentes superficies.	2	
8.5.12	Defina <i>capacidad calorífica superficial</i> C_s .	1	La capacidad calorífica superficial es la energía requerida para aumentar en un grado la temperatura de una unidad de área de la superficie de un planeta, y se mide en $J m^{-2} K^{-1}$.
8.5.13	Resuelva problemas sobre el efecto invernadero y el calentamiento de los planetas, utilizando un modelo climático sencillo de equilibrio energético.	3	<p>Los alumnos deben tener en cuenta que la variación de la temperatura de un planeta a lo largo de un período de tiempo viene dada por:</p> $(intensidad\ de\ radiación\ entrante - intensidad\ de\ radiación\ saliente) \times tiempo / capacidad\ calorífica\ superficial.$ <p>Los alumnos deben ser conscientes de las limitaciones del modelo y sugerir cómo se podría mejorar.</p> <p>Objetivo general 7: se debe utilizar una hoja de cálculo para mostrar un modelo climático sencillo. Se pueden utilizar simulaciones informáticas para mostrar modelos más complejos (véase el CPEL para más detalles).</p> <p>TdC: pueden explicarse tanto el uso como la importancia de las simulaciones informáticas como medio potente para aumentar el conocimiento humano.</p>

8.6 Calentamiento global

3 horas

Dimensión internacional: aquí puede mostrarse la importancia de la dimensión internacional en la investigación científica para resolver los problemas globales.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Calentamiento global			
8.6.1	Describa algunos modelos posibles de calentamiento global.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que hay toda una serie de modelos que han sido sugeridos para explicar el calentamiento global. Entre otros se encuentran las variaciones en la composición de gases invernadero en la atmósfera, los incrementos en la actividad solar y los cambios cíclicos en la órbita de la Tierra y en la actividad volcánica.
8.6.2	Indique qué se entiende por <i>efecto invernadero intensificado</i> .	1	Basta con que los alumnos sean conscientes de que la intensificación del efecto invernadero está causada por las actividades humanas.
8.6.3	Identifique la creciente combustión de combustibles fósiles como la probable causa principal del efecto invernadero intensificado.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que, aunque discutible, la opinión generalmente aceptada por la mayor parte de los científicos sostiene que hay actividades humanas, en especial las que implican la quema de combustibles fósiles, que han liberado dióxido de carbono adicional a la atmósfera.
8.6.4	Describa las pruebas que vinculan el calentamiento global a los niveles crecientes de gases invernadero.	2	Por ejemplo, la investigación internacional de las placas de hielo proporciona estimaciones de la composición atmosférica y de las temperaturas medias globales en los últimos miles de años (se han extraído bloques de hielo de hasta 420.000 años en la base antártica rusa de Vostok).
8.6.5	Resuma algunos de los mecanismos que pueden aumentar el ritmo del calentamiento global.	2	Los alumnos deben saber que: <ul style="list-style-type: none"> • el calentamiento global reduce las capas de hielo/nieve, lo cual a su vez modifica el <i>albedo</i>, aumentando el ritmo de absorción de calor • el aumento de temperatura reduce la solubilidad del CO₂ en el mar y aumenta las concentraciones atmosféricas • la deforestación reduce la fijación de carbono.
8.6.6	Defina <i>coeficiente de expansión de volumen</i> .	1	Los alumnos deben saber que el coeficiente de expansión de volumen es la variación fraccional en volumen por grado de variación en la temperatura.
8.6.7	Indique cómo una posible consecuencia del efecto invernadero intensificado es un aumento del nivel del mar.	1	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
8.6.8	Resuma posibles razones para un aumento previsto en el nivel medio del mar.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que es difícil hacer predicciones precisas debido a factores tales como: <ul style="list-style-type: none"> • la expansión anómala del agua • los diferentes efectos de la fusión del hielo en el agua del mar, en comparación con la fusión del hielo en tierra.
8.6.9	Identifique el cambio climático como resultado del efecto invernadero intensificado.	2	
8.6.10	Resuelva problemas relacionados con el efecto invernadero intensificado.	3	Los problemas pueden abarcar la expansión de volumen, el calor específico y el calor latente.
8.6.11	Identifique algunas soluciones posibles para paliar el efecto invernadero intensificado.	2	Los alumnos deben ser conscientes de lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> • mayor rendimiento en la producción de energía • sustitución del uso de carbón y petróleo por gas natural • uso de sistemas combinados de calefacción y energía • mayor uso de fuentes renovables de energía y de energía nuclear • captura y almacenamiento de dióxido de carbono • uso de vehículos híbridos.
8.6.12	Discuta los esfuerzos internacionales para reducir el efecto invernadero intensificado.	3	Éstos deben incluir, por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> • Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) • Protocolo de Kyoto • Sociedad de Asia y el Pacífico para el Desarrollo Limpio y el Clima (APPCDC).

Descripción detallada del programa de estudios: TANS

Tema 9: Movimiento en campos de fuerza (8 horas)

Al igual que en el tema 6, las similitudes y las diferencias entre los campos también se aplican al potencial.

Objetivo general 7: este tema se presta al uso de técnicas de simulación y de modelado con hojas de cálculo para ilustrar los conceptos planteados.

TdC: este tema aborda cómo los conceptos fundamentales se pueden aplicar a diferentes fenómenos.

9.1 Movimiento de proyectiles

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
9.1.1	Indique la independencia de las componentes vertical y horizontal de la velocidad de un proyectil en un campo uniforme.	1	
9.1.2	Describa y represente el carácter parabólico de la trayectoria del movimiento de proyectiles cuando no hay resistencia del aire.	3	No es necesario probar la naturaleza parabólica de la trayectoria.
9.1.3	Describa cualitativamente el efecto de la resistencia del aire sobre la trayectoria de un proyectil.	2	
9.1.4	Resuelva problemas de movimiento de proyectiles.	3	Los problemas pueden tratar de proyectiles lanzados horizontalmente, o según un ángulo por encima o por debajo de la horizontal. Algunos problemas pueden solucionarse de una manera más sencilla si se aplica la conservación de la energía en vez de utilizar las ecuaciones cinemáticas del movimiento de proyectiles.

9.2 Campo gravitatorio, potencial y energía

2 horas

9.3 Campo eléctrico, potencial y energía

2 horas

Este subtema presenta analogías directas con el anterior y enlaza también con el subtema 5.1 sobre la diferencia de potencial eléctrico.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
9.2.1	Defina <i>potencial gravitatorio</i> y <i>energía potencial gravitatoria</i> .	1	Los alumnos deben conocer el carácter escalar del potencial gravitatorio y el hecho de que se le asigne valor cero en el infinito. Los alumnos deben comprender que el trabajo efectuado al mover una masa entre dos puntos de un campo gravitatorio es independiente de la trayectoria descrita.	9.3.1	1	Los alumnos deben conocer el carácter escalar de potencial eléctrico y el hecho de que se le asigne valor cero en el infinito. Los alumnos deben comprender que el trabajo efectuado al mover una carga puntual entre dos puntos de un campo eléctrico es independiente de la trayectoria descrita.
9.2.2	Indique la fórmula para el potencial gravitatorio originado por una masa puntual, y aplíquela.	2		9.3.2	2	
9.2.3	Indique el enunciado de la fórmula que relaciona la intensidad del campo gravitatorio con el gradiente de potencial gravitatorio, y aplíquela.	2		9.3.3	2	
9.2.4	Determine el potencial originado por una o más masas puntuales.	3		9.3.4	3	
9.2.5	Describa y represente el patrón de superficies equipotenciales originado por una y dos masas puntuales.	3		9.3.5	3	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor		Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
9.2.6	Indique la relación entre las superficies equipotenciales y las líneas de campo gravitatorio.	1		9.3.6	Indique la relación entre las superficies equipotenciales y las líneas de campo eléctrico.	1	
9.2.7	Explique el concepto de velocidad de escape de un planeta.	3					
9.2.8	Deduzca una expresión para la velocidad de escape de un objeto desde la superficie de un planeta.	3	Los alumnos deben ser conscientes de las simplificaciones adoptadas en esta deducción.				
9.2.9	Resuelva problemas relacionados con la energía potencial gravitatoria y el potencial gravitatorio.	3		9.3.7	Resuelva problemas relacionados con la energía potencial eléctrica y el potencial eléctrico.	3	

9.4 Movimiento orbital

2 horas

Aunque el movimiento orbital puede ser circular, elíptico o parabólico, en este subtema se consideran exclusivamente órbitas circulares. La física que se expone en este subtema no es nueva, sino una aplicación que sintetiza ideas de gravitación, movimiento circular, dinámica y energía.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
9.4.1	Indique que la gravitación proporciona la fuerza centrípeta para el movimiento circular orbital.	1	
9.4.2	Deduzca la tercera ley de Kepler.	3	
9.4.3	Deduzca las expresiones de las energías cinética, potencial y total, para un satélite en órbita.	3	
9.4.4	Represente las gráficas que muestran las variaciones de las energías cinética, potencial y total de un satélite respecto al radio de su órbita.	3	
9.4.5	Discuta el concepto de "ingravidez" en el movimiento orbital, en caída libre y en el espacio exterior.	3	
9.4.6	Resuelva problemas relacionados con movimientos orbitales.	3	

Tema 10: Física térmica (6 horas)

10.1 Termodinámica

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Leyes de los gases			
10.1.1	Indique la ecuación de estado de un gas ideal.	1	Los alumnos deben ser conscientes de que un gas ideal responde a la ecuación de estado $PV = nRT$ y de que esta ecuación define también la constante universal de los gases R .
10.1.2	Describa la diferencia entre un gas ideal y un gas real.	2	Los alumnos deben ser conscientes de las circunstancias en las que el comportamiento de un gas real se aproxima al de un gas ideal. Los alumnos deben comprender también que los gases ideales no pueden pasar a estado líquido.
10.1.3	Describa el concepto de cero absoluto de temperatura y la escala Kelvin de temperatura.	2	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
10.1.4	Resuelva problemas utilizando la ecuación de estado de un gas ideal.	3	

10.2 Procesos

3 horas

Aunque hay muchos sistemas termodinámicos, la discusión en esta sección se limitará a una masa fija de gas ideal.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Primera ley de la termodinámica			
10.2.1	Deduzca una expresión para el trabajo desarrollado al cambiar el volumen de un gas, a presión constante.	3	
10.2.2	Indique el enunciado de la primera ley de la termodinámica.	1	Los alumnos deben familiarizarse con los términos <i>sistema</i> y <i>entorno</i> . Asimismo, deben saber que si un sistema y su entorno se encuentran a temperaturas diferentes y el sistema se ve sometido a un proceso, a la energía transferida por medios no mecánicos desde el sistema o hacia éste se la denomina energía térmica (calor).
10.2.3	Identifique la primera ley de la termodinámica como un enunciado del principio de conservación de la energía.	2	
10.2.4	Describa los cambios de estado isocóricos (isovolumétricos), isobáricos, isotérmicos y adiabáticos de un gas ideal.	2	Para cada proceso debe hacerse el balance de la energía transferida, el trabajo realizado y el cambio en la energía interna. Los alumnos deben darse cuenta de que la compresión o la expansión rápida de un gas son, aproximadamente, adiabáticas.
10.2.5	Dibuje y anote los procesos y ciclos termodinámicos en diagramas P - V .	2	
10.2.6	Calcule a partir de un diagrama P - V el trabajo realizado en un ciclo termodinámico.	2	
10.2.7	Resuelva problemas relacionados con los cambios de estado de un gas.	3	

10.3 Segunda ley de la termodinámica y entropía

1 hora

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
10.3.1	Indique cómo la segunda ley de la termodinámica implica que la energía térmica no puede ser transferida espontáneamente desde una región de baja temperatura hasta una región de alta temperatura.	1	
10.3.2	Indique que la entropía es una propiedad del sistema que expresa su grado de desorden.	1	
10.3.3	Indique el enunciado de la segunda ley de la termodinámica en términos de cambios en la entropía.	1	Basta con la afirmación de que la entropía total del universo va en aumento o de que todos los procesos naturales incrementan la entropía del universo.
10.3.4	Discuta ejemplos de procesos naturales en términos de cambios de entropía.	3	Los alumnos deben comprender que, aunque la entropía local puede disminuir, cualquier proceso aumentará la entropía total del sistema y su entorno, es decir, del universo.

Tema 11: Fenómenos ondulatorios (12 horas)

Objetivo general 7: las simulaciones informáticas pueden ser muy útiles para ilustrar los conceptos introducidos en este tema.

11.1 Ondas estacionarias

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
11.1.1	Describa la naturaleza de las ondas estacionarias.	2	Los alumnos deben considerar el transporte de energía, la amplitud y la fase.
11.1.2	Explique la formación de ondas estacionarias unidimensionales.	3	Los alumnos deben comprender qué se entiende por <i>nodos</i> y <i>antinodos</i> .
11.1.3	Discuta los modos de vibración de las cuerdas y del aire en tuberías abiertas y cerradas.	3	Al modo de menor frecuencia se le conoce como <i>primer armónico</i> o <i>armónico fundamental</i> . No se empleará el término <i>sobretono</i> .
11.1.4	Compare las ondas estacionarias con las ondas progresivas.	3	
11.1.5	Resuelva problemas relacionados con las ondas estacionarias.	3	

11.2 El efecto Doppler

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
11.2.1	Describa qué se entiende por <i>efecto Doppler</i> .	2	
11.2.2	Explique el efecto Doppler en relación con los diagramas de frentes de onda, para las situaciones en las que se desplaza el observador o la fuente.	3	
11.2.3	Aplique las ecuaciones del efecto Doppler para el sonido.	2	
11.2.4	Resuelva problemas de efecto Doppler para el sonido.	3	Los problemas no incluirán situaciones en las que se desplacen tanto el observador como la fuente.
11.2.5	Resuelva problemas de efecto Doppler para las ondas electromagnéticas, utilizando la aproximación $\Delta f = \frac{v}{c} f.$	3	Los alumnos deben ser conscientes de que la aproximación puede utilizarse sólo cuando $v \ll c$.
11.2.6	Resuma un ejemplo en el que se utilice el efecto Doppler para medir la velocidad.	2	Entre los ejemplos pertinentes estarían medidas de flujo sanguíneo y de velocidades de vehículos.

11.3 Difracción

1 hora

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Difracción en una sola rendija			
11.3.1	Represente la variación con el ángulo de difracción de la intensidad relativa de la luz difractada en una sola rendija.	3	
11.3.2	Deduzca la fórmula $\theta = \frac{\lambda}{b}$ para la posición del primer mínimo del patrón de difracción producido en una sola rendija.	3	
11.3.3	Resuelva problemas relacionados con difracción por una sola rendija.	3	

11.4 Resolución

4 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
11.4.1	Represente la variación con el ángulo de difracción de la intensidad relativa de la luz emitida por dos fuentes puntuales que ha sido difractada en una sola rendija.	3	Los alumnos deben representar la variación en los casos en que los patrones de difracción están bien resueltos, apenas resueltos y no resueltos.
11.4.2	Indique el enunciado del criterio de Rayleigh para que dos fuentes estén apenas resueltas.	1	Los alumnos deben saber que el criterio para una abertura circular es $\theta = 1,22 \frac{\lambda}{b}$
11.4.3	Describa la relevancia de la resolución en el desarrollo de aparatos tales como los CD o DVD, los microscopios electrónicos y los radiotelescopios.	2	
11.4.4	Resuelva problemas relacionados con la resolución.	3	Los problemas pueden abarcar tanto la vista humana como instrumentos ópticos.

11.5 Polarización

3 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
11.5.1	Describa qué se entiende por <i>luz polarizada</i> .	2	
11.5.2	Describa la polarización por reflexión.	2	Esto puede ilustrarse mediante luz o microondas. Debe mencionarse el uso de gafas de sol polarizadas.
11.5.3	Indique el enunciado de la ley de Brewster y aplíquelo.	2	
11.5.4	Explique los términos <i>polarizador</i> y <i>analizador</i> .	3	
11.5.5	Calcule la intensidad de un haz transmitido de luz polarizada utilizando la ley de Malus.	2	
11.5.6	Describa qué se entiende por una <i>sustancia ópticamente activa</i> .	2	Los alumnos deben ser conscientes de que tales sustancias hacen rotar el plano de polarización.
11.5.7	Describa el uso de la polarización en la determinación de la concentración de ciertas disoluciones.	2	
11.5.8	Resuma cualitativamente cómo se puede usar la polarización en el análisis de esfuerzos.	2	
11.5.9	Resuma cualitativamente el funcionamiento de las pantallas de cristal líquido (LCD).	2	Objetivo general 8: puede mencionarse el uso de pantallas de cristal líquido en una amplia variedad de aplicaciones y dispositivos.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
11.5.10	Resuelva problemas relacionados con la polarización de la luz.	3	

Tema 12: Inducción electromagnética (6 horas)

12.1 Fuerza electromotriz (f.e.m.) inducida

3 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
12.1.1	Describa la inducción de una f.e.m. mediante el movimiento relativo entre un conductor y un campo magnético.	2	
12.1.2	Deduzca la fórmula de la f.e.m. inducida en un conductor rectilíneo que se mueve en el seno de un campo magnético.	3	Los alumnos deben ser capaces de deducir la expresión f.e.m. inducida = B/v sin usar la ley de Faraday.
12.1.3	Defina <i>flujo magnético</i> y <i>acoplamiento de flujo magnético</i> .	1	
12.1.4	Describa la generación de una f.e.m. inducida mediante un flujo magnético variable en el tiempo.	2	
12.1.5	Indique el enunciado de la ley de Faraday y de la ley de Lenz.	1	
12.1.6	Resuelva problemas de inducción electromagnética.	3	

12.2 Corriente alterna

2 horas

Objetivo general 7: las simulaciones informáticas de los generadores de corriente alterna (ca) son un método útil para evaluar la comprensión.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
12.2.1	Describa la f.e.m. inducida en una bobina que gira en el seno de un campo magnético uniforme.	2	Los alumnos deben comprender, sin deducción formal, que si la rotación tiene velocidad constante, la f.e.m. inducida es sinusoidal.
12.2.2	Explique el funcionamiento de un generador básico de corriente alterna (ca).	3	
12.2.3	Describa el efecto sobre la f.e.m. inducida de modificar la frecuencia del generador.	2	Se espera que los alumnos comparen la producción de los generadores que operan a diferentes frecuencias, esquematizando las gráficas pertinentes.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
12.2.4	Discuta cuál es el significado de la raíz cuadrática media (rcm) de un voltaje o corriente alterna.	3	Los alumnos deben saber que la raíz cuadrática media de una corriente alterna (o voltaje) es el valor de corriente continua (o voltaje) que disipa la potencia en el resistor al mismo ritmo. A la raíz cuadrática media también se le llama valor eficaz.
12.2.5	Indique la relación entre los valores máximos y los valores eficaces para las corrientes y voltajes sinusoidales.	1	
12.2.6	Resuelva problemas utilizando valores máximos y valores eficaces.	3	
12.2.7	Resuelva problemas de circuitos de <i>ca</i> con resistores óhmicos.	3	
12.2.8	Describa el funcionamiento de un transformador ideal.	2	
12.2.9	Resuelva problemas sobre el funcionamiento de los transformadores ideales.	3	

12.3 Transmisión de energía eléctrica

1 hora

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
12.3.1	Resuma las razones para las pérdidas de potencia en las líneas de transmisión y en los transformadores reales.	2	
12.3.2	Explique el uso de transformadores elevadores y reductores de alto voltaje, en la transmisión de energía eléctrica.	3	Los alumnos deben ser conscientes de que, por razones económicas, no hay un valor ideal de voltaje para la transmisión eléctrica.
12.3.3	Resuelva problemas sobre el funcionamiento de transformadores reales y sobre la transmisión de energía.	3	
12.3.4	Sugiera cómo los campos electromagnéticos de frecuencia muy baja, tales como los creados por aparatos eléctricos y líneas de tensión, inducen corrientes en el cuerpo humano.	3	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
12.3.5	Discuta algunos de los riesgos posibles derivados de vivir y trabajar cerca de líneas de tensión de alto voltaje.	3	<p>Los alumnos deben saber que, actualmente, las pruebas experimentales sugieren que los campos de baja frecuencia no dañan el material genético.</p> <p>Los alumnos deben ser conscientes de que no se conocen bien los riesgos asociados a la inducción de corriente sobre el cuerpo humano. Es probable que estos riesgos dependan de la corriente (densidad), la frecuencia y la duración de la exposición.</p> <p>Objetivo general 8 y TdC: aquí puede discutirse el uso de la evaluación de riesgos al tomar decisiones científicas. Resultan también relevantes los aspectos de correlación y causa, así como las limitaciones en los datos.</p>

Tema 13: Física cuántica y física nuclear (15 horas)

TdC: este tema plantea problemas filosóficos fundamentales relacionados con la naturaleza de la observación y la medición. Aquí puede desarrollarse el concepto de *cambio de paradigma*.

13.1 Física cuántica

10 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
La naturaleza cuántica de la radiación			
13.1.1	Describa el efecto fotoeléctrico.	2	
13.1.2	Describa el concepto del fotón y utilícelo para explicar el efecto fotoeléctrico.	3	Los alumnos deben ser capaces de explicar por qué el modelo ondulatorio de la luz es incapaz de explicar el efecto fotoeléctrico, y deben ser capaces también de describir y explicar el modelo de Einstein.
13.1.3	Describa y explique un experimento que compruebe el modelo de Einstein.	3	Un buen ejemplo es el experimento de Millikan, en el que se aplica un potencial de frenado.
13.1.4	Resuelva problemas relacionados con el efecto fotoeléctrico.	3	
La naturaleza ondulatoria de la materia			
13.1.5	Describa la hipótesis de De Broglie y el concepto de ondas de materia.	2	Los alumnos deben conocer, también, la dualidad onda-partícula (la naturaleza dual de ambas, radiación y materia).
13.1.6	Resuma un experimento que verifique la hipótesis de De Broglie.	2	Basta con un resumen breve del experimento de Davisson-Germer.
13.1.7	Resuelva problemas relacionados con las ondas de materia.	3	Por ejemplo, los alumnos deben ser capaces de calcular la longitud de onda de los electrones acelerados mediante una diferencia de potencial dada.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Espectros atómicos y estados de energía atómicos			
13.1.8	Resuma un procedimiento de laboratorio para producir y observar espectros atómicos.	2	Los alumnos deben ser capaces de resumir procedimientos para espectros tanto de emisión como de absorción. No se requieren datos del espectrómetro.
13.1.9	Explique cómo los espectros atómicos de líneas constituyen una prueba de la cuantización de la energía en los átomos.	3	Basta con una explicación en términos de las diferencias de energía entre los estados energéticos permitidos para los electrones.
13.1.10	Calcule las longitudes de onda de las líneas espectrales a partir de las diferencias entre los niveles de energía, y viceversa.	2	Objetivo general 7: las simulaciones informáticas que muestran el vínculo entre las transiciones de nivel de energía y las líneas espectrales pueden ayudar a la comprensión.
13.1.11	Explique el origen de los niveles de energía atómica en función del modelo de "electrón en una caja".	3	El modelo asume que, si un electrón se encuentra confinado a moverse en una sola dimensión por una caja, las ondas de De Broglie asociadas con el electrón serán ondas estacionarias de longitud de onda $\frac{2L}{n}$ donde L es la longitud de la caja y n es un entero positivo. Los alumnos deben ser capaces de mostrar que la energía cinética E_c del electrón en la caja es $\frac{n^2 h^2}{8m_e L^2}$.
13.1.12	Resuma el modelo de Schrödinger del átomo de hidrógeno.	2	El modelo supone que los electrones atómicos pueden describirse por funciones de onda. El electrón tiene una posición no definida, pero el cuadrado de la amplitud de la función de onda proporciona la probabilidad de encontrar al electrón en un punto concreto.
13.1.13	Resuma el principio de incertidumbre de Heisenberg en relación con la posición y el momento, y con el tiempo y la energía.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que las cantidades conjugadas, posición-momento y tiempo-energía, no pueden ser conocidas a la vez con exactitud. Deben conocer la relación entre el principio de incertidumbre y la hipótesis de De Broglie. Por ejemplo, los alumnos deben saber que si una partícula tiene una longitud de onda de De Broglie definida de manera única, entonces su momento se conoce con exactitud pero se pierde todo conocimiento de su posición.

13.2 Física nuclear

5 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
13.2.1	Explique cómo pueden estimarse los radios de los núcleos, a partir de experimentos de dispersión de partículas cargadas.	3	Basta con utilizar la conservación de la energía en los experimentos de dispersión de Coulomb, para determinar la distancia de máximo acercamiento.
13.2.2	Describa cómo pueden determinarse las masas de los núcleos utilizando un espectrómetro de masas de Bainbridge.	2	Los alumnos deben ser capaces de dibujar un diagrama esquemático del espectrómetro de masas de Bainbridge, pero no es preciso dar detalles del experimento. Asimismo, deben darse cuenta de que los valores de masa nuclear constituyen una prueba de la existencia de isótopos.
13.2.3	Describa una prueba de la existencia de niveles de energía nucleares.	2	Por ejemplo, las partículas alfa (α) producidas en la desintegración de un núcleo tienen energías discretas; los espectros de rayos gamma (γ) son discretos. Los alumnos deben darse cuenta de que el núcleo, al igual que el átomo, es un sistema cuántico y, como tal, tiene niveles de energía discretos.
Desintegración radiactiva			
13.2.4	Describa la desintegración β^+ , mencionando la existencia del neutrino.	2	Los alumnos deben saber que los espectros de energía de ambos tipos de desintegración β son continuos, y que el neutrino se postuló para explicar estos espectros.
13.2.5	Indique el enunciado de la ley de desintegración radiactiva como una función exponencial y defina la <i>constante de desintegración</i> .	1	Los alumnos deben saber que la constante de desintegración se define como la probabilidad de desintegración de un núcleo por unidad de tiempo.
13.2.6	Deduzca la relación entre la constante de desintegración y la semivida.	3	
13.2.7	Resuma métodos para medir la semivida de un isótopo.	2	Los alumnos deben conocer los principios para medir semividas largas y cortas.
13.2.8	Resuelva problemas relacionados con la semivida radiactiva.	3	

Tema 14: Tecnología digital (8 horas)

Objetivo específico 8 y dimensión internacional: este tema muestra cómo muchos avances tecnológicos, que abarcan diversas aplicaciones, están basados en la física fundamental. Pueden discutirse las implicaciones para la sociedad del rápido ritmo de innovación tecnológica.

14.1 Señales analógicas y digitales

4 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
14.1.1	Resuelva problemas relacionados con la conversión entre números binarios y decimales.	3	Los alumnos deben conocer el término <i>bit</i> . Es necesario reconocer los conceptos <i>bit menos significativo</i> y <i>bit más significativo</i> . Los problemas se limitarán a un máximo de cinco bits en los números binarios.
14.1.2	Describa diferentes medios de almacenamiento de información tanto en forma analógica como digital.	2	Los alumnos pueden considerar discos de vinilo, cintas de cassette, disquetes, CD, DVD, etc.
14.1.3	Explique cómo se utiliza la interferencia de la luz para recuperar la información almacenada en un CD.	3	Los alumnos deben saber que la interferencia destructiva ocurre cuando la luz es reflejada en el borde de un pozo.
14.1.4	Calcule una profundidad apropiada para un pozo a partir de la longitud de onda de la luz láser.	2	
14.1.5	Resuelva problemas sobre CD y DVD relacionados con la capacidad de almacenamiento de datos.	3	
14.1.6	Discuta la ventaja del almacenamiento de información en forma digital en vez de analógica.	3	Los alumnos deben considerar la calidad, la reproducibilidad, la velocidad de acceso, así como la portabilidad y la manipulación de los datos almacenados.
14.1.7	Discuta las implicaciones para la sociedad de la creciente capacidad de almacenamiento de datos.	3	Los profesores deben considerar implicaciones morales, éticas, sociales, económicas y medioambientales.

14.2 Captura de datos; imágenes digitales usando dispositivos acoplados por carga (CCD)

4 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
14.2.1	Defina <i>capacitancia</i> .	1	
14.2.2	Describa la estructura de un dispositivo acoplado por carga (CCD).	2	Los alumnos deben saber que un CCD es un chip de silicio dividido en pequeñas áreas denominadas píxeles. Puede considerarse que cada píxel se comporta como un capacitor.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
14.2.3	Explique cómo la luz incidente hace que se genere una carga dentro del píxel.	3	Es necesario que los alumnos utilicen el efecto fotoeléctrico.
14.2.4	Resuma cómo se digitaliza la imagen en un CCD.	2	Sólo es necesario que los alumnos sepan que un electrodo mide la diferencia de potencial desarrollada a través de cada píxel y que ésta se convierte posteriormente en una señal digital. También se almacena la posición del píxel.
14.2.5	Defina <i>rendimiento cuántico</i> de un píxel.	1	El rendimiento cuántico es el cociente entre el número de fotoelectrones emitidos y el número de fotones que inciden sobre el píxel.
14.2.6	Defina <i>aumento</i> .	1	Es necesario que los alumnos sepan que el aumento es el cociente entre la longitud de la imagen en el CCD y la longitud del objeto.
14.2.7	Indique cómo dos puntos sobre un objeto pueden ser apenas resueltos en un CCD si las imágenes de los puntos están alejadas en al menos dos píxeles.	1	
14.2.8	Discuta los efectos del rendimiento cuántico, el aumento y la resolución sobre la calidad de la imagen procesada.	3	
14.2.9	Describa varios usos prácticos de un CCD, y enumere algunas ventajas en comparación con el uso de película.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que los CCD se utilizan para la captura de imágenes en un rango grande del espectro electromagnético. Deben considerar artículos tales como las cámaras digitales, las videocámaras, los telescopios, incluido el telescopio Hubble, y las imágenes de rayos X utilizadas en medicina.
14.2.10	Resuma cómo se recupera la imagen almacenada en un CCD.	2	
14.2.11	Resuelva problemas relacionados con el uso de CCD.	3	

Descripción detallada del programa de estudios: opciones del NM

Estas opciones sólo están disponibles en el NM.

Los temas A2–A6 son idénticos a los temas 11.1–11.5.

Los temas B1–B2 son idénticos a los temas 13.1–13.2.

Los temas C1–C2 son idénticos a los temas 14.1–14.2.

Los temas C3–C4 son idénticos a los temas F5–F6.

Los temas D1–D3 son idénticos a los temas H1–H3.

Los temas D4 y D5 son idénticos a los temas J1 y J3.

Opción A: Visión y fenómenos ondulatorios (15 horas)

Objetivo general 7: las simulaciones informáticas pueden ser muy útiles para ilustrar las diferentes ideas de esta opción.

A1 El ojo humano

3 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
A.1.1	Describa la estructura básica del ojo humano.	2	La estructura debe limitarse a aquellos rasgos que intervienen en el funcionamiento físico del ojo.
A.1.2	Indique y explique el proceso de profundidad de visión y de acomodación.	3	Esto abarca también el punto próximo y el punto remoto de la visión normal.
A.1.3	Indique cómo la retina contiene bastoncillos y conos, y describa su variación en densidad a través de la superficie de la retina.	2	
A.1.4	Describa la función de los bastoncillos y de los conos en la visión fotópica y escotópica.	2	Los alumnos deben ser capaces de representar e interpretar gráficas de respuesta espectral y dar una explicación del daltonismo.
A.1.5	Describa la mezcla de colores de luz mediante adición y sustracción.	2	Los alumnos deben ser capaces de “identificar” colores primarios y secundarios.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
A.1.6	Discuta el efecto de la luz y la oscuridad, y del color, en la percepción de los objetos.	3	Los alumnos deben considerar los efectos arquitectónicos de las luces y las sombras (por ejemplo, cómo las sombras profundas provocan una impresión de voluminosidad). El brillo puede utilizarse para dar una impresión de "calor" (por ejemplo, los tintes azules son fríos) o para cambiar el tamaño aparente de una habitación (por ejemplo, los techos de colores claros hacen que la habitación parezca más alta). TdC: esto puede servir para una discusión sobre la percepción.

Fenómenos ondulatorios (los temas A2–A6 son idénticos a los temas 11.1–11.5).

A2 Ondas estacionarias

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
A.2.1	Describa la naturaleza de las ondas estacionarias.	2	Los alumnos deben considerar el transporte de energía, la amplitud y la fase.
A.2.2	Explique la formación de ondas estacionarias unidimensionales.	3	Los alumnos deben comprender qué se entiende por <i>nodos</i> y <i>antinodos</i> .
A.2.3	Discuta los modos de vibración de las cuerdas y del aire en tuberías abiertas y cerradas.	3	Al modo de menor frecuencia se le conoce como <i>primer armónico</i> o <i>armónico fundamental</i> . No se empleará el término <i>sobretono</i> .
A.2.4	Compare las ondas estacionarias con las ondas progresivas.	3	
A.2.5	Resuelva problemas relacionados con las ondas estacionarias.	3	

A3 El efecto Doppler

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
A.3.1	Describa qué se entiende por <i>efecto Doppler</i> .	2	
A.3.2	Explique el efecto Doppler en relación con los diagramas de frentes de onda, para las situaciones en las que se desplaza el observador o la fuente.	3	
A.3.3	Aplique las ecuaciones del efecto Doppler para el sonido.	2	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
A.3.4	Resuelva problemas de efecto Doppler para el sonido.	3	Los problemas no incluirán situaciones en las que se desplacen tanto el observador como la fuente.
A.3.5	Resuelva problemas de efecto Doppler para las ondas electromagnéticas, utilizando la aproximación $\Delta f = \frac{v}{c} f .$	3	Los alumnos deben ser conscientes de que la aproximación puede utilizarse sólo cuando $v \ll c$.
A.3.6	Resuma un ejemplo en el que se utilice el efecto Doppler para medir la velocidad.	2	Entre los ejemplos pertinentes estarían medidas de flujo sanguíneo y de velocidades de vehículos.

A4 Difracción

1 hora

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Difracción en una sola rendija			
A.4.1	Represente la variación con el ángulo de difracción de la intensidad relativa de la luz difractada en una sola rendija.	3	
A.4.2	Deduzca la fórmula $\theta = \frac{\lambda}{b}$ para la posición del primer mínimo del patrón de difracción producido en una sola rendija.	3	
A.4.3	Resuelva problemas relacionados con difracción por una sola rendija.	3	

A5 Resolución

4 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
A.5.1	Represente la variación con el ángulo de difracción de la intensidad relativa de la luz emitida por dos fuentes puntuales que ha sido difractada en una sola rendija.	3	Los alumnos deben representar la variación en los casos en que los patrones de difracción están bien resueltos, apenas resueltos y no resueltos.
A.5.2	Indique el enunciado del criterio de Rayleigh para que dos fuentes estén apenas resueltas.	1	Los alumnos deben saber que el criterio para una abertura circular es $\theta = 1,22 \frac{\lambda}{b} .$
A.5.3	Describa la relevancia de la resolución en el desarrollo de aparatos tales como los CD o DVD, los microscopios electrónicos y los radiotelescopios.	2	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
A.5.4	Resuelva problemas relacionados con la resolución.	3	Los problemas pueden abarcar tanto la vista humana como instrumentos ópticos.

A6 Polarización

3 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
A.6.1	Describa qué se entiende por <i>luz polarizada</i> .	2	
A.6.2	Describa la polarización por reflexión.	2	Esto puede ilustrarse mediante luz o microondas. Debe mencionarse el uso de gafas de sol polarizadas.
A.6.3	Indique el enunciado de la ley de Brewster y aplíquelo.	2	
A.6.4	Explique los términos <i>polarizador</i> y <i>analizador</i> .	3	
A.6.5	Calcule la intensidad de un haz transmitido de luz polarizada utilizando la ley de Malus.	2	
A.6.6	Describa qué se entiende por una <i>sustancia ópticamente activa</i> .	2	Los alumnos deben ser conscientes de que tales sustancias hacen rotar el plano de polarización.
A.6.7	Describa el uso de la polarización en la determinación de la concentración de ciertas disoluciones.	2	
A.6.8	Resuma cualitativamente cómo se puede usar la polarización en el análisis de esfuerzos.	2	
A.6.9	Resuma cualitativamente el funcionamiento de las pantallas de cristal líquido (LCD).	2	Objetivo general 8: puede mencionarse el uso de pantallas de cristal líquido en una amplia variedad de aplicaciones y dispositivos.
A.6.10	Resuelva problemas relacionados con la polarización de la luz.	3	

Opción B: Física cuántica y física nuclear (15 horas)

TdC: esta opción plantea problemas filosóficos fundamentales relacionados con la naturaleza de la observación y la medición. Aquí puede desarrollarse el concepto de *cambio de paradigma*.

Los temas B1–B2 son idénticos a los temas 13.1–13.2.

B1 Física cuántica

10 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
La naturaleza cuántica de la radiación			
B.1.1	Describa el efecto fotoeléctrico.	2	
B.1.2	Describa el concepto del fotón y utilícelo para explicar el efecto fotoeléctrico.	3	Los alumnos deben ser capaces de explicar por qué el modelo ondulatorio de la luz es incapaz de explicar el efecto fotoeléctrico, y deben ser capaces también de describir y explicar el modelo de Einstein.
B.1.3	Describa y explique un experimento que compruebe el modelo de Einstein.	3	Un buen ejemplo es el experimento de Millikan, en el que se aplica un potencial de frenado.
B.1.4	Resuelva problemas relacionados con el efecto fotoeléctrico.	3	
La naturaleza ondulatoria de la materia			
B.1.5	Describa la hipótesis de De Broglie y el concepto de ondas de materia.	2	Los alumnos deben conocer, también, la dualidad onda-partícula (la naturaleza dual de ambas, radiación y materia).
B.1.6	Resuma un experimento que verifique la hipótesis de De Broglie.	2	Basta con un resumen breve del experimento de Davisson-Germer.
B.1.7	Resuelva problemas relacionados con las ondas de materia.	3	Por ejemplo, los alumnos deben ser capaces de calcular la longitud de onda de los electrones acelerados mediante una diferencia de potencial dada.
Espectros atómicos y estados de energía atómicos			
B.1.8	Resuma un procedimiento de laboratorio para producir y observar espectros atómicos.	2	Los alumnos deben ser capaces de resumir procedimientos para espectros tanto de emisión como de absorción. No se requieren datos del espectrómetro.
B.1.9	Explique cómo los espectros atómicos de líneas constituyen una prueba de la cuantización de la energía en los átomos.	3	Basta con una explicación en términos de las diferencias de energía entre los estados energéticos permitidos para los electrones.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
B.1.10	Calcule las longitudes de onda de las líneas espectrales a partir de las diferencias entre los niveles de energía, y viceversa.	2	Objetivo general 7: las simulaciones informáticas que muestran el vínculo entre las transiciones de nivel de energía y las líneas espectrales pueden ayudar a la comprensión.
B.1.11	Explique el origen de los niveles de energía atómica en función del modelo de "electrón en una caja".	3	El modelo asume que, si un electrón se encuentra confinado a moverse en una sola dimensión por una caja, las ondas de De Broglie asociadas con el electrón serán ondas estacionarias de longitud de onda $\frac{2L}{n}$ donde L es la longitud de la caja y n es un entero positivo. Los alumnos deben ser capaces de mostrar que la energía cinética E_c del electrón en la caja es $\frac{n^2 h^2}{8m_e L^2}$.
B.1.12	Resuma el modelo de Schrödinger del átomo de hidrógeno.	2	El modelo supone que los electrones atómicos pueden describirse por funciones de onda. El electrón tiene una posición no definida, pero el cuadrado de la amplitud de la función de onda proporciona la probabilidad de encontrar al electrón en un punto concreto.
B.1.13	Resuma el principio de incertidumbre de Heisenberg en relación con la posición y el momento, y con el tiempo y la energía.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que las cantidades conjugadas, posición-momento y tiempo-energía, no pueden ser conocidas a la vez con exactitud. Deben conocer la relación entre el principio de incertidumbre y la hipótesis de De Broglie. Por ejemplo, los alumnos deben saber que si una partícula tiene una longitud de onda de De Broglie definida de manera única, entonces su momento se conoce con exactitud pero se pierde todo conocimiento de su posición.

B2 Física nuclear

5 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
B.2.1	Explique cómo pueden estimarse los radios de los núcleos, a partir de experimentos de dispersión de partículas cargadas.	3	Basta con utilizar la conservación de la energía en los experimentos de dispersión de Coulomb, para determinar la distancia de máximo acercamiento.
B.2.2	Describa cómo pueden determinarse las masas de los núcleos utilizando un espectrómetro de masas de Bainbridge.	2	Los alumnos deben ser capaces de dibujar un diagrama esquemático del espectrómetro de masas de Bainbridge, pero no es preciso dar detalles del experimento. Asimismo, deben darse cuenta de que los valores de masa nuclear constituyen una prueba de la existencia de isótopos.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
B.2.3	Describa una prueba de la existencia de niveles de energía nucleares.	2	Por ejemplo, las partículas alfa (α) producidas en la desintegración de un núcleo tienen energías discretas; los espectros de rayos gamma (γ) son discretos. Los alumnos deben darse cuenta de que el núcleo, al igual que el átomo, es un sistema cuántico y, como tal, tiene niveles de energía discretos.
Desintegración radiactiva			
B.2.4	Describa la desintegración β^+ , mencionando la existencia del neutrino.	2	Los alumnos deben saber que los espectros de energía de ambos tipos de desintegración β son continuos, y que el neutrino se postuló para explicar estos espectros.
B.2.5	Indique el enunciado de la ley de desintegración radiactiva como una función exponencial y defina la <i>constante de desintegración</i> .	1	Los alumnos deben saber que la constante de desintegración se define como la probabilidad de desintegración de un núcleo por unidad de tiempo.
B.2.6	Deduzca la relación entre la constante de desintegración y la semivida.	3	
B.2.7	Resuma métodos para medir la semivida de un isótopo.	2	Los alumnos deben conocer los principios para medir semividas largas y cortas.
B.2.8	Resuelva problemas relacionados con la semivida radiactiva.	3	

Opción C: Tecnología digital (15 horas)

Objetivo específico 8 y dimensión internacional: este tema muestra cómo muchos avances tecnológicos, que abarcan diversas aplicaciones, están basados en la física fundamental. Pueden discutirse las implicaciones para la sociedad del rápido ritmo de innovación tecnológica.

Los temas C1–C2 son idénticos a los temas 14.1–14.2.

C1 Señales analógicas y digitales

4 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
C.1.1	Resuelva problemas relacionados con la conversión entre números binarios y decimales.	3	Los alumnos deben conocer el término <i>bit</i> . Es necesario reconocer los conceptos <i>bit menos significativo</i> y <i>bit más significativo</i> . Los problemas se limitarán a un máximo de cinco bits en los números binarios.
C.1.2	Describa diferentes medios de almacenamiento de información tanto en forma analógica como digital.	2	Los alumnos pueden considerar discos de vinilo, cintas de cassette, disquetes, CD, DVD, etc.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
C.1.3	Explique cómo se utiliza la interferencia de la luz para recuperar la información almacenada en un CD.	3	Los alumnos deben saber que la interferencia destructiva ocurre cuando la luz es reflejada en el borde de un pozo.
C.1.4	Calcule una profundidad apropiada para un pozo a partir de la longitud de onda de la luz láser.	2	
C.1.5	Resuelva problemas sobre CD y DVD relacionados con la capacidad de almacenamiento de datos.	3	
C.1.6	Discuta la ventaja del almacenamiento de información en forma digital en vez de analógica.	3	Los alumnos deben considerar la calidad, la reproducibilidad, la velocidad de acceso, así como la portabilidad y la manipulación de los datos almacenados.
C.1.7	Discuta las implicaciones para la sociedad de la creciente capacidad de almacenamiento de datos.	3	Los profesores deben considerar implicaciones morales, éticas, sociales, económicas y medioambientales.

C2 Captura de datos; imágenes digitales usando dispositivos acoplados por carga (CCD)

4 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
C.2.1	Defina <i>capacitancia</i> .	1	
C.2.2	Describa la estructura de un dispositivo acoplado por carga (CCD).	2	Los alumnos deben saber que un CCD es un chip de silicio dividido en pequeñas áreas denominadas píxeles. Puede considerarse que cada píxel se comporta como un capacitor.
C.2.3	Explique cómo la luz incidente hace que se genere una carga dentro del píxel.	3	Es necesario que los alumnos utilicen el efecto fotoeléctrico.
C.2.4	Resuma cómo se digitaliza la imagen en un CCD.	2	Sólo es necesario que los alumnos sepan que un electrodo mide la diferencia de potencial desarrollada a través de cada píxel y que ésta se convierte posteriormente en una señal digital. También se almacena la posición del píxel.
C.2.5	Defina <i>rendimiento cuántico</i> de un píxel.	1	El rendimiento cuántico es el cociente entre el número de fotoelectrones emitidos y el número de fotones que inciden sobre el píxel.
C.2.6	Defina <i>aumento</i> .	1	Es necesario que los alumnos sepan que el aumento es el cociente entre la longitud de la imagen en el CCD y la longitud del objeto.
C.2.7	Indique cómo dos puntos sobre un objeto pueden ser apenas resueltos en un CCD si las imágenes de los puntos están alejadas en al menos dos píxeles.	1	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
C.2.8	Discuta los efectos del rendimiento cuántico, el aumento y la resolución sobre la calidad de la imagen procesada.	3	
C.2.9	Describa varios usos prácticos de un CCD, y enumere algunas ventajas en comparación con el uso de película.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que los CCD se utilizan para la captura de imágenes en un rango grande del espectro electromagnético. Deben considerar artículos tales como las cámaras digitales, las videocámaras, los telescopios, incluido el telescopio Hubble, y las imágenes de rayos X utilizadas en medicina.
C.2.10	Resume cómo se recupera la imagen almacenada en un CCD.	2	
C.2.11	Resuelva problemas relacionados con el uso de CCD.	3	

Los temas C3–C4 son idénticos a los temas F5–F6.

C3 Electrónica

5 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
C.3.1	Indique las propiedades de un amplificador operacional (AO).	1	
C.3.2	Dibuje diagramas de circuito para amplificadores, tanto inversores como no inversores (de entrada única), que incorporen amplificadores operacionales.	1	
C.3.3	Deduzca una expresión para la ganancia de un amplificador inversor y para un amplificador no inversor.	3	Los alumnos deben ser conscientes de la aproximación de tierra virtual.
C.3.4	Describa el empleo de un amplificador operacional como comparador.	2	Se espera que los alumnos dibujen los circuitos apropiados. Los dispositivos de salida para los circuitos comparadores pueden incluir diodos emisores de luz (LED) y alarmas.
C.3.5	Describa el uso de un disparador de Schmitt para la regeneración de pulsos digitales.	2	
C.3.6	Resuelva problemas relacionados con circuitos que incorporan amplificadores operacionales.	3	

C4 El sistema de telefonía móvil

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
C.4.1	Indique cómo cada región se divide en varias celdas o células (cada una con su estación base) a las que se asigna un rango de frecuencias.	1	Los alumnos deben saber que las frecuencias se asignan de tal modo que se eviten solapamientos de celdas.
C.4.2	Describa el papel de la comunicación celular y la red telefónica conmutada pública (RTC) en las comunicaciones, utilizando teléfonos móviles.	2	Se debe comprender el papel de la comunicación celular en la selección y el seguimiento de las estaciones base y la asignación de canales.
C.4.3	Discuta el empleo de teléfonos móviles en la comunicación multimedia.	3	
C.4.4	Discuta los aspectos morales, éticos, económicos, medioambientales e internacionales que se derivan del uso de teléfonos móviles.	3	

Opción D: Relatividad y física de partículas (15 horas)

TdC: esta opción ofrece una oportunidad de introducir el concepto de cambio de paradigma en relación con la comprensión científica. Aquí es crucial el papel de las teorías y su comprobación mediante los experimentos. El significado del tiempo, los conceptos de dilatación temporal y contracción de longitudes, así como el valor absoluto de la velocidad de las ondas electromagnéticas, son ideas interesantes para el debate.

Relatividad (los temas D1–D3 son idénticos a los temas H1–H3).

D1 Introducción a la relatividad

1 hora

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Sistemas de referencia			
D.1.1	Describa qué se entiende por <i>sistema de referencia</i> .	2	
D.1.2	Describa qué significa la transformación de Galileo.	2	
D.1.3	Resuelva problemas relacionados con las velocidades relativas, usando las ecuaciones de la transformación de Galileo.	3	

D2 Conceptos y postulados de la relatividad especial

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
D.2.1	Describa qué se entiende por <i>sistema inercial de referencia</i> .	2	
D.2.2	Indique el enunciado de los dos postulados de la teoría especial de la relatividad.	1	
D.2.3	Discuta el concepto de simultaneidad.	3	Los alumnos deben saber que dos sucesos que ocurren en diferentes puntos del espacio, y que son simultáneos para un observador, no pueden ser simultáneos para otro observador en un sistema de referencia diferente.

D3 Cinemática relativista

5 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Dilatación del tiempo			
D.3.1	Describa el concepto de <i>reloj de luz</i> .	2	Basta con una descripción muy sencilla. Por ejemplo, un haz de luz reflejado entre dos espejos paralelos puede utilizarse para medir el tiempo.
D.3.2	Defina <i>intervalo de tiempo propio</i> .	1	
D.3.3	Deduzca la fórmula de la dilatación temporal.	3	Los alumnos deben ser capaces de elaborar una prueba sencilla de la fórmula de dilatación temporal, basándose en el concepto de reloj de luz y en los postulados de la relatividad.
D.3.4	Esquematice y anote una gráfica que muestre la variación con la velocidad relativa del factor de Lorentz.	3	
D.3.5	Resuelva problemas relacionados con la dilatación temporal.	3	
Contracción de longitud			
D.3.6	Defina <i>longitud propia</i> .	1	
D.3.7	Describa el fenómeno de la contracción de longitud.	2	No se pide la deducción de la fórmula de la contracción de longitud.
D.3.8	Resuelva problemas relacionados con la contracción de longitud.	3	

Partículas (los temas D4 y D5 son idénticos a los temas J1 y J3).

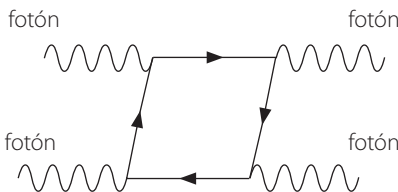
D4 Partículas e interacciones

5 horas

Todo el material de D4 y D5 está recogido en un CD-ROM gratuito producido por el CERN (el Consejo Europeo para la Investigación Nuclear) y también está disponible en el sitio web del CERN. En D4 y D5 se supone que todas las masas son masas en reposo.

TdC: D4 y D5 contienen una gran cantidad de material para el debate; por ejemplo, la naturaleza de la observación, el significado de la medición y el significado de las pruebas. Otro asunto fascinante es la manera en que los avances en un campo pueden conducir a hitos en otro campo; por ejemplo, la física de partículas y la cosmología.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Descripción y clasificación de las partículas			
D.4.1	Indique qué se entiende por <i>partícula elemental</i> .	1	Se llama elementales a las partículas que no tienen estructura interna, es decir, que no están formadas por constituyentes más pequeños.
D.4.2	Identifique las partículas elementales.	2	Las clases de partículas elementales son los quarks, los leptones y las partículas de intercambio. La partícula de Higgs podría ser elemental.
D.4.3	Describa las partículas en términos de la masa y de varios números cuánticos.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que las partículas (tanto elementales como compuestas) se clasifican de acuerdo con sus masas y varios números cuánticos. Deben tener en cuenta la carga eléctrica, el espín, la extrañeza, el color, el número leptónico y el número bariónico.
D.4.4	Clasifique las partículas según su espín.	1	
D.4.5	Indique qué se entiende por <i>antipartícula</i> .	1	
D.4.6	Indique el enunciado del principio de exclusión de Pauli.	1	
Interacciones fundamentales			
D.4.7	Enumere las interacciones fundamentales.	1	Desde comienzos de los años setenta, se ha demostrado que las interacciones electromagnética y débil son dos aspectos de una misma interacción, la interacción débil.
D.4.8	Describa las interacciones fundamentales en términos de las partículas de intercambio.	2	
D.4.9	Discuta el principio de incertidumbre para el tiempo y la energía, en el contexto de la creación de partículas.	3	Basta con una discusión sencilla en términos de una partícula que es creada con energía y que existe durante no más de un tiempo Δt dado por $\Delta E \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}.$

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Diagramas de Feynman			
D.4.10	Describa qué se entiende por un <i>diagrama de Feynman</i> .	2	
D.4.11	Discuta cómo un diagrama de Feynman puede utilizarse para calcular las probabilidades de los procesos fundamentales.	3	No es necesario tener presentes los valores numéricos de las fuerzas de interacción.
D.4.12	Describa qué se entiende por <i>partículas virtuales</i> .	2	
D.4.13	Aplique la fórmula de rango R para las interacciones que implican intercambio de partícula.	2	Entre las aplicaciones se encuentra la predicción de Yukawa del pión o la determinación de las masas de los W^\pm , Z^0 a partir del conocimiento del rango de la interacción débil.
D.4.14	Describa la <i>aniquilación</i> y la <i>producción de pares</i> mediante diagramas de Feynman.	2	
D.4.15	Prediga procesos de partículas utilizando diagramas de Feynman.	3	Por ejemplo, la interacción electromagnética conduce a la dispersión fotón-fotón, es decir, la dispersión de la luz por la luz. Las partículas en el bucle son electrones o positrones. 

D5 Quarks

2 horas

Todo el material de D4 y D5 está recogido en un CD-ROM gratuito producido por el CERN (también disponible en el sitio web del CERN). En D4 y D5 se supone que todas las masas son masas en reposo.

TdC: D4 y D5 contienen una gran cantidad de material para el debate; por ejemplo, la naturaleza de la observación, el significado de la medición y el significado de las pruebas. Otro asunto fascinante es la manera en que los avances en un campo pueden conducir a hitos en otros campos; por ejemplo, la física de partículas y la cosmología.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
D.5.1	Enumere los seis tipos de quark.	1	
D.5.2	Indique el contenido, en términos de quarks y antiquarks, de los hadrones (es decir, bariones y mesones).	1	
D.5.3	Indique el contenido en quarks del protón y del neutrón.	1	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
D.5.4	Defina <i>número bariónico</i> y aplique la ley de conservación del número bariónico.	2	Los alumnos deben saber que el número bariónico se conserva en todas las reacciones.
D.5.5	Deduzca la estructura de espín de los hadrones (es decir, bariones y mesones).	3	Sólo se pide una discusión elemental en términos de espín "arriba" y "abajo".
D.5.6	Explique la necesidad del color para formar estados ligados de quarks.	3	Los alumnos deben percatarse de que el color es necesario para satisfacer el principio de exclusión de Pauli. El hecho de que los hadrones no tengan color es una consecuencia del confinamiento.
D.5.7	Indique el color de los quarks y los gluones.	1	
D.5.8	Resuma el concepto de extrañeza.	2	Basta con que los alumnos sepan que la extrañeza de un hadrón es el número de antiquarks <i>extraño</i> menos el número de quarks <i>extraño</i> que contiene. Los alumnos deben ser conscientes de que la extrañeza se conserva en las interacciones fuerte y electromagnética, pero no siempre en las interacciones débiles.
D.5.9	Discuta el confinamiento de quarks.	3	Los alumnos deben saber que no se pueden observar quarks ni gluones (es decir, partículas sin color) aislados. La interacción fuerte (color) aumenta con la distancia. Cuando a un hadrón se le suministra suficiente energía como para aislar un quark, se producen más hadrones.
D.5.10	Discuta la interacción que mantiene unidos los nucleones en función de la fuerza de color entre quarks.	3	Basta con saber que la interacción entre nucleones es la interacción residual entre los quarks en los nucleones, y que se trata de una interacción de corto alcance.

Descripción detallada del programa de estudios: opciones del NM y del NS

Los alumnos del NM estudian los temas troncales de estas opciones, mientras que los del NS estudian la opción completa (los temas troncales más los temas de ampliación).

Opción E: Astrofísica (15/22 horas)

El sitio web de la Agencia Espacial Europea contiene material escrito específicamente para esta opción (véase el CPEL para más detalles).

Objetivo general 7: esta opción ofrece amplias posibilidades para el uso de TIC. Pueden evaluarse bases de datos astronómicas, y se pueden utilizar para la docencia y el aprendizaje simulaciones que representen los procesos astronómicos. Pueden utilizarse hojas de cálculo para modelar sucesos astronómicos. Los sitios web de las grandes organizaciones espaciales contienen mucho material útil.

Objetivo general 8: pueden discutirse las implicaciones éticas del coste de la investigación espacial.

Dimensión internacional: esos sitios web pueden utilizarse también para ilustrar el carácter internacional de la colaboración y la investigación en términos, por ejemplo, de telescopios y misiones espaciales.

TdC: esta opción también ofrece amplias posibilidades de discusión sobre las teorías científicas (sobre la naturaleza y el origen del universo) y sobre cómo tales teorías son desarrolladas y aceptadas o abandonadas.

Los temas E1–E4 son **troncales** en el NM y el NS (15 horas).

Los temas E5–E6 son de **ampliación** sólo en el NS (7 horas).

E1 Introducción al universo

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
El sistema solar y más allá			
E.1.1	Resuma la estructura general del sistema solar.	2	Los alumnos deben saber que los planetas giran en torno al Sol en elipses y que los satélites giran en torno a los planetas (no se exigen detalles de las leyes de Kepler). También deben conocer los nombres de los planetas, sus tamaños comparativos y distancias relativas al Sol, la naturaleza de los cometas, así como la naturaleza y ubicación del cinturón de asteroides.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
E.1.2	Distinga cúmulo estelar de constelación.	2	
E.1.3	Defina <i>año luz</i> .	1	
E.1.4	Compare la distancia relativa entre estrellas de una galaxia, y entre galaxias, en términos de su orden de magnitud.	3	
E.1.5	Describa el movimiento aparente de las estrellas/constelaciones a lo largo de una noche, y a lo largo de un año. Explique este movimiento en términos de la rotación de la Tierra y de su movimiento de traslación alrededor del Sol.	3	Lo anterior constituye el fundamento básico de la paralaje estelar. No se requieren otro tipo de consideraciones, como por ejemplo las referidas a estaciones o movimientos de los planetas.

E2 Radiación estelar y tipos de estrellas

4 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Fuente de energía			
E.2.1	Indique que la fusión es la fuente fundamental de energía de las estrellas.	1	Los alumnos deben saber que el proceso básico consiste en la conversión de hidrógeno en helio. No es preciso conocer la fusión de elementos con número de protones superior.
E.2.2	Explique que en una estrella estable (por ejemplo, nuestro Sol) hay equilibrio entre la presión de radiación y la gravitatoria.	3	
Luminosidad			
E.2.3	Defina la <i>luminosidad</i> de una estrella.	1	
E.2.4	Defina el <i>brillo aparente</i> e indique cómo puede medirse.	1	
Leyes de Wien y de Stefan-Boltzmann			
E.2.5	Aplique la ley de Stefan-Boltzmann para comparar las luminosidades de diferentes estrellas.	2	
E.2.6	Indique el enunciado de la ley del desplazamiento de Wien y aplíquela para explicar la relación entre el color y la temperatura de las estrellas.	2	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Espectros estelares			
E.2.7	Explique cómo pueden usarse los espectros atómicos para obtener datos físico-químicos de las estrellas.	3	Los alumnos deben mostrar una comprensión cualitativa del efecto Doppler tal como se aplica a la luz, incluidos los términos <i>desplazamiento al rojo</i> y <i>desplazamiento al azul</i> .
E.2.8	Describa el sistema de clasificación general de clases espectrales.	2	Sólo es necesario referirse a las principales clases espectrales (OBAFGKM).
Tipos de estrellas			
E.2.9	Describa los diferentes tipos de estrellas.	2	Los alumnos deben referirse únicamente a estrellas aisladas, binarias, cefeidas, gigantes rojas, supergigantes rojas y enanas blancas. No se exige conocer los diferentes tipos de cefeidas.
E.2.10	Discuta las características de las estrellas binarias espectroscópicas y eclipsantes.	3	
El diagrama de Hertzsprung-Russell			
E.2.11	Identifique las regiones generales de estrellas tipo sobre un diagrama de Hertzsprung-Russell (HR).	2	Debe mostrarse la localización de la secuencia principal, las gigantes rojas, las supergigantes rojas, las enanas blancas y las cefeidas, indicando las escalas de luminosidad y/o magnitud absoluta, la clase espectral y/o la temperatura superficial. Los alumnos deben ser conscientes de que la escala no es lineal. Los alumnos deben saber que la masa de las estrellas de la secuencia principal depende de su posición en el diagrama de HR.

E3 Distancias estelares

5 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Método de la paralaje			
E.3.1	Defina <i>parsec</i> .	1	
E.3.2	Describa el método de la paralaje estelar para determinar la distancia a una estrella.	2	
E.3.3	Explique por qué el método de la paralaje estelar está limitado a mediciones de distancias estelares inferiores a varios cientos de parsecs.	3	
E.3.4	Resuelva problemas relacionados con la paralaje estelar.	3	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Magnitud absoluta y magnitud aparente			
E.3.5	Describa la escala de magnitudes aparentes.	2	Los alumnos deben saber que la magnitud aparente depende de la luminosidad de la estrella y de la distancia a la que se encuentra. También deben entender que una estrella de magnitud 1 es 100 veces más brillante que otra de magnitud 6.
E.3.6	Defina <i>magnitud absoluta</i> .	1	
E.3.7	Resuelva problemas relacionados con la magnitud aparente, la magnitud absoluta y la distancia.	3	
E.3.8	Resuelva problemas relacionados con el brillo aparente y con la magnitud aparente.	3	
La paralaje espectroscópica			
E.3.9	Indique que la luminosidad de una estrella puede estimarse a partir de su espectro.	1	
E.3.10	Explique cómo la distancia estelar puede determinarse utilizando el brillo y la luminosidad aparentes.	3	
E.3.11	Indique que el método de la paralaje espectroscópica está limitado a mediciones de distancias estelares inferiores a 10 Mpc.	1	
E.3.12	Resuelva problemas relacionados con distancias estelares, brillo y luminosidad aparentes.	3	
Variables cefeidas			
E.3.13	Resuma la naturaleza de una estrella variable cefeida.	2	Los alumnos deben saber que una estrella variable cefeida es una estrella cuyas capas exteriores experimentan expansiones y contracciones periódicas, que producen una variación periódica en su luminosidad.
E.3.14	Indique la relación entre el período y la magnitud absoluta media, para las variables cefeidas.	1	
E.3.15	Explique cómo pueden usarse las variables cefeidas como "faros estándar".	3	Basta con que los alumnos sepan que si se puede localizar una variable cefeida en una galaxia concreta, entonces puede determinarse la distancia a la galaxia.
E.3.16	Determine la distancia a una variable cefeida, a partir de la relación luminosidad-período.	3	

E4 Cosmología

4 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
La paradoja de Olbers			
E.4.1	Describa el modelo newtoniano del universo.	2	Los alumnos deben saber que Newton supuso que el universo era infinito (en el espacio y en el tiempo), uniforme y estático.
E.4.2	Explique la paradoja de Olbers.	3	Usando la ley de la inversa del cuadrado para la luminosidad, los alumnos deben ser capaces de mostrar cualitativamente que el modelo newtoniano de universo conduce a la idea de que el cielo nunca puede ser oscuro.
El modelo del Big Bang			
E.4.3	Sugiera que el desplazamiento hacia el rojo de la luz procedente de las galaxias indica que el universo se está expandiendo.	3	
E.4.4	Describa el origen del espacio y el tiempo en el Big Bang.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que el universo no está expandiéndose en un vacío.
E.4.5	Describa el descubrimiento de la radiación de fondo cósmico de microondas por Penzias y Wilson.	2	
E.4.6	Explique cómo la radiación cósmica en la región de las microondas es compatible con el modelo del Big Bang.	3	Basta con una sencilla explicación en términos del enfriamiento del universo.
E.4.7	Sugiera cómo el modelo del Big Bang proporciona una solución a la paradoja de Olbers.	3	
La evolución del universo			
E.4.8	Distinga entre los términos <i>abierto</i> , <i>plano</i> y <i>cerrado</i> , cuando se usan para describir la evolución del universo.	2	
E.4.9	Defina el término <i>densidad crítica</i> , vinculándolo a un modelo plano de la evolución del universo.	1	
E.4.10	Discuta cómo la densidad del universo determina su evolución.	3	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
E.4.11	Discuta problemas asociados con la determinación de la densidad del universo.	3	Este apartado se incluye para dar una idea a los alumnos de la compleja naturaleza actual de la investigación en curso. Los alumnos deben ser capaces de discutir observaciones relevantes y explicaciones posibles. Deben reconocer que, como ocurre con otros muchos aspectos de nuestro universo, una parte grande de los fenómenos no se entiende bien en la actualidad. Los profesores deben mencionar la materia oscura, los objetos MACHO y los objetos WIMP.
E.4.12	Indique que, actualmente las pruebas científicas apuntan a que el universo es abierto.	1	
E.4.13	Discuta un ejemplo del carácter internacional de la investigación astrofísica reciente.	3	Basta con que los alumnos resuman cualquier proyecto astrofísico financiado por más de un país.
E.4.14	Evalúe diferentes argumentos relacionados con la inversión de recursos significativos en la investigación sobre la naturaleza del universo.	3	Los alumnos deben ser capaces de demostrar su capacidad para comprender los aspectos implicados en la decisión de prioridades para la investigación científica, así como su capacidad para expresar sus propias opiniones con coherencia.

NS E5 Procesos estelares y evolución de las estrellas

4 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Nucleosíntesis			
E.5.1	Describa las condiciones bajo las cuales se inicia la fusión en una estrella.	2	
E.5.2	Indique el efecto de la masa de una estrella sobre el producto final de la fusión nuclear.	1	
E.5.3	Resuma los cambios que tienen lugar en la nucleosíntesis, cuando una estrella abandona la secuencia principal y se transforma en una gigante roja.	2	Los alumnos necesitan conocer de manera esquemática los procesos de fusión del helio y del silicio hasta formar hierro.
Trazas evolutivas estelares y procesos estelares			
E.5.4	Aplice la relación masa–luminosidad.	2	
E.5.5	Explique cómo se usan los límites de Chandrasekhar y Oppenheimer-Volkoff para predecir el destino de estrellas de masas diferentes.	3	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
E.5.6	Compare las etapas en la vida de una gigante roja y de una supergigante roja.	3	Los alumnos deben saber que: <ul style="list-style-type: none"> • una gigante roja forma una nebulosa planetaria, transformándose en una enana blanca • una enana blanca es estable debido a la presión de degeneración de los electrones • una supergigante roja explota como supernova, y se transforma en una estrella de neutrones o colapsa dando lugar a un agujero negro • una estrella de neutrones es estable debido a la presión de degeneración de los neutrones.
E.5.7	Dibuje trazas evolutivas de estrellas sobre un diagrama HR.	1	
E.5.8	Resuma las características de los púlsares.	2	

NS E6 Las galaxias y el universo en expansión

3 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Movimiento galáctico			
E.6.1	Describa la distribución de galaxias en el universo.	2	Los alumnos deben comprender los términos <i>cúmulo galáctico</i> y <i>supercúmulo galáctico</i> .
E.6.2	Explique el desplazamiento hacia el rojo de la luz procedente de galaxias distantes.	3	Los alumnos deben darse cuenta de que el desplazamiento hacia el rojo se debe a la expansión del universo.
E.6.3	Resuelva problemas relacionados con el desplazamiento hacia el rojo y la velocidad de recesión de las galaxias.	3	
Ley de Hubble			
E.6.4	Indique el enunciado de la ley de Hubble.	1	
E.6.5	Discuta las limitaciones de la ley de Hubble.	3	
E.6.6	Explique cómo puede determinarse la constante de Hubble.	3	
E.6.7	Explique cómo puede utilizarse la constante de Hubble para estimar la edad del universo.	3	Los alumnos sólo necesitan considerar el caso de expansión a ritmo constante.
E.6.8	Resuelva problemas relacionados con la ley de Hubble.	3	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
E.6.9	Explique cómo la expansión del universo hizo posible la formación de núcleos ligeros y átomos.	3	Los alumnos deben ser conscientes de que, a las altísimas temperaturas del universo primitivo, sólo las partículas elementales (fundamentales) podían existir, y la expansión habría dado lugar al enfriamiento hasta temperaturas a las que los núcleos ligeros pueden ser estables.

Opción F: Comunicaciones (15/22 horas)

Los temas F1–F4 son **troncales** en el NM y el NS (15 horas).

Los temas F5–F6 son de **ampliación** sólo en el NS (7 horas).

F1 Radiocomunicación

5 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
F.1.1	Describa qué se entiende por la <i>modulación de una onda</i> .	2	Los alumnos deben ser conscientes de que, para que una onda transporte la información, la propia onda debe haber variado de alguna manera.
F.1.2	Distinga entre onda portadora y onda de señal.	2	
F.1.3	Describa la naturaleza de la modulación de amplitud (AM) y la modulación de frecuencia (FM).	2	Tanto para la AM como para la FM, los alumnos deben ser conscientes de cómo la onda portadora se ve modificada para transmitir la información de la onda de señal.
F.1.4	Resuelva problemas basados en la modulación de la onda portadora, para determinar la frecuencia y amplitud de la señal de información.	3	
F.1.5	Esquematice y analice gráficas del espectro de potencias de una onda portadora que se ve modulada en amplitud por una señal de frecuencia única.	3	
F.1.6	Defina qué se entiende por <i>frecuencias de banda lateral</i> y por <i>ancho de banda</i> .	1	
F.1.7	Resuelva problemas relacionados con las frecuencias de banda lateral y con el ancho de banda.	3	
F.1.8	Describa las ventajas y desventajas relativas de la AM y la FM para la transmisión y recepción de radio.	2	Los alumnos deben considerar la calidad, el ancho de banda, el alcance y el coste.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
F.1.9	Describa, mediante un diagrama de bloques, un receptor de radio de AM.	2	Los alumnos deben ser capaces de identificar y describir la función de cada bloque, incluidos la antena y el circuito de sintonización, el amplificador RF, el demodulador, el amplificador AF y el altavoz.

F2 Señales digitales

4 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
F.2.1	Resuelva problemas relacionados con la conversión entre números binarios y decimales.	3	Los alumnos deben conocer el término <i>bit</i> . Es necesario reconocer los conceptos <i>bit menos significativo</i> y <i>bit más significativo</i> . Los problemas se limitarán a un máximo de cinco bits en los números binarios.
F.2.2	Distinga entre señales analógicas y digitales.	2	
F.2.3	Indique las ventajas de la transmisión digital de la información, en comparación con la transmisión analógica.	1	
F.2.4	Describa, utilizando diagramas de bloques, los principios de la transmisión y recepción de señales digitales.	2	Los alumnos deben ser capaces de nombrar y señalar la función de cada bloque, incluidos muestreo y mantenimiento (<i>sample-and-hold</i>), reloj, convertor analógico-digital (ADC), convertor paralelo-serie, convertor serie-paralelo y convertor digital-analógico (DAC).
F.2.5	Explique la relevancia del número de bits y la velocidad de transferencia de datos (<i>bitrate</i>) para la reproducción de una señal transmitida.	3	
F.2.6	Describa qué se entiende por <i>multiplexación por división de tiempo</i> .	2	
F.2.7	Resuelva problemas relacionados con la conversión analógica-digital.	3	
F.2.8	Describa las consecuencias de la comunicación digital y de la multiplexación en las comunicaciones globales.	2	Los alumnos deben ser capaces de discutir costes y disponibilidad para el público en general, calidad de transmisión y el desarrollo de medios de comunicación e intercambio de datos tales como Internet.
F.2.9	Discuta los aspectos morales, éticos, económicos y medioambientales derivados del acceso a Internet.	3	

F3 Transmisión por fibra óptica

3 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
F.3.1	Explique qué se entiende por <i>ángulo crítico</i> y por <i>reflexión interna total</i> .	3	
F.3.2	Resuelva problemas relacionados con el índice de refracción y con el ángulo crítico.	3	
F.3.3	Aplice el concepto de la reflexión interna total a la transmisión de luz a lo largo de una fibra óptica.	2	Sólo se deben tomar en cuenta las fibras ópticas de índice escalonado.
F.3.4	Describa los efectos de la dispersión material y de la dispersión modal.	2	Los alumnos deben valorar los efectos de la dispersión sobre la frecuencia de los pulsos que pueden transmitirse y el desarrollo de fibras monomodo de índice escalonado.
F.3.5	Explique qué se entiende por atenuación y resuelva problemas relacionados con la atenuación, medida en decibelios (dB).	3	
F.3.6	Describa la variación con la longitud de onda de la atenuación de la radiación en el núcleo de una fibra monomodo.	2	Los alumnos deben estar familiarizados con la atenuación por unidad de longitud medida en dB km^{-1} . No se exigen valores específicos de atenuación.
F.3.7	Indique qué se entiende por <i>ruido</i> en una fibra óptica.	1	
F.3.8	Describa el papel de los amplificadores y los regeneradores en la transmisión por fibra óptica.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que la regeneración de señales digitales transmitidas a lo largo de una fibra óptica reduce los efectos del ruido.
F.3.9	Resuelva problemas relacionados con las fibras ópticas.	3	

F4 Canales de comunicación

3 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
F.4.1	Resuma diferentes canales de comunicación, incluidos pares de cobre, cables coaxiales, fibras ópticas, ondas de radio y comunicaciones por satélite.	2	
F.4.2	Discuta los usos y las ventajas y desventajas relativas de los pares de cobre, cables coaxiales, fibras ópticas y ondas de radio.	3	Los alumnos deben mencionar el ruido, la atenuación, el ancho de banda, el coste y la mano de obra.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
F.4.3	Indique qué se entiende por <i>satélite geoestacionario</i> .	1	
F.4.4	Indique el orden de magnitud de las frecuencias utilizadas para la comunicación con satélites geoestacionarios, y explique por qué son diferentes las frecuencias de subida y de bajada.	3	
F.4.5	Discuta las ventajas y desventajas relativas del uso de satélites geoestacionarios y de satélites de órbita polar para las comunicaciones.	3	La discusión debería incluir el seguimiento de satélites, alturas orbitales y cobertura.
F.4.6	Discuta los aspectos morales, éticos, económicos y medioambientales derivados de las comunicaciones por satélite.	3	

NS F5 Electrónica

5 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
F.5.1	Indique las propiedades de un amplificador operacional (AO).	1	
F.5.2	Dibuje diagramas de circuito para amplificadores, tanto inversores como no inversores (de entrada única), que incorporen amplificadores operacionales.	1	
F.5.3	Deduzca una expresión para la ganancia de un amplificador inversor y para un amplificador no inversor.	3	Los alumnos deben ser conscientes de la aproximación de tierra virtual.
F.5.4	Describa el empleo de un amplificador operacional como comparador.	2	Se espera que los alumnos dibujen los circuitos apropiados. Los dispositivos de salida para los circuitos comparadores pueden incluir diodos emisores de luz (LED) y alarmas.
F.5.5	Describa el uso de un disparador de Schmitt para la regeneración de pulsos digitales.	2	
F.5.6	Resuelva problemas relacionados con circuitos que incorporan amplificadores operacionales.	3	

NS F6 El sistema de telefonía móvil

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
F.6.1	Indique cómo cada región se divide en varias celdas o células (cada una con su estación base) a las que se asigna un rango de frecuencias.	1	Los alumnos deben saber que las frecuencias se asignan de tal modo que se eviten solapamientos de celdas.
F.6.2	Describa el papel de la comunicación celular y la red telefónica conmutada pública (RTC) en las comunicaciones, utilizando teléfonos móviles.	2	Se debe comprender el papel de la comunicación celular en la selección y el seguimiento de las estaciones base y la asignación de canales.
F.6.3	Discuta el empleo de teléfonos móviles en la comunicación multimedia.	3	
F.6.4	Discuta los aspectos morales, éticos, económicos, medioambientales e internacionales que se derivan del uso de teléfonos móviles.	3	

Opción G: Ondas electromagnéticas (15/22 horas)

Objetivo general 7: existen numerosas simulaciones informáticas de la interferencia, la difracción y otros fenómenos ondulatorios.

TdC: ésta es una buena oportunidad para mostrar cómo el concepto unificador de las ondas conduce a una síntesis muy potente.

Los temas G1–G4 son **troncales** en el NM y el NS (15 horas).

Los temas G5–G6 son de **ampliación** sólo en el NS (7 horas).

G1 Naturaleza de las ondas electromagnéticas y de las fuentes luminosas

4 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
La naturaleza y las propiedades de las ondas electromagnéticas			
G.1.1	Resuma la naturaleza de las ondas electromagnéticas.	2	Los alumnos deben saber que una carga eléctrica oscilante produce campos eléctricos y magnéticos variables. Asimismo, deben saber que las ondas electromagnéticas son ondas transversales y que todas tienen la misma velocidad en el vacío. Objetivo general 8 y TdC: los alumnos podrían considerar los posibles riesgos para la salud asociados con las líneas de transmisión.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
G.1.2	Describa las diferentes regiones del espectro electromagnético.	2	Los alumnos deben conocer el orden de magnitud de las frecuencias y longitudes de onda de diferentes regiones, y ser capaces de identificar una fuente para cada región.
G.1.3	Describa qué se entiende por <i>dispersión de ondas electromagnéticas</i> .	2	
G.1.4	Describa la dispersión de ondas electromagnéticas en función de la dependencia que tiene el índice de refracción respecto a la longitud de onda.	2	No se exige ninguna discusión cuantitativa.
G.1.5	Distinga entre transmisión, absorción y dispersión de la radiación.	2	
G.1.6	Discuta ejemplos de transmisión, absorción y dispersión de la radiación electromagnética.	2	Los alumnos deben estudiar el efecto de la atmósfera de la Tierra sobre la radiación electromagnética incidente. Esto conducirá a explicaciones simples del color azul del cielo, de las puestas y salidas de sol rojizas, del efecto de las capas de ozono, y del efecto del aumento de CO ₂ en la atmósfera. Esto enlaza con 8.5.6.
Láser			
G.1.7	Explique los términos <i>monocromático</i> y <i>coherente</i> .	3	
G.1.8	Identifique la luz del láser como una fuente de luz coherente.	2	
G.1.9	Resuma el mecanismo para la producción de la luz láser.	2	Los alumnos deben familiarizarse con el término <i>inversión de población</i> .
G.1.10	Resuma una aplicación del uso del láser.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que los láseres tienen muchas aplicaciones diferentes. Éstas pueden incluir: <ul style="list-style-type: none"> • aplicaciones médicas • comunicaciones • tecnología (escáner de códigos de barras, discos láser) • industria (topografía, soldadura y mecanizado de metales, perforación de pequeños agujeros en metales) • producción de CD • lectura y escritura de CD, DVD, etc.

G2 Instrumentos ópticos

6 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
G.2.1	Defina los términos <i>eje principal</i> , <i>punto focal</i> , <i>distancia focal</i> y <i>amplificación lineal</i> tal como se aplican a una lente convergente (convexa).	1	
G.2.2	Defina <i>potencia</i> de una <i>lente convexa</i> y <i>dioptría</i> .	1	
G.2.3	Defina <i>amplificación lineal</i> .	1	
G.2.4	Construya diagramas de rayos para localizar la imagen formada por una lente convexa.	3	Los alumnos deben comprender que todos los rayos procedentes del objeto que incidan sobre la lente serán enfocados, y que la imagen se formará incluso si parte de la lente estuviera cubierta.
G.2.5	Distinga una imagen real de una imagen virtual.	2	
G.2.6	Aplique el convenio de "real es positivo, y virtual es negativo" a la fórmula para la lente delgada.	2	
G.2.7	Resuelva problemas para una lente convexa sencilla, utilizando la fórmula para la lente delgada.	3	
La lupa			
G.2.8	Defina los términos <i>punto lejano</i> y <i>punto próximo</i> para el ojo desnudo.	1	Para un ojo normal, puede suponerse que el punto lejano se encuentra en el infinito, mientras que el punto cercano se considera, por convención, como un punto situado a 25 cm del ojo.
G.2.9	Defina <i>amplificación angular</i> .	1	
G.2.10	Deduzca la fórmula del aumento angular de una lupa para imágenes formadas en el punto próximo y en el infinito.	3	
El microscopio compuesto y el telescopio astronómico			
G.2.11	Construya un diagrama de rayos para un microscopio compuesto en el que la imagen final se forme cerca del punto próximo del ojo (ajuste normal).	3	Los alumnos deben familiarizarse con los términos <i>lente objetivo</i> y <i>lente ocular</i> .
G.2.12	Construya un diagrama de rayos para un telescopio astronómico en el que la imagen final se forme cerca del punto próximo del ojo (ajuste normal).	3	
G.2.13	Indique la ecuación que relaciona la amplificación angular con las distancias focales de las lentes del telescopio astronómico, en ajuste normal.	1	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
G.2.14	Resuelva problemas relacionados con microscopios compuestos y telescopios astronómicos.	3	Los problemas pueden resolverse trazando dibujos a escala o efectuando cálculos.
Aberraciones			
G.2.15	Explique el significado de la aberración esférica y de la aberración cromática tal y como las produce una única lente.	3	
G.2.16	Describa cómo se puede reducir la aberración esférica de una lente.	2	
G.2.17	Describa cómo se puede reducir la aberración cromática de una lente.	2	

G3 Interferencia de ondas procedentes de dos fuentes

3 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
G.3.1	Indique las condiciones necesarias para observar interferencia entre dos fuentes.	1	
G.3.2	Utilizando el principio de superposición, explique el diagrama de interferencias producido por las ondas procedentes de dos fuentes puntuales coherentes.	3	El efecto puede ilustrarse utilizando olas y ondas sonoras, además de ondas electromagnéticas.
G.3.3	Resuma un experimento de doble rendija para la luz, y dibuje la distribución de intensidades del diagrama de franjas observado.	2	Esto deberá limitarse a la situación en que la anchura de las rendijas es pequeña en comparación con su separación, para que no haya que considerar efectos de difracción en el esquema de franjas debidos a una única rendija.
G.3.4	Resuelva problemas que involucren la interferencia de dos fuentes.	3	

G4 Red de difracción

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Difracción por muchas rendijas			
G.4.1	Describa el efecto que tiene aumentar el número de rendijas sobre la distribución de intensidades de la doble rendija.	2	
G.4.2	Deduzca la fórmula de la red de difracción para incidencia normal.	3	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
G.4.3	Resuma el uso de las redes de difracción para medir longitudes de onda.	2	No se incluye el uso del espectrómetro.
G.4.4	Resuelva problemas que involucren redes de difracción.	3	

NS G5 Rayos X

4 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
G.5.1	Resuma el montaje experimental para producir rayos X.	2	Basta con un tubo de Coolidge. Los alumnos deben comprender cómo se controlan la intensidad y la dureza del haz de rayos X.
G.5.2	Dibuje y anote un espectro típico de rayos X.	2	Los alumnos deben ser capaces de identificar las características continuas y las específicas del espectro, y el límite inferior de la longitud de onda.
G.5.3	Explique las causas y las características de un espectro típico de rayos X.	3	
G.5.4	Resuelva problemas relacionados con la diferencia de potencial de aceleración y la longitud de onda mínima.	3	

Difracción de rayos X

G.5.5	Explique cómo la difracción de rayos X surge a partir de la dispersión de rayos X en un cristal.	3	Esto puede ilustrarse utilizando material de 3 cm.
G.5.6	Deduzca la ecuación de dispersión de Bragg.	3	
G.5.7	Resuma cómo los cristales cúbicos pueden utilizarse para medir la longitud de onda de los rayos X.	2	Los alumnos deben ser conscientes del hecho de que la estructura del ADN fue descubierta por medio de la difracción de rayos X.
G.5.8	Resuma cómo los rayos X pueden utilizarse para determinar la estructura de los cristales.	2	
G.5.9	Resuelva problemas relacionados con la ecuación de Bragg.	3	

NS G6 Interferencia en películas delgadas

3 horas

Objetivo general 7: aquí son útiles las simulaciones informáticas.

Objetivo general 8: algunos usos de las películas delgadas plantean problemas medioambientales y éticos (véanse G.6.10 y G.6.11).

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Películas en cuña			
G.6.1	Explique la formación de franjas de interferencia por una fina cuña de aire.	3	Los alumnos deben estar familiarizados con los términos <i>igual inclinación</i> e <i>igual espesor</i> .
G.6.2	Explique cómo pueden usarse las franjas producidas por una cuña para medir pequeñas separaciones.	3	Entre las aplicaciones se encuentra la medida del espesor de la película lagrimal del ojo y de las manchas de vertidos de petróleo.
G.6.3	Describa cómo se utiliza la interferencia en películas delgadas para comprobar la calidad de planos ópticos.	2	
G.6.4	Resuelva problemas que involucren películas en cuña.	3	
Películas paralelas			
G.6.5	Indique la condición para que la luz experimente un cambio de fase de valor π , o no experimente cambio alguno, al reflejarse en una superficie de contacto entre dos medios.	1	
G.6.6	Describa cómo una fuente luminosa da lugar a una figura de interferencia, cuando la luz se refleja en las dos superficies de una película de caras paralelas.	2	
G.6.7	Indique las condiciones de interferencia constructiva y destructiva.	1	
G.6.8	Explique la formación de franjas de color cuando la luz blanca se refleja en películas delgadas, tales como películas de aceite o de jabón.	3	
G.6.9	Describa la diferencia entre las franjas formadas por una película paralela y por una película en cuña.	2	
G.6.10	Describa aplicaciones de las películas delgadas paralelas.	2	Las aplicaciones deben incluir: <ul style="list-style-type: none"> • diseño de revestimientos no reflectantes a prueba de radar para aviones militares • mediciones del grosor de manchas de petróleo provocadas por vertidos • diseño de superficies no reflectantes para lentes (rebosamiento o <i>blooming</i>), captadores solares térmicos y paneles solares fotovoltaicos.
G.6.11	Resuelva problemas que involucren películas paralelas.	3	Se incluirán problemas relacionados con la aplicación de películas delgadas.

Descripción detallada del programa de estudios: opciones del NS

Estas opciones sólo están disponibles en el NS.

Opción H: Relatividad (22 horas)

TdC: esta opción ofrece una oportunidad de introducir el concepto de cambio de paradigma en relación con la comprensión científica. Aquí es crucial el papel de las teorías y su comprobación mediante los experimentos. El significado del tiempo, los conceptos de dilatación temporal y contracción de longitudes, así como el valor absoluto de la velocidad de las ondas electromagnéticas, son ideas interesantes para el debate.

NS H1 Introducción a la relatividad

1 hora

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Sistemas de referencia			
H.1.1	Describa qué se entiende por <i>sistema de referencia</i> .	2	
H.1.2	Describa qué significa la transformación de Galileo.	2	
H.1.3	Resuelva problemas relacionados con las velocidades relativas, usando las ecuaciones de la transformación de Galileo.	3	

NS H2 Conceptos y postulados de la relatividad especial

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
H.2.1	Describa qué se entiende por sistema inercial de referencia.	2	
H.2.2	Indique el enunciado de los dos postulados de la teoría especial de la relatividad.	1	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
H.2.3	Discuta el concepto de simultaneidad.	3	Los alumnos deben saber que dos sucesos que ocurren en diferentes puntos del espacio, y que son simultáneos para un observador, no pueden ser simultáneos para otro observador en un sistema de referencia diferente.

NS H3 Cinemática relativista

5 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Dilatación del tiempo			
H.3.1	Describa el concepto de <i>reloj de luz</i> .	2	Basta con una descripción muy sencilla. Por ejemplo, un haz de luz reflejado entre dos espejos paralelos puede utilizarse para medir el tiempo.
H.3.2	Defina <i>intervalo de tiempo propio</i> .	1	
H.3.3	Deduzca la fórmula de la dilatación temporal.	3	Los alumnos deben ser capaces de elaborar una prueba sencilla de la fórmula de dilatación temporal, basándose en el concepto de reloj de luz y en los postulados de la relatividad.
H.3.4	Esquematice y anote una gráfica que muestre la variación con la velocidad relativa del factor de Lorentz.	3	
H.3.5	Resuelva problemas relacionados con la dilatación temporal.	3	
Contracción de longitud			
H.3.6	Defina <i>longitud propia</i> .	1	
H.3.7	Describa el fenómeno de la contracción de longitud.	2	No se pide la deducción de la fórmula de la contracción de longitud.
H.3.8	Resuelva problemas relacionados con la contracción de longitud.	3	

NS H4 Algunas consecuencias de la relatividad especial

4 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
La paradoja de los gemelos			
H.4.1	Describa cómo el concepto de dilatación temporal conduce a la "paradoja de los gemelos".	2	Se deben comparar las versiones de observadores diferentes sobre el tiempo invertido en un recorrido realizado a velocidad cercana a la de la luz. Los alumnos deben saber que la situación no es simétrica desde el momento en que sólo uno de los gemelos realiza el viaje de ida y vuelta.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
H.4.2	Discuta el experimento de Hafele-Keating.	3	
Suma de velocidades			
H.4.3	Resuelva problemas unidimensionales relacionados con la suma relativista de velocidades.	3	No se pide la deducción de la fórmula de la suma de velocidades.
Masa y energía			
H.4.4	Indique la fórmula que representa la equivalencia entre masa y energía.	1	
H.4.5	Defina <i>masa en reposo</i> .	1	Los alumnos deben ser conscientes de que la masa en reposo es una cantidad invariante. Los alumnos deben estar familiarizados con la unidad $\text{MeV } c^{-2}$ para la masa.
H.4.6	Distinga entre la energía de un cuerpo en reposo y su energía total cuando se mueve.	2	
H.4.7	Explique por qué ningún objeto material puede alcanzar nunca la velocidad de la luz en el vacío.	3	
H.4.8	Determine la energía total de una partícula acelerada.	3	Los alumnos deben ser capaces, por ejemplo, de calcular la energía total de un electrón acelerado a través de una diferencia de potencial.

NS H5 Pruebas que apoyan la relatividad especial

3 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
H.5.1	Discuta la desintegración del muón como prueba experimental que apoya la relatividad especial.	3	
H.5.2	Resuelva problemas relacionados con el experimento de desintegración del muón.	3	
H.5.3	Resuma el experimento de Michelson-Morley.	2	Los alumnos deben ser capaces de resumir los principios básicos que subyacen al interferómetro de Michelson, empleando un esquema sencillo del dispositivo experimental.
H.5.4	Discuta el resultado del experimento de Michelson-Morley y sus implicaciones.	3	La implicación de que el éter no existe y de que el resultado es coherente con la constancia de la velocidad de la luz constituye la explicación aceptada.
H.5.5	Resuma un experimento que indique que la velocidad de la luz en el vacío es independiente de su fuente.	2	Los alumnos deben estar familiarizados con los experimentos de desintegración de piones que consisten en la desintegración de un pión que se desplaza a alta velocidad en dos fotones de rayos gamma (rayos γ).

NS H6 Momento y energía relativistas

2 horas

Las derivaciones de las fórmulas del momento y de la energía relativistas no serán objeto de examen.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
H.6.1	Aplice la relación para el momento relativista $p = \gamma m_0 u$ de las partículas.	2	Los alumnos deben estar familiarizados con el momento expresado en la unidad MeV c^{-1} .
H.6.2	Aplice la fórmula $E_c = (\gamma - 1)m_0 c^2$ para la energía cinética de una partícula.	2	
H.6.3	Resuelva problemas relacionados con el momento y la energía relativistas.	3	Los alumnos deben ser capaces de calcular, por ejemplo, la energía cinética, la energía total, la velocidad y el momento de una partícula acelerada y de las partículas producidas en reacciones.

NS H7 Relatividad general

4 horas

El propósito de esta sección es introducir los conceptos de la relatividad general, prescindiendo del aparato matemático.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
El principio de equivalencia			
H.7.1	Explique la diferencia entre los términos <i>masa gravitatoria</i> y <i>masa inercial</i> .	3	
H.7.2	Describa y discuta el principio de equivalencia de Einstein.	3	Los alumnos deben familiarizarse con el "experimento mental" del ascensor de Einstein.
H.7.3	Deduzca la predicción de la curvatura de rayos luminosos en un campo gravitatorio, a partir del principio de equivalencia.	3	
H.7.4	Deduzca que el principio de equivalencia predice que el tiempo se ralentiza en la proximidad de un cuerpo masivo.	3	
Espacio-tiempo			
H.7.5	Describa el concepto de espacio-tiempo.	2	
H.7.6	Indique que los objetos en movimiento siguen el camino más corto entre dos puntos del espacio-tiempo.	1	
H.7.7	Explique la atracción gravitatoria en términos de la deformación del espacio-tiempo por la materia.	3	

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Agujeros negros			
H.7.8	Describa las características de los agujeros negros.	2	Los alumnos deben saber que los agujeros negros son regiones del espacio-tiempo con curvaturas extremas, debidas a la presencia de materia.
H.7.9	Defina el término <i>radio de Schwarzschild</i> .	1	
H.7.10	Calcule el radio de Schwarzschild.	2	
H.7.11	Resuelva problemas relacionados con la dilatación temporal en las proximidades de un agujero negro.	3	
Desplazamiento gravitatorio hacia el rojo			
H.7.12	Describa el concepto de desplazamiento gravitatorio hacia el rojo.	2	Los alumnos deben saber que el desplazamiento gravitatorio hacia el rojo es una predicción de la teoría general de la relatividad.
H.7.13	Resuelva problemas relacionados con los desplazamientos de frecuencia entre puntos diferentes de un campo gravitatorio uniforme.	3	
H.7.14	Resuelva problemas utilizando la fórmula gravitatoria de dilatación del tiempo.	3	

NS H8 Pruebas que apoyan la relatividad general

1 hora

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
H.8.1	Resuma un experimento que ponga de manifiesto la curvatura de las ondas electromagnéticas originada por un objeto masivo.	2	Basta con un resumen de los principios usados, por ejemplo, por Eddington en las mediciones del eclipse solar de 1919. Objetivo general 8: aquí se pueden plantear el comportamiento ético de Eddington y las limitaciones de los datos.
H.8.2	Describa una <i>lente gravitatoria</i> .	2	
H.8.3	Resuma un experimento que ponga de manifiesto el desplazamiento gravitatorio hacia el rojo.	2	Basta con el experimento de Pound-Rebka (u otra alternativa, tal como el desplazamiento en la frecuencia de un reloj atómico) y con los experimentos de Shapiro de retardo temporal.

Opción I: Física médica (22 horas)

NS I1 El oído humano

6 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
I.1.1	Describa la estructura básica del oído humano.	2	La estructura debe limitarse a aquellos rasgos que intervienen en el funcionamiento físico del oído.
I.1.2	Indique y explique cómo las variaciones en la presión del sonido en el aire se convierten en variaciones de presión mayores en el fluido de la cóclea.	3	Este aspecto se puede tratar en términos de la diferencia de áreas del tímpano y de la ventana oval, junto con la acción de palanca de los huesecillos. Aunque el concepto de igualación de impedancias no se exige formalmente, los alumnos deben comprender que sin un mecanismo de transferencia de presión entre medios de distinta densidad (aire y fluido), la mayor parte de los sonidos serían reflejados en vez de transmitidos al fluido de la cóclea.
I.1.3	Indique el rango de frecuencias audibles percibidas por una persona con audición normal.	1	
I.1.4	Indique y explique que un cambio en la sonoridad del sonido percibido es la respuesta del oído a un cambio en la intensidad.	3	
I.1.5	Indique y explique que existe una respuesta logarítmica del oído a la intensidad.	3	
I.1.6	Defina <i>intensidad</i> y también <i>nivel de intensidad (NI)</i> .	1	
I.1.7	Indique la magnitud aproximada del nivel de intensidad en el que una persona de audición normal empieza a sentir malestar.	1	
I.1.8	Resuelva problemas relacionados con los niveles de intensidad.	3	Objetivo general 7, objetivo general 8: el registro de datos puede utilizarse para investigar el ruido del tráfico, etc.
I.1.9	Describa los efectos sobre la audición de la exposición al ruido, temporal o duradera.	2	Los alumnos deben ser conscientes de la sordera temporal y permanente, del tinitus, y de las pérdidas selectivas de frecuencias. Deben mostrar conciencia de las implicaciones sociales de la pérdida auditiva, para una persona. Objetivo general 8: pueden considerarse la legislación y la responsabilidad moral de los empresarios.
I.1.10	Analice y dé una interpretación sencilla de las gráficas en las que el NI se representa en función del logaritmo de la frecuencia, para la audición normal y dañada.	3	

NS I2 Imágenes en medicina

10 horas

Los alumnos deberán ser capaces de discutir las ventajas e inconvenientes de algunas técnicas de imágenes con propósitos concretos.

Objetivo general 7: es posible que los alumnos deseen consultar las bases de datos de imágenes disponibles en hospitales docentes.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Rayos X			
I.2.1	Defina los términos <i>coeficiente de atenuación</i> y <i>espesor hemirreductor</i> .	1	Los alumnos pueden estudiar estos conceptos en el contexto de un haz paralelo de rayos X, pero deben ser conscientes de la diversidad de sus aplicaciones.
I.2.2	Deduzca la relación entre el coeficiente de atenuación y el espesor hemirreductor.	3	
I.2.3	Resuelva problemas utilizando la ecuación $I = I_0 e^{-\mu x}$.	3	Los alumnos pueden utilizar ejercicios de simulación para estudiar la atenuación por rayos X.
I.2.4	Describa las técnicas de detección, registro y presentación de rayos X.	2	Los alumnos deben ser conscientes de la película fotográfica, del realce, y de la detección y presentación electrónicas.
I.2.5	Explique las técnicas estándar de imágenes por rayos X usadas en medicina.	3	Los alumnos deben reconocer las causas de la pérdida de nitidez y contraste en las imágenes de rayos X. Deben estar familiarizados con las técnicas para mejorar la nitidez y el contraste.
I.2.6	Resuma los principios de la tomografía computerizada (TC).	2	Los alumnos deben ser capaces de describir cómo se construye una imagen tridimensional.
Ultrasonidos			
I.2.7	Describa los principios de la generación y detección de ultrasonidos utilizando cristales piezoeléctricos.	2	
I.2.8	Defina la <i>impedancia acústica</i> como el producto de la densidad de una sustancia por la velocidad del sonido en dicha sustancia.	1	
I.2.9	Resuelva problemas relacionados con la impedancia acústica.	3	Los alumnos deben comprender el uso de geles sobre la superficie de la piel.
I.2.10	Resuma las diferencias entre escáner tipo A y tipo B.	2	
I.2.11	Identifique factores que influyen en la elección de la frecuencia de diagnóstico.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que la atenuación y la resolución dependen de la frecuencia.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
RMN y láseres			
I.2.12	Resume los principios básicos de las imágenes por resonancia magnética nuclear (RMN).	2	Basta con que los alumnos den una descripción cualitativa sencilla del principio, mencionando el uso de un campo magnético no uniforme en combinación con el campo uniforme mayor.
I.2.13	Describa ejemplos del uso de láseres en el diagnóstico y la terapia clínicos.	2	Pueden discutirse aplicaciones tales como su uso en oximetría de pulsos y en endoscopios. Los alumnos deben estar familiarizados con el uso del láser como escalpelo y como coagulador.

NS I3 Radiación en medicina

6 horas

Objetivo general 8: deben discutirse, cuando sea pertinente, las implicaciones éticas y sociales del uso de la radiación.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
I.3.1	Indique los significados de los términos <i>exposición</i> , <i>dosis absorbida</i> , <i>factor de calidad (eficacia biológica relativa)</i> y <i>dosis equivalente</i> , tal como se usan en dosimetría de las radiaciones.	1	Los alumnos deben ser capaces de discutir la relevancia de estas cantidades en la dosimetría de las radiaciones.
I.3.2	Discuta las precauciones tomadas en situaciones que involucran tipos distintos de radiación.	3	Los alumnos deben considerar los siguientes factores: blindaje, distancia y tiempo de exposición. Deben estar familiarizados con el dosímetro de película. TdC: deben darse cuenta de que el uso actual viene determinado por un aumento gradual de los datos disponibles.
I.3.3	Discuta el concepto de riesgo equilibrado.	3	Objetivo específico 8, dimensión internacional, TdC: los alumnos deben ser conscientes de que los protocolos de práctica se han desarrollado para procedimientos que conllevan el empleo de radiaciones.
I.3.4	Distinga entre semivida física, semivida biológica y semivida efectiva.	2	Los alumnos deben ser capaces de calcular la semivida efectiva a partir de las semividas física y biológica.
I.3.5	Resuelva problemas relacionados con dosimetría de las radiaciones.	3	
I.3.6	Resume los fundamentos de la terapia de radiación contra el cáncer.	2	Deben tratarse los efectos diferenciales sobre las células normales y sobre las malignas, así como describir los tipos de fuentes disponibles.
I.3.7	Resuelva problemas en los que haya que elegir el radioisótopo apropiado para un diagnóstico particular o una aplicación terapéutica.	3	Los alumnos deben estar familiarizados con diversas técnicas. Cuando se aluda a una técnica, se dará al alumno una descripción suficiente como para que éste pueda responder cualquier pregunta sobre dicha técnica.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
I.3.8	Resuelva problemas relacionados con aplicaciones de diagnóstico concretas.	3	Por ejemplo, la estimación del volumen sanguíneo total. Cuando se aluda a una técnica, se dará al alumno una descripción suficiente como para que éste pueda responder cualquier pregunta sobre dicha técnica.

Opción J: Física de partículas (22 horas)

Todo el material de esta opción está recogido en un CD-ROM gratuito producido por el CERN (también disponible en el sitio web del CERN).

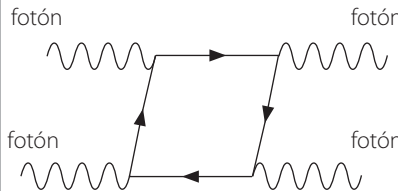
En esta opción, se supone que todas las masas son masas en reposo.

TdC: toda esta opción contiene una gran cantidad de material para el debate; por ejemplo, la naturaleza de la observación, el significado de la medición y el significado de las pruebas. Otro asunto fascinante es la manera en que los avances en un campo pueden conducir a hitos en otro campo; por ejemplo, la física de partículas y la cosmología.

NS J1 Partículas e interacciones

5 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Descripción y clasificación de las partículas			
J.1.1	Indique qué se entiende por <i>partícula elemental</i> .	1	Se llama elementales a las partículas que no tienen estructura interna, es decir, que no están formadas por constituyentes más pequeños.
J.1.2	Identifique las partículas elementales.	2	Las clases de partículas elementales son los quarks, los leptones y las partículas de intercambio. La partícula de Higgs podría ser elemental.
J.1.3	Describa las partículas en términos de la masa y de varios números cuánticos.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que las partículas (tanto elementales como compuestas) se clasifican de acuerdo con sus masas y varios números cuánticos. Deben tener en cuenta la carga eléctrica, el espín, la extrañeza, el color, el número leptónico y el número bariónico.
J.1.4	Clasifique las partículas según su espín.	1	
J.1.5	Indique qué se entiende por <i>antipartícula</i> .	1	
J.1.6	Indique el enunciado del principio de exclusión de Pauli.	1	
Interacciones fundamentales			
J.1.7	Enumere las interacciones fundamentales.	1	Desde comienzos de los años setenta, se ha demostrado que las interacciones electromagnética y débil son dos aspectos de una misma interacción, la interacción débil.

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
J.1.8	Describa las interacciones fundamentales en términos de las partículas de intercambio.	2	
J.1.9	Discuta el principio de incertidumbre para el tiempo y la energía, en el contexto de la creación de partículas.	3	Basta con una discusión sencilla en términos de una partícula que es creada con energía ΔE y que existe durante no más de un tiempo Δt dado por $\Delta E \Delta t \geq \frac{h}{4\pi} .$
Diagramas de Feynman			
J.1.10	Describa qué se entiende por un <i>diagrama de Feynman</i> .	2	
J.1.11	Discuta cómo un diagrama de Feynman puede utilizarse para calcular las probabilidades de los procesos fundamentales.	3	No es necesario tener presentes los valores numéricos de las fuerzas de interacción.
J.1.12	Describa qué se entiende por <i>partículas virtuales</i> .	2	
J.1.13	Aplique la fórmula de rango R para las interacciones que implican intercambio de partícula.	2	Entre las aplicaciones se encuentra la predicción de Yukawa del pión o la determinación de las masas de los W^\pm, Z^0 a partir del conocimiento del rango de la interacción débil.
J.1.14	Describa la <i>aniquilación</i> y la <i>producción de pares</i> mediante diagramas de Feynman.	2	
J.1.15	Prediga procesos de partículas utilizando diagramas de Feynman.	3	Por ejemplo, la interacción electromagnética conduce a la dispersión fotón-fotón, es decir, la dispersión de la luz por la luz. Las partículas en el bucle son electrones o positrones: 

NS J2 Aceleradores y detectores de partículas

6 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
Aceleradores de partículas			
J.2.1	Explique la necesidad de altas energías para producir partículas de gran masa.	3	
J.2.2	Explique la necesidad de altas energías para resolver partículas de pequeñas dimensiones.	3	Los alumnos deben saber que para resolver una partícula de tamaño d , la longitud de onda de De Broglie $\lambda = \frac{h}{p}$ de la partícula utilizada para provocar la dispersión debe ser del mismo orden de magnitud que d . Aquí puede resultar útil la relación con la difracción.
J.2.3	Resuma la estructura y funcionamiento de un acelerador lineal y de un ciclotrón.	2	
J.2.4	Resuma la estructura y explique el funcionamiento de un sincrotrón.	3	Los alumnos deben ser capaces de explicar cómo se aceleran los haces cargados, por qué los campos magnéticos han de variar, y por qué el anillo tiene un gran radio.
J.2.5	Indique qué se entiende por <i>bremsstrahlung</i> (radiación de frenado).	1	
J.2.6	Compare las ventajas y desventajas de los aceleradores lineales, los ciclotrones y los sincrotrones.	3	
J.2.7	Resuelva problemas relacionados con la producción de partículas en los aceleradores.	3	Éstos incluyen la energía total de la partícula en función de su masa y energía cinética, y la energía total disponible a partir de la colisión de una partícula con un blanco estacionario.
Detectores de partículas			
J.2.8	Resuma la estructura y el funcionamiento de la cámara de burbujas, el fotomultiplicador y la cámara de hilos.	2	
J.2.9	Resuma aspectos internacionales de la investigación en física de partículas de altas energías.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que los gobiernos necesitan colaborar para construir y mantener en funcionamiento instalaciones de investigación a gran escala. Hay muy pocos centros que cuentan con aceleradores; por ejemplo, CERN, DESY, SLAC, Fermilab y Brookhaven. Los resultados se publican y son compartidos por científicos en numerosos países.
J.2.10	Discuta las implicaciones económicas y éticas de la investigación en física de partículas de altas energías.	3	Los alumnos deben ser conscientes de que, incluso en plena guerra fría, los científicos occidentales y soviéticos colaboraron en el campo de la física de partículas.

NS J3 Quarks

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
J.3.1	Enumere los seis tipos de quark.	1	
J.3.2	Indique el contenido, en términos de quarks y antiquarks, de los hadrones (es decir, bariones y mesones).	1	
J.3.3	Indique el contenido en quarks del protón y del neutrón.	1	
J.3.4	Defina <i>número bariónico</i> y aplique la ley de conservación del número bariónico.	2	Los alumnos deben saber que el número bariónico se conserva en todas las reacciones.
J.3.5	Deduzca la estructura de espín de los hadrones (es decir, bariones y mesones).	3	Sólo se pide una discusión elemental en términos de espín "arriba" y "abajo".
J.3.6	Explique la necesidad del color para formar estados ligados de quarks.	3	Los alumnos deben percatarse de que el color es necesario para satisfacer el principio de exclusión de Pauli. El hecho de que los hadrones no tengan color es una consecuencia del confinamiento.
J.3.7	Indique el color de los quarks y los gluones.	1	
J.3.8	Resuma el concepto de extrañeza.	2	Basta con que los alumnos sepan que la extrañeza de un hadrón es el número de antiquarks <i>extraño</i> menos el número de quarks <i>extraño</i> que contiene. Los alumnos deben ser conscientes de que la extrañeza se conserva en las interacciones fuerte y electromagnética, pero no siempre en las interacciones débiles.
J.3.9	Discuta el confinamiento de quarks.	3	Los alumnos deben saber que no se pueden observar quarks ni gluones (es decir, partículas sin color) aislados. La interacción fuerte (color) aumenta con la distancia. Cuando a un hadrón se le suministra suficiente energía como para aislar un quark, se producen más hadrones.
J.3.10	Discuta la interacción que mantiene unidos los nucleones en función de la fuerza de color entre quarks.	3	Basta con saber que la interacción entre nucleones es la interacción residual entre los quarks en los nucleones, y que se trata de una interacción de corto alcance.

NS J4 Leptones y modelo estándar

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
J.4.1	En el modelo estándar, indique la estructura compuesta por las tres familias de quarks y leptones.	1	Los alumnos deben saber que el modelo estándar es la teoría actualmente aceptada que describe las interacciones electromagnética y débil de los quarks y leptones.
J.4.2	Indique el número leptónico de los leptones de cada familia.	1	
J.4.3	Resuelva problemas relacionados con las leyes de conservación en las reacciones de partículas.	3	Los alumnos deben saber que la carga eléctrica, la energía total, el momento, el número bariónico y el número leptónico por familia se conservan en todas las reacciones de partículas. La extrañeza se conserva en las interacciones fuerte y electromagnética, pero no siempre en las interacciones débiles.
J.4.4	Evalúe la relevancia de la partícula (bosón) de Higgs.	3	Los alumnos deben saber que las partículas adquieren masa como resultado de interacciones en las que participa el bosón de Higgs.

NS J5 Pruebas experimentales del modelo de quarks y del modelo estándar

5 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
J.5.1	Indique qué se entiende por <i>dispersión inelástica profunda</i> .	1	
J.5.2	Analice los resultados de los experimentos de dispersión inelástica profunda.	3	Los alumnos deben ser conscientes de que estos experimentos proporcionan pruebas de la existencia de los quarks, los gluones y el color.
J.5.3	Describa qué se entiende por <i>libertad asintótica</i> .	2	Basta con que los alumnos sepan que la intensidad de la interacción fuerte decrece a medida que crece la energía disponible para la interacción.
J.5.4	Describa qué se entiende por <i>corriente neutra</i> .	2	Basta con una descripción sencilla en función de los procesos que conllevan intercambios de Z^0 .
J.5.5	Describa cómo la existencia de una corriente neutra es una prueba a favor del modelo estándar.	2	Los alumnos deben saber que sólo el modelo estándar predice procesos de interacción débil que conllevan el intercambio de una partícula con masa y neutra (el bosón Z^0).

NS J6 Cosmología y cuerdas

2 horas

	Enunciado de evaluación	Obj.	Notas para el profesor
J.6.1	Indique el orden de magnitud de la variación de temperatura del universo desde el <i>Big Bang</i> .	1	La temperatura del universo era de 10^{32} K a los 10^{-43} s después del <i>Big Bang</i> y es de 2,7 K en la actualidad.
J.6.2	Resuelva problemas relacionados con las interacciones de partículas en el universo primitivo.	3	Por ejemplo, los problemas incluirán cálculos de la temperatura: <ul style="list-style-type: none"> • a la que se hace posible la producción de pares electrón-positrón • a la que puede tener lugar la nucleosíntesis • cuando el universo se vuelve transparente a la radiación.
J.6.3	Indique cómo el universo primitivo contenía cantidades casi iguales de partículas y antipartículas.	1	
J.6.4	Sugiera un mecanismo mediante el cual se ha consolidado el predominio de la materia sobre la antimateria.	3	Todo lo que se pide es una explicación sencilla en términos de la imposibilidad de que los fotones se materialicen en pares partícula-antipartícula una vez que la temperatura haya descendido de un cierto valor.
J.6.5	Describa cualitativamente la teoría de cuerdas.	2	Los alumnos deben ser conscientes de que la incapacidad de compatibilizar la gravitación y la teoría cuántica ha dado lugar a la idea de las cuerdas como bloques fundamentales de la materia. Las partículas fundamentales conocidas son modos de vibración de la cuerda similares a los armónicos de una cuerda normal que vibra.

Requisitos matemáticos

Todos los alumnos de Física necesitan familiarizarse con un conjunto de técnicas matemáticas. Las habilidades aquí descritas no son requisitos para realizar el curso de Física del Programa del Diploma, sino que representan las habilidades que se espera que los alumnos demuestren en los exámenes al final de dicho curso. Los requisitos escritos en **negrita** se aplican únicamente a los alumnos del **Nivel Superior**.

Aritmética y cálculo

- Hacer cálculos que involucren sumas, restas, multiplicaciones y divisiones.
- Reconocer y usar expresiones en notación decimal y estándar (científica).
- Utilizar calculadoras para evaluar: **exponenciales**, valores inversos, raíces, logaritmos decimales, **logaritmos neperianos**, potencias, medias aritméticas, grados, radianes, funciones naturales e inversas del seno, coseno y tangente.
- Expresar fracciones como porcentajes y viceversa.

Álgebra

- Transformar una ecuación manipulando términos que incluyan índices enteros y fraccionarios, y raíces cuadradas.
- Resolver ecuaciones algebraicas sencillas y **ecuaciones lineales simultáneas con dos variables**.
- Asignar valores numéricos en ecuaciones algebraicas.
- Comprender el significado de (y utilizar) los símbolos $/$, $<$, $>$, \geq , \leq , \times , \approx , $|x|$, ∞ , Δx .

Geometría y trigonometría

- Recordar, y saber utilizar para los cálculos, las fórmulas de las áreas de triángulos rectángulos e isósceles, perímetros y áreas de círculos, así como de los volúmenes y áreas superficiales de bloques rectangulares, cilindros y esferas.
- Usar el teorema de Pitágoras y la semejanza de triángulos, y recordar que la suma de los ángulos de un triángulo es de 180° (y de un rectángulo, 360°).
- Comprender la relación entre grados y radianes, y pasar de unos a otros.
- Recordar las aproximaciones para ángulos pequeños.

