

## FÍSICA TZ2 (IBAP & IBAEM)

### Bandas de calificación de la asignatura

#### Nivel superior

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 15	16 - 27	28 - 39	40 - 49	50 - 58	59 - 68	69 - 100

#### Nivel medio

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 14	15 - 25	26 - 38	39 - 49	50 - 58	59 - 68	69 - 100

### Variantes de las pruebas de examen según el huso horario

Para proteger la integridad de los exámenes, se están utilizando cada vez más variantes de las pruebas de examen. Usando variantes de la misma prueba de examen los candidatos de una parte del mundo no harán el mismo examen que los candidatos de otras partes del mundo. Se aplica un riguroso proceso para asegurar que las pruebas son comparables en términos de dificultad y cobertura del programa, y se han tomado medidas para garantizar que el mismo estándar de grado se aplique a los escritos de los candidatos para las diferentes versiones de las pruebas de examen. Para los exámenes de mayo de 2008, el BI ha elaborado variantes de la prueba de Física según el huso horario.

### Evaluación interna

#### Bandas de calificación del componente

#### Nivel superior

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 9	10 - 15	16 - 21	22 - 27	28 - 31	32 - 37	38 - 48

#### Nivel medio

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 9	10 - 15	16 - 21	22 - 27	28 - 31	32 - 37	38 - 48

## Ámbito que cubre el trabajo entregado y medida en que fue apropiado

La mayoría de los colegios presentan investigaciones excelentes en alcance y complejidad. Aunque algunos colegios fueron moderados a la baja y otros al alta, hay evidencia de la consistencia e imparcialidad en la aplicación de los criterios de EI. Así mismo, hay evidencia de que los profesores revisan los MAP (materiales de ayuda al profesor) en el CPL (Centro pedagógico en línea). Sin embargo, muchos colegios no utilizaron la versión apropiada del impreso 4/PSOW correspondiente a mayo de 2008, en el que se solicita la firma de los estudiantes. Algunos colegios omitieron las instrucciones del profesor y la portada del 4/IA.

El Proyecto del Grupo 4 es una actividad realizada en colaboración y, por tanto, no resulta apropiada para evaluar ni el criterio de planificación ni otros. Por la misma razón, los estudiantes no deberían trabajar en grupo si sus informes de laboratorio van a ser evaluados. Existen evidencias de que los estudiantes comparten datos, gráficos e incluso ideas sobre la planificación, y de que ese trabajo puede formar parte de un buen curso de física superior, pero no resulta apropiado para la evaluación. Los estudiantes no pueden trabajar juntos en los exámenes del BI y lo mismo se puede decir respecto a la evaluación del trabajo práctico.

Las investigaciones sobre planificación (a) exigen del profesor una propuesta de final abierto. Los profesores pueden proporcionar la variable dependiente, pero deberá haber varias variables independientes. Los mejores temas de planificación conciernen a la relación o función entre variables, no a valores concretos de magnitudes físicas o a la confirmación de leyes conocidas. Los estudiantes no deben buscar información (libros de texto, Internet, etc.) cuando diseñen la planificación de una investigación

En pocas ocasiones los profesores indicaron a los estudiantes qué datos recoger y cómo representarlos gráficamente. Unos cuantos colegios continúan aún utilizando guiones de trabajo para la evaluación de OD y PPD. Ello es claramente inapropiado e impide que los estudiantes obtener la máxima puntuación.

## Rendimiento alcanzado por los alumnos en cada uno de los criterios

Las investigaciones sobre planificación resultaron ocasionalmente sobrevaloradas por los profesores y las notas de los alumnos hubieron de reducirse porque se proporcionó demasiada información. La obtención de datos resultó ocasionalmente sobrevalorada porque los estudiantes y los profesores omitieron una estimación de los errores e incertidumbres. En física, todas las medidas involucran un cierto grado de incertidumbre. En procesamiento y presentación de datos, los candidatos de nivel superior olvidaron a menudo que en los gráficos lineales son esperables los gradientes mínimo y máximo. En conclusión y evaluación, los estudiantes necesitan reconocer claramente los tres aspectos de cada ítem. CE es probablemente el criterio más difícil de alcanzar completamente. Cuando los profesores puntuaron bajo (y los moderadores aumentaron las puntuaciones de los estudiantes) fue debido a que parecían pensar que completamente significa perfecto. Cada aspecto necesita ser tratado apropiadamente para un completamente, pero se pueden cometer errores y completamente no significa perfecto.

Lo que sigue proporciona detalles específicos sobre la moderación del trabajo de EI de los colegios.

**Cuándo reducen las calificaciones los moderadores.****Planificación**

- (a) El moderador reducirá la calificación cuando el profesor indica la pregunta de investigación, la hipótesis y/o las variables independientes y las controladas. El moderador reducirá la calificación del aspecto respectivo hasta "n". Resulta aceptable un objetivo general si los estudiantes han modificado significativamente la propuesta o pregunta del profesor (e.g. haciéndola más precisa). El moderador reducirá la calificación cuando no se haya explicado la hipótesis o la explicación contradice la teoría que la media de los estudiantes de física del BI puede esperarse razonablemente que conozca. El moderador concederá "p" al segundo aspecto.
- (b) El moderador reducirá la calificación cuando se da un guión que los estudiantes siguen sin modificarlo o cuando todos los estudiantes utilizan un método idéntico; en este caso, el moderador concederá n, n, n = 0. El moderador reducirá la calificación cuando el profesor otorga c, c, c pero resulta claro que los estudiantes han sido informados de los aparatos y materiales requeridos. El máximo que puede conceder el moderador es n, c, c = 2.

**Obtención de datos**

El moderador reducirá la calificación cuando se entrega una tabla fotocopiada con encabezamiento y unidades que los estudiantes rellenan. La máxima que el moderador puede conceder es p, n = 0. Si los estudiantes no han registrado las incertidumbres de algún dato cuantitativo, el máximo que puede conceder el moderador en el primer aspecto es "p". Si los estudiantes han sido *repetidamente inconsistentes* en el uso de cifras significativas al registrar los datos, entonces lo máximo que puede conceder el moderador en el segundo aspecto es "p". En física, los datos son siempre cuantitativos. Dibujar las líneas de campo alrededor de un imán no forma parte de OD.

**Procesamiento y presentación de datos**

El moderador reducirá la calificación cuando se haya proporcionado un gráfico con los ejes rotulados (o se ha informado a los estudiantes sobre las variables a representar), o los estudiantes han seguido un cuestionario estructurado para llevar a cabo el procesamiento de los datos. Lo máximo que el moderador puede conceder es c, n = 1. Si no hay evidencia de la propagación de errores (sólo NS) o del error aleatorio total estimado (NM), la calificación máxima moderada es c, p = 2. Debe recordarse que un gráfico de la línea de mejor ajuste es suficiente para determinar lo que se requiere respecto al error y la propagación de la incertidumbre.

**Conclusión y Evaluación**

Si el profesor propone a los estudiantes preguntas estructuradas para provocar la discusión, conclusión y crítica, entonces dependiendo de cómo estén enfocadas las preguntas del profesor y de la calidad de las respuestas de los estudiantes, el máximo alcanzable en cada aspecto que se haya guiado el estudiante es *parcial*. El moderador juzga simple y llanamente las aportaciones de los estudiantes. El moderador reducirá la calificación cuando el profesor otorgue c, c, c = 3 pero el estudiante haya indicado como única crítica que se le acabó el tiempo. Lo máximo que el moderador puede conceder es c, n, p = 1.

### **Cuándo no reducen las calificaciones los moderadores**

En los siguientes casos, el moderador mantiene la postura del profesor, pues es quien sabe qué puede esperar de sus estudiantes.

#### **Planificación**

- (a) El profesor ha dado la variable dependiente o el estudiante no ha hecho mención de una variable dependiente (sorprendentemente, no figura en el descriptor del aspecto 3). El moderador no reducirá la calificación cuando discrepe de la hipótesis explicada, pero considera que es una aplicación razonable al nivel de conocimientos del BI. La física errónea no está penalizada. La explicación de la hipótesis es simplista, pero la única posible dentro del contexto de la tarea. En este caso, el moderador apoyará al estudiante, pero proporcionará realimentación al profesor respecto a lo poco apropiado de la tarea para emitir hipótesis significativas. El moderador no reducirá la calificación cuando se han identificado claramente las variables independientes y controladas del proceso, pero no se han dado como lista aparte (se califica el informe como un todo y no hay obligación de redactarlo usando los aspectos como encabezamientos). Los moderadores no reducirán la calificación cuando haya una lista de variables y se advierta claramente en el procedimiento cuáles son independientes y cuáles controladas.
- (b) El moderador no reducirá la calificación cuando se indican procedimientos similares, pero no idénticos, para una tarea concreta. El moderador hará un comentario en el impreso 4/IAF sobre lo inapropiado de la tarea. Los moderadores no califican solamente por la relación de materiales, sino que lo hacen también por su clara identificación en el procedimiento seguido. Se recuerda que los moderadores consideran el informe como un todo. Los moderadores no insisten en que la precisión +/- de los aparatos se indique en la relación de aparatos. Ello nunca se ha especificado así a los profesores y la idea de registrar las incertidumbres se considera en OD. Los moderadores nunca reducen la calificación de un profesor si no se relacionan los artículos habituales tales como gafas de seguridad o batas de laboratorio. Algunos profesores consideran vital enumerar cada uno de ellos, pero otros los consideran parte integral de todo trabajo de laboratorio y asumen su uso. En este punto, los moderadores apoyan la decisión de los profesores

#### **Obtención de datos**

El estudiante ha sido inconsistente con las cifras significativas para el caso de un punto dato u omite las unidades en el encabezamiento de una columna, en un ejercicio completo de obtención de datos, posiblemente con varias tablas de datos. Si el moderador advierte que el estudiante ha demostrado que les ha prestado atención y ha cometido un error por descuido, entonces el moderador, aún así, puede respaldar la máxima calificación según la regla de que "completo no significa perfecto". Este es un principio importante puesto que a menudo los buenos estudiantes que responden completamente a una tarea extensa resultan injustamente penalizados, con más frecuencia que los estudiantes que abordan el ejercicio de manera simplista. El estudiante no verá reducida su calificación si no incluye alguna(s) observación(es) cualitativa(s) y el moderador considera que de ninguna forma podría haber sido obviamente relevante. El moderador no reducirá la calificación si no hay título en una tabla, siempre que resulte obvio a qué se refieren los datos contenidos en ella. A menudo los estudiantes llevan a cabo todo el trabajo duro de OD pero no titulan las tablas y el profesor les reduce la calificación. Con la excepción de investigaciones extensas, resulta normalmente

una evidencia a qué se refiere la tabla y la parte del encabezamiento "Datos Brutos" es suficiente. Una vez más, "c" no significa perfecto.

### **Procesamiento y presentación de datos**

Lo que se espera en el tratamiento de errores e incertidumbres en física se describe en la Guía y en el MAP 1. No se espera que los candidatos de nivel medio procesen las incertidumbres en los cálculos. Sin embargo, pueden proporcionar información sobre la incertidumbre mínima, basándose en la última cifra significativa de una medida, así como sobre la precisión que indica el fabricante. Pueden hacer estimaciones sobre las medidas compuestas ( $\pm$  la mitad del rango entre las mediciones final e inicial) y realizar conjeturas sobre las incertidumbres en el método de medida. Si las incertidumbres son suficientemente pequeñas como para ser ignoradas, los candidatos deberán informar de ese hecho.

Los candidatos de nivel superior deberían ser capaces de expresar las incertidumbres como fracciones y como porcentajes. Así mismo, deberían poder llevar a cabo la propagación de incertidumbres a lo largo de un cálculo. Los gradientes mínimo y máximo deberían trazarse sobre los gráficos utilizando barras de incertidumbre (usando el primero y el último de los puntos-dato) únicamente en el caso de una variable.

Tanto en el caso de OD como en el de PPD, si los estudiantes han intentado claramente considerar o propagar las incertidumbres (según sea NM o NS), los moderadores apoyarán lo concedido por el profesor, aún si consideraran que el estudiante podría haber hecho un esfuerzo más complejo. Los moderadores no sancionan a un profesor o a un alumno si el procedimiento no coincide con el que se enseña i.e. las incertidumbres de una balanza de precisión de un solo platillo se han dado como  $\pm 0.01g$ , cuando se puede pensar que si se considera la tara del pesaje debería duplicarse. La moderación no es el momento ni el lugar adecuado para establecer el protocolo que resulte favorecido por el BI.

### **Conclusión y Evaluación**

A menudo, los moderadores aplican el principio de completo no significa perfecto. Por ejemplo, si el estudiante ha identificado las fuentes más relevantes de error sistemático, el moderador apoyará lo concedido por el profesor, aun si le es posible identificar alguna fuente adicional. Los moderadores son algo más críticos en relación con el tercer aspecto que con las modificaciones asociadas a las citadas fuentes de error. Si el moderador advierte que una tarea resultó demasiado sencilla como para representar verdaderamente el espíritu del criterio, hace el oportuno comentario en el 4/IAF respecto a lo inadecuado de la tarea, dando completa justificación de las medidas que deben tomarse al respecto, pero el moderador no necesariamente reduce la calificación del estudiante. En consecuencia, los estudiantes pueden obtener altas calificaciones en OD o PPD con un breve trabajo en base a datos limitados, pero si los estudiantes han cumplido con los requerimientos de los aspectos dentro de ese pequeño rango, el moderador mantendrá las calificaciones del profesor.

## **Sugerencias y recomendaciones para la enseñanza de alumnos futuros**

- Los actuales criterios de EI serán reemplazados en la sesión de exámenes de mayo de 2009. El actual esquema de EI se moderará por última vez en la sesión de exámenes de noviembre de 2008. Los profesores que preparen a estudiantes para mayo de 2009 deben seguir el nuevo programa y los nuevos criterios de EI, incluidos

los requerimientos combinados para NM y NS para errores e incertidumbres, los nuevos requerimientos de las TIC y las nuevas provisiones del Grupo 4.

- Los colegios que vayan a pasar el examen en noviembre de 2008 seguirán con la actual estructura del proyecto del Grupo 4. Se enfatiza que el proyecto del Grupo 4 no es apropiado para la EI de PI (a), PI (b), OD, PPD o CE.
- Para Planificación (a), no resulta recomendable la búsqueda por Internet. Ello se aplica al nuevo criterio Diseño. Los estudiantes deben hacer sus propias conjeturas sobre la propuesta realizada por el profesor. Si los estudiantes conocen la ecuación que describe la función que está siendo investigada, entonces la propuesta no resulta apropiada para una práctica de planificación (o de Diseño). Las propuestas del profesor han de ser de final abierto. La determinación del calor específico de un material desconocido o la del valor de la gravedad no son apropiadas según el nuevo criterio de Diseño.
- Son esperables gráficas en papel o generadas en ordenador. Algunos colegios presentan evidencias de ejes dibujados a mano y de trazado de puntos-dato brutos. Los estudiantes no sólo deberán trazar las barras de error; también deberán hacer una estimación aproximada o cálculos para las barras de error.
- Los estudiantes necesitan llevar a cabo una variedad de trabajo evaluado a lo largo de los dos años del curso y no debería esperarse lograr puntuación máxima justamente en dos investigaciones del principio del curso.
- Es necesario que profesores y alumnos firmen el impreso 4/PSOW; se necesita también una cubierta 4/IA así como un informe de las instrucciones del profesor para cualquiera de las investigaciones evaluadas. El nuevo impreso 4/PSOW para mayo de 2009 tendrá, también, una columna para los nuevos requerimientos de las TIC.
- Los estudiantes deben familiarizarse con los criterios de EI y disponer de su propia copia. Muchos profesores utilizan cubiertas o listas de control para puntuar la EI. Esto es útil para el profesor, los estudiantes y los moderadores.
- El BI anima a que se utilicen programas de registro de datos en el trabajo evaluado. La clave a seguir es que hay que evaluar a los estudiantes por su contribución personal a la tarea evaluada. Para juzgarlo, los moderadores han de ser guiados por el profesor, quien conoce exactamente lo que los estudiantes son capaces de hacer. El moderador aplica los estándares habituales respecto a lo esperado en presentación de datos (unidades, incertidumbres, etc.) y gráficas (líneas de mejor ajuste, rotulado de ejes, escalas adecuadas, etc.). Para ejemplos de investigaciones TIC realizadas por estudiantes, evaluadas y no evaluadas, puede consultarse la sección relevante del Material de Ayuda al Profesor en el CPL.

## Comentarios generales sobre las pruebas escritas

Las pruebas de elección múltiple del BI se diseñan para presentar, esencialmente, preguntas que prueben el conocimiento de hechos, conceptos y terminología, y sus aplicaciones. Estos Objetivos de Evaluación se especifican en la Guía.

Debe advertirse que las preguntas de elección múltiple permiten poner a prueba definiciones y leyes sin recordarlas totalmente, pero requieren comprensión de los conceptos subyacentes.

Aunque las preguntas puedan involucrar cálculos sencillos, los cálculos deben evaluarse más apropiadamente en las preguntas de las Pruebas 2 y 3. Por ello, no se necesitan ni permiten calculadoras para la Prueba 1.

A veces, en las Pruebas 2 y 3, se pide a los candidatos que escriban un corto párrafo para poder evaluar su comprensión de los temas. Basándose en múltiples respuestas, está claro que se ha preparado a los candidatos para dar definiciones y realizar cálculos, pero se muestra poca comprensión de la física subyacente. Es esta falta de comprensión la que impide a los candidatos obtener grados mayores.

Debe animarse a los candidatos para que den definiciones precisas de las magnitudes físicas. No son aceptables las definiciones expresadas total o parcialmente en términos de unidades.

## Prueba uno

### Bandas de calificación del componente

#### Nivel superior

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 10	11 - 15	16 - 21	22 - 25	26 - 28	29 - 32	33 - 40

#### Nivel medio

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 7	8 - 11	12 - 15	16 - 18	19 - 21	22 - 23	24 - 30

## Generalidades

Algunas preguntas son comunes a las pruebas de NM y NS, y las preguntas adicionales en el NS permiten abarcar más a fondo el programa de estudios.

Sólo un pequeño porcentaje del total de profesores o de Centros que participaron en el examen enviaron los impresos G2. Por ejemplo, en el NM hubo 51 respuestas de 475 Centros. En consecuencia, es difícil de evaluar la opinión general ya que quienes enviaron los impresos G2 podrían ser sólo quienes se vieron fuertemente afectados de alguna manera por los Exámenes. Las respuestas indicaban que las pruebas de mayo de 2008 fueron generalmente bien recibidas. La mayoría de los profesores que comentaron las pruebas consideraron que constaban de preguntas con nivel apropiado. Sólo el 4% de las respuestas sugería que las pruebas fueron más difíciles que las del último año y todas indicaban que las pruebas cubrían el programa de manera satisfactoria o buena. La mayoría de los profesores que respondieron consideraban que la presentación de las pruebas era o buena o satisfactoria.

## Análisis estadístico

El rendimiento global de los candidatos y el correspondiente a las diferentes preguntas se pone de manifiesto en el análisis estadístico de las respuestas. Estos datos se recogen en las tablas que siguen a continuación.

Los números que aparecen en las columnas A-D y en Blanco representan el número de candidatos que eligieron esa opción o que dejaron la pregunta en blanco. La opción correcta está indicada por medio de un asterisco (\*). El *índice de dificultad* (quizás mejor llamarlo índice de facilidad) es el porcentaje de candidatos que responden correctamente a la pregunta (la clave). Un índice alto indica, por tanto, que la pregunta es fácil. El *índice de discriminación* es una medida de lo bien que discrimina la pregunta entre candidatos de capacidades diferentes. En general, un índice de discriminación alto indica que una gran proporción de los candidatos mejores identifica correctamente la clave, en comparación con los candidatos peores. Sin embargo, este puede no ser el caso cuando dicho índice es o alto o bajo.

### NS prueba 1 análisis de ítems

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	309	1826*	1083	248	8	52.56	0.27
2	2902*	241	76	246	9	83.53	0.28
3	226	2466*	545	236	1	70.98	0.36
4	316	305	1407*	1442	4	40.50	0.39
5	2632*	292	256	290	4	75.76	0.25
6	1755*	113	46	1557	3	50.52	0.26
7	67	1704*	328*	1373	2	58.49	0.27
8	1333	1429*	541	161	10	41.13	0.46
9	379	2793*	215	86	1	80.40	0.30
10	163	130	2895*	282	4	83.33	0.29
11	767	1394*	687	620	6	40.13	0.57
12	2211*	482	150	626	5	63.64	0.50
13	869	132	2246*	224	3	64.65	0.50
14	197	655	793	1822*	7	52.45	0.43
15	25	85	1864	1499*	1	43.15	0.46
16	286	353	165	2666*	4	76.74	0.33
17	701	2090*	430	251	2	60.16	0.51
18	318	799	1919*	431	7	55.24	0.56
19	230	65	3017*	160	2	86.85	0.23
20	861	815	1537*	257	4	44.24	0.37
21	59	347	286	2778*	4	79.97	0.32
22	55	445	203	2768*	3	79.68	0.51
23	2452*	295	662	61	4	70.58	0.21
24	1150	206	1806*	306	6	51.99	0.47
25	2068*	671*	429	291	15	78.84	0.31
26	361	58	255	2796*	4	80.48	0.33
27	2601*	370	320	165	18	74.87	0.43
28	150	1842*	1275	201	6	53.02	0.24
29	552	557	548	1799*	18	51.78	0.47
30	249	239	2050*	928	8	59.01	0.43
31	923	1552*	570	421	8	44.67	0.38
32	1203*	433	1048	766	24	34.63	0.50
33	430	1529	1090*	406	19	31.38	0.27
34	568	2567*	201	128	10	73.89	0.44
35	184	393	610	2271*	16	65.37	0.48
36	1375*	909	599	568	23	39.58	0.39
37	398	355	1217	1470*	34	42.31	0.35
38	229	845	1974*	409	17	56.82	0.39
39	2053*	692	231	479	19	59.10	0.43
40	695	76	1037	1647*	19	47.41	0.36

Número de candidatos: 3474

## NM prueba 1 análisis de ítems

Pregunta	A	B	C	D	En blanco	Índice de dificultad	Índice de discriminación
1	321	1436*	1058	393	12	44.60	0.22
2	2356*	358	187	312	7	73.17	0.46
3	283	1735*	837	363	2	53.88	0.50
4	2410*	57	339	411	3	74.84	0.17
5	321	27	57	2812*	3	87.33	0.16
6	2017*	456	320	419	8	62.64	0.29
7	1083*	176	63	1890	8	33.63	0.21
8	128	1458*	236*	1392	6	52.61	0.24
9	1327	921*	650	314	8	28.60	0.26
10	167	1910	983*	140	20	30.53	0.06
11	2211*	380	360	247	22	68.66	0.51
12	214	1088	286	1624*	8	50.43	0.50
13	191	308	2521*	199	1	78.29	0.32
14	1800*	761	361	279	19	55.90	0.49
15	141	325	2155*	595	4	66.93	0.47
16	442	563	266	1938*	11	60.19	0.44
17	726	1287*	685	512	10	39.97	0.48
18	658	890	1183*	480	9	36.74	0.48
19	102	528	407	2175*	8	67.55	0.46
20	81	566	406	2164*	3	67.20	0.34
21	1709*	123	1054	331	3	53.07	0.37
22	520	535*	1656	474	35	16.61	0.15
23	1691*	808	419	274	28	52.52	0.54
24	433	467	330	1951*	39	60.59.	0.57
25	217	1690*	1038	263	12	52.48	0.14
26	648	620	754	1118*	50	34.72	0.41
27	1097	200	1624*	283	16	50.43	0.16
28	508	2234*	245	186	47	69.38	0.49
29	530	708	1421*	523	38	44.13	0.32
30	810	1842*	339	187	42	57.20	0.40

Número de candidatos: 3220

### Comentarios sobre el análisis

**Dificultad.** En el NS, el índice de dificultad varía entre el 9% (preguntas relativamente difíciles) y el 87% (preguntas relativamente “fáciles”). Los valores correspondientes para el NM son 7% al 87%, respectivamente. La mayoría de los ítems se encontraban en el intervalo del 30% al 70%. Así pues, las Pruebas dieron una amplia oportunidad a todos los candidatos para lograr algunos puntos y, al mismo tiempo, proporcionaron una buena distribución de las puntuaciones.

**Discriminación.** Todas las preguntas excepto una (NS P25) presentaron un valor positivo para el índice de discriminación. Idealmente, el índice debería ser mayor que 0,2 aproximadamente. Esto se alcanzó en la mayoría de las preguntas. Sin embargo, un índice de discriminación bajo puede no ser el resultado de una pregunta poco fiable. Podría indicar un error conceptual compartido por los candidatos o ser una pregunta con un índice de dificultad alto, es decir, a la que la mayoría de los candidatos han respondido correctamente.

**Respuestas “en blanco”.** En ambas pruebas, el número de respuestas en blanco tendía a aumentar hacia el final. Esto puede indicar que los candidatos no tuvieron suficiente tiempo para completar sus respuestas, a pesar de la ausencia de comentarios de los profesores a

este respecto. Aún así, ello no proporciona una explicación para las respuestas en blanco al principio de la Prueba. Se debe recordar a los candidatos que las respuestas incorrectas no están penalizadas. Por lo tanto, si se desconoce la respuesta correcta, debería hacerse una conjetura razonable. En general, alguno de los distractores podrá eliminarse, reduciendo así el elemento de suposición.

## Comentarios sobre preguntas seleccionadas

El rendimiento de los candidatos en cada una de las preguntas se indica en las tablas estadísticas anteriores, junto con los valores de los índices. Para la mayoría de las preguntas, esta información proporciona suficiente realimentación cuando se considera una pregunta determinada. Por lo tanto, únicamente se harán comentarios sobre preguntas seleccionadas, i.e. aquellas que ilustran un tema particular o en las que se haya identificado un problema.

### NM y NS preguntas comunes

#### NM P7 NS P6

El equipo de examinadores, tras reflexionar al respecto, consideró que hubiera sido mejor omitir las palabras “del motor”. Sin embargo, la pregunta tuvo una discriminación razonable, siendo la opción más popular la D, que es claramente errónea.

#### NM P8 y NS P7

Muchos candidatos se equivocaron al no darse cuenta de que la gráfica era una representación de la longitud frente a la carga y dieron como respuesta correcta la B. Aunque las áreas Y y Z son iguales, sólo Z representa realmente la energía almacenada. Sin embargo, el equipo de examinadores decidió aceptar como válidas tanto la respuesta B como la C, debido a la posible mala interpretación del término “representa” del enunciado. Otro distractor popular fue el D, que resulta claramente erróneo.

### NS Preguntas

#### NS P13

Varios profesores comentaron que la redacción de la pregunta era vaga y también engañosa, porque no especificaba a qué equilibrio se refería, si al de traslación o al de rotación. Debería advertirse que el término “equilibrio” en sí mismo implica a ambos. La estadística de esta pregunta fue buena y cerca de 2000 candidatos hicieron la elección correcta.

#### NS P14

El equipo de examinadores reconoció que esta pregunta debería haberse formulado más claramente. Sin embargo, las estadísticas fueron buenas y no hubo nada que sugiriera que los candidatos se vieran perjudicados.

#### NS P25

Las estadísticas sugirieron que había un problema con esta pregunta: era la única con índice de discriminación negativo. Parecía que la mayoría de los candidatos había entendido que la persona se acercaba directamente a la fuente de sonido, en tanto que el diagrama mostraba claramente que eso no era así. Por culpa de ese malentendido la mayoría de los candidatos dio el distractor A como respuesta. Puesto que se consideró que debería haberse aclarado el

propósito de la pregunta, el equipo de examinadores decidió como aceptables ambas claves A y B.

### **NS P30**

Probablemente debería haberse utilizado el adjetivo “magnética” para describir la fuerza y, de ese modo, evitar cualquier posible ambigüedad. Sin embargo, las estadísticas sugieren que la pregunta discriminó bien y aproximadamente 2000 candidatos dieron la respuesta correcta.

### **NS P33**

El equipo de examinadores admite que los transformadores reales constituyen un tema complicado y que los efectos de autoinducción e inducción mutua deben tenerse presentes. Sin embargo, un transformador ideal con el circuito secundario abierto (o con una gran carga) dará la clave C. Siempre debe tenerse presente que en las preguntas de elección múltiple, se pregunta a los candidatos que seleccionen la respuesta mejor. Esta pregunta presentó buena discriminación y muchos candidatos (los menos capaces) eligieron la clave D, que es claramente errónea.

### **NS P37**

Hubo varios comentarios de los profesores indicando que la respuesta correcta sólo resulta válida para velocidades no relativistas. El equipo de examinadores consideró que la inclusión en el enunciado de un comentario del tipo “para bajas velocidades” únicamente serviría para confundir a aquellos candidatos que no han elegido la opción de Relatividad. Debe advertirse también que la respuesta correcta es la mejor respuesta.

## **NM Preguntas**

### **NM P4**

Desafortunadamente, la pregunta contenía una errata; la cuarta barra de error a partir del origen, en el gráfico A, debería haber tocado justamente la línea. Sin embargo, las estadísticas mostraban que los candidatos no habían sido perjudicados y aproximadamente 2000 dieron la respuesta correcta. Las otras respuestas se distribuyeron equitativamente y de manera uniforme entre los restantes distractores, sugiriendo que los candidatos estaban haciendo conjeturas.

### **NM P10**

Esta pregunta tuvo un índice de discriminación bajo. El equipo de examinadores estuvo de acuerdo en que se trataba de una pregunta difícil y que había que tenerlo en cuenta al establecer los límites de grado.

### **NM P14**

La formulación de esta pregunta debería haber sido mejor en lo que respecta a dejar claro que el tiempo  $t$  se refería al tiempo después de que el impulso se hubo aplicado. Las estadísticas sugieren que ésta es la interpretación aceptada por la mayoría de los candidatos y que fueron pocos los candidatos que resultaron perjudicados.

## NM P22

Esta pregunta tuvo un bajo índice de discriminación. El equipo de examinadores estuvo de acuerdo en que se trataba de una pregunta difícil y que había que tenerlo presente al establecer los límites de grado.

## Recomendaciones y orientaciones para la enseñanza de futuros estudiantes

Los candidatos deberían abordar todos los ítems. Si no están seguros de cuál es la respuesta correcta de un ítem determinado, entonces deberían dejarlo y pasar al siguiente. Sin embargo, tendrían que reservar un tiempo para revisar esos ítems, y si aún no pueden indicar la respuesta correcta, siempre podrían elegir la opción que, para ellos, resulta ser la más probable. Debería recalarse que una respuesta incorrecta no da lugar a reducción en la puntuación.

El enunciado debe leerse cuidadosamente. Da la impresión de que algunos candidatos no leen el enunciado completo sino que, habiendo determinado el significado general, pasan a las opciones. Los ítems de elección múltiple se plantean tan brevemente como es posible. En consecuencia, todos los términos son significativos e importantes.

Tras decidir la respuesta correcta, y si les queda tiempo, los candidatos deberían comprobar que las demás opciones no son viables.

## Prueba dos

### Bandas de calificación del componente

#### Nivel superior

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 10	11 - 20	21 - 31	32 - 40	41 - 49	50 - 58	59 - 95

#### Nivel medio

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 4	5 - 9	10 - 17	18 - 22	23 - 26	27 - 31	32 - 50

## Generalidades

Hubo exámenes excelentes en ambos niveles. Sin embargo, a muchos candidatos les resultó difícil obtener una buena calificación, a pesar de que había muchos puntos asequibles hasta para los candidatos menos capaces. La falta de precisión y completitud caracterizó las respuestas a las preguntas cualitativas o descriptivas. Observaciones similares son aplicables al enunciado de leyes, así como a la explicación o interpretación de fenómenos relacionados con las leyes de la física.

En general, los candidatos mostraron buenos conocimientos en mecánica clásica, física térmica y ondas. Sus conocimientos de los campos (eléctrico, magnético y gravitatorio) eran más limitados. También fue limitado y "elemental" su conocimiento de la física moderna. En

el NS, la producción y caracterización de los rayos X fue, sorprendentemente, muy pobre. Posiblemente, algunas partes del programa se cubren pobremente o muy rápidamente. Esto incluiría la gravitación, el movimiento de partículas en un campo magnético, inducción electromagnética y ondas estacionarias.

La pregunta relativa al vagón atravesando un tanque de agua raramente se respondió completamente, porque a los candidatos les resultó difícil adaptar sus conocimientos y habilidades analíticas a situaciones nuevas, aún cuando la pregunta estaba estructurada de manera progresiva. En la pregunta sobre análisis de datos, muchos candidatos no supieron cómo dibujar a mano alzada la mejor línea, ni fueron capaces de calcular la pendiente de la curva en un punto. Posiblemente, no conocían el significado de la pendiente de una curva.

## Áreas del programa y del examen que parecen haber resultado difíciles para los estudiantes

El equipo de examinadores detectó las siguientes áreas en las que muchos candidatos presentaron dificultades:

### En mecánica:

- Naturaleza y el papel de la fuerza centrípeta mientras un coche toma una curva (innecesaria en un sistema de referencia acelerado, etc.). La fuerza centrípeta siempre será físicamente identificable.
- Aplicación de las relaciones dinámicas y energéticas al movimiento de cuerpos en un campo gravitatorio (satélite).

### En campos:

- Naturaleza y características de las líneas de campo.
- Comportamiento de las partículas cargadas en un campo magnético, incluyendo el movimiento circular.

### En inducción electromagnética:

- Ley de Faraday
- Funcionamiento detallado de un transformador, y cálculos de los valores eficaces de  $V$  e  $I$  en el primario y secundario.

### En física atómica:

- Producción de rayos X e interacción de los rayos X con la materia.

### En física nuclear:

- Medida de la duración de la semivida.
- Detalles de los fenómenos de la radiactividad.
- Energía de enlace en la fisión.

### En ondas:

- Principio de superposición de ondas y sus aplicaciones a la interferencia de ondas.
- Formación de ondas estacionarias.

**En termodinámica:**

- Procesos adiabáticos en un diagrama p-V.

## Áreas del programa o del examen en que los estudiantes demostraron estar bien preparados

En general, los candidatos demostraron un buen conocimiento promedio en las siguientes áreas:

- Calor latente y calor específico.
- Fenómenos ondulatorios (hechos básicos).
- Aplicaciones numéricas involucrando fórmulas.
- Preguntas sencillas e.g. sobre el momento lineal o la energía cinética.
- Movimiento uniformemente acelerado.
- Definiciones y unidades derivadas.

Un número cada vez mayor de candidatos evitó perder puntos por uso incorrecto de cifras significativas y unidades equivocadas. Raramente se han visto tantas cifras significativas acarreadas en los cálculos.

## Puntos fuertes y débiles de los estudiantes al abordar las distintas preguntas

Hubo muchas preguntas comunes a los niveles NM y NS. Los comentarios que siguen están ordenados según aparecen las preguntas en el NS. También se incluyen las preguntas de NM.

### Sección A

#### A1 [(a)-(d) NS y NM]- Pregunta sobre análisis de datos

El nivel de destreza analítica entre los candidatos fue significativamente variado. Sin embargo, algunos fueron capaces de obtener muchos puntos. La capacidad de dibujar a mano alzada una curva apropiada a través de los puntos fue determinante para salir airoso en la interpolación y la extrapolación de valores numéricos, o en el trazado de tangentes apropiadas a la curva (a y b). Se solicitaba de los candidatos que siguieran los distintos pasos cuidadosamente y proporcionaran valores numéricos razonablemente exactos. No siempre se reconoció el carácter negativo de la pendiente. En (c) los candidatos podían dar alguna explicación para una relación no lineal en la gráfica, pero muchas respuestas fueron muy incompletas o no hicieron mención al gradiente variable o a la pendiente. En su lugar, muchos intentaron utilizar la ley de Ohm y el efecto de la energía térmica sobre la resistencia eléctrica. En (d) muchos candidatos no utilizaron la escala Kelvin o únicamente calcularon dos valores de los datos, pero la mayoría logró al menos dos puntos. En (a)(ii) NS se indicaron algunos porcentajes de incertidumbre con 2 cifras significativas, cuando la pregunta se refería a una estimación.

#### A2 [NS] Radiactividad

(a) Muchos candidatos no consideraron el hecho de que la semivida fuese muy larga y sugirieron métodos poco realistas. Muy pocos sugirieron medir la actividad y el número de

átomos del isótopo. No se reconoció el significado de la relación  $A = \lambda N$ . En (b), sólo un número pequeño de candidatos se dieron cuenta de que la fracción era igual a  $(0,5)^{1,6}$ .

### A2 [NM] Unidades

Muchos candidatos eligieron el newton como unidad “derivada”, pero obtuvieron la respuesta correcta para la unidad de rapidez. La unidad derivada de  $k$  se respondió bien, aplicándose el error acarreado (error carried forward en ingles, en adelante ECF).

### A3 [NS] Gas ideal y entropía

- (a) Los mejores candidatos dibujaron la curva por encima de la dada y con más pendiente que ella.
- (b) Muchos rotularon correctamente  $G$  o puntuaron con el ECF. Muchos sombrearon el área entre las dos curvas o lograron puntuar, de nuevo con el ECF.
- (c) Muchos candidatos fueron capaces de identificar correctamente los cambios en la entropía. Algunos dieron excelentes explicaciones de por qué disminuye la entropía del gas.

### A3 [NM] Muelles

(a) En general, bien respondida, aunque algunos candidatos no fueron capaces de determinar la elongación real de cada muelle. El error más común en (b) fue no darse cuenta, al calcular la fuerza neta, de que las dos fuerzas actúan en sentidos opuestos.

### A4 [NS] Transformador ideal

- (a) Raramente se enunció de manera complete la ley de Faraday (una pregunta típica).
- (b) En la mayoría de los casos, al describir el funcionamiento del transformador no se mencionó el núcleo (i). La razón de un núcleo laminado no fue bien comprendida, sugiriendo muchos que era para aislar eléctricamente el núcleo del bobinado (ii). En (iii) una mayoría de candidatos calculó el número de vueltas correctamente y muchos perdieron un punto por las cifras significativas. A menudo, los candidatos calcularon la intensidad de corriente para el secundario en vez de para el primario. En general, el conocimiento de la inducción electromagnética resultó pobre, vago e incompleto.

### A4 [NM] Electroscopio

- (a) Muchos candidatos determinaron que la hoja debería caer en (a) o elevarse en (b) pero no pudieron mostrar una distribución correcta de las cargas negativas sobre el tope (a), o sobre las láminas y el tope (b). Consecuentemente, a los candidatos les resultó difícil sugerir por qué un electroscopio puede, o no, dar una medida de la carga, por diferentes razones:
  - No se hacía referencia a los diagramas identificados específicamente en el enunciado de la pregunta
  - Se consideraba el tipo de carga en vez de la cantidad de carga
  - Se comprendía pobremente la electricidad estática
- (b) En (c), no se indicaba específicamente que también se retiraba la barra, pero considerando que este es un procedimiento clásico y que la barra no aparecía en el diagrama 4, esta omisión no está en el origen de las dificultades encontradas por la mayoría de los candidatos en (c). Esto parece confirmado por el hecho de que

muchos candidatos representaron el diagrama 4 con un solo tipo de carga. Solamente muy pocos se dieron cuenta de que cuando la hoja está caída (diagrama 3), el tope aún está cargado.

## Sección B

### B1 [Parte 1 NS y (a-b) NM] Unidades y momento lineal

Unidades [NS]

- (a) Muy pocos candidatos fueron capaces de definir satisfactoriamente las unidades fundamentales.
- (b) Un error frecuente fue expresar las unidades de R en términos de “momento lineal” y no de “ritmo de cambio del momento lineal”. Hubo muchas respuestas correctas.

### Definiciones [(c) NS, (a) NM]

Generalmente bien respondida.

### “Vagón en un parque de atracciones” [(d) NS, (b) NM]

La mayoría de los candidatos calcularon correctamente las respuestas a (i) e (iii), pero no siempre indicaron que el cambio en el momento lineal del vagón se transfería al agua. En (iii), algunos encontraron difícil calcular la aceleración a pesar de que eran posibles varios enfoques. En (c)(i), la pérdida total de energía cinética del vagón se hizo bien (salvo algún SD-1: descuento de un punto por cifras significativas), pero algunos candidatos supusieron que la ganancia de energía cinética del agua era la misma, olvidando por tanto el punto clave del apartado (iii). En (d), la pérdida real de energía cinética (constatada por algunos candidatos), o no se explicó o la explicación fue pobre. En su lugar, se presentaron leyes de conservación sin relación alguna con el fenómeno. Los resultados fueron muy pobres, con el sonido y el calor formando parte, a menudo, de la conclusión final.

### B1 [Parte 2 NS] Rayos X

Raramente algún candidato logró máxima puntuación en el diagrama de rayos X de (a). En (b) y (c), a menudo, se confundieron rayos X y efecto fotoeléctrico. En (c), la radiación de frenado fue pobremente explicada o comprendida. Esta parte planteaba una pregunta bastante directa para la que unos conocimientos básicos hubieran llevado a obtener al menos 6 o 7 puntos.

### B1 [Parte 2 NM] B2 [Parte 2 NS] Campos de fuerza

- (a) En (i), la mayoría identificó correctamente los cambios en la intensidad de campo, pero, en (b), pocos fueron capaces de explicar completamente por qué las líneas de campo nunca se cruzan. Muchos sugirieron que las líneas de campo se repelen entre sí. En [NS (iii)] se dibujaron muchos buenos patrones, a veces sin cuidado alguno (algunas líneas se cruzaban entre sí).
- (b) “Trayectorias de partículas en una cámara de burbujas”: Muchos omitieron la idea del movimiento circular de las partículas, pero otros tantos identificaron correctamente las cargas opuestas. Hubo alguna ambigüedad, como cuando se respondía “cargas diferentes”. Pocos candidatos explicaron completamente la forma espiral de la trayectoria. Muchos sugirieron que las dos partículas se repelían entre sí.

### B2 [Parte 1 NS y NM] Calor latente y calor específico

- (a) (i) La mayoría identificó el concepto de energía/masa, pero muchos omitieron “a temperatura constante”.
- (ii) Muchos escribieron a propósito de la “rotura de enlaces”, pero no hicieron mención al incremento en la energía potencial (un concepto difícil de captar). La temperatura y la  $E_C$  se relacionaron bien. A veces se confundieron los conceptos de vaporización y de evaporación.
- (b) (i) A menudo el resistor variable se omite o no se identifica como tal.
- (ii): La intensidad de corriente se calcula correctamente.
- (iii): Raramente algún candidato logró los 4 puntos. No se constataron las pérdidas de energía térmica hacia el entorno, por lo que no se hicieron esfuerzos en este sentido. Normalmente se calcularon correctamente uno o dos valores del calor latente de vaporización, así como un valor medio. Algunos candidatos no supieron tratar el cociente  $\Delta m/\Delta t$ , o no conocían  $Q = Pt$ . Tampoco supieron aplicar la habitual ecuación  $Q = mc\Delta t$  a los datos proporcionados, donde aparece la masa perdida por unidad de tiempo. La mayoría obtuvo 1 o 2 puntos.
- (c) Buenos resultados en (i) e (ii). Algunos casos de falta de atención en (ii), donde el problema estaba en no leer atentamente (“cada año”).

### B2 [Parte 2 NM] B4 [Parte 2 (a)-(b) NS] Movimiento lineal (gotas de aceite)

Un número significativo de candidatos tuvo mucha dificultad en interpretar la pregunta. Pocos dibujaron correctamente 3 puntos sobre la parte izquierda del diagrama, incluyendo el punto correspondiente a la posición en  $t = 0$ . La mayoría de los candidatos hizo esfuerzos razonables. Muchos puntuaron en (a)(i) y en (b)(i). En (b)(ii) los resultados de los cálculos de la aceleración fueron variados. En este caso, a veces, las ecuaciones del movimiento uniformemente acelerado se utilizaron a ciegas, sin un conocimiento sólido de cómo aplicarlas a esta situación concreta. Los examinadores aplicaron el ECF a lo largo de toda la pregunta para reconocer el conocimiento de los candidatos.

### B3 [Parte 1 NS y NM] Fenómenos ondulatorios

En general, la parte 1 se respondió bien y los mejores candidatos presentaron respuestas completas.

- (a): resultados variados sobre la interpretación de la gráfica  $x(t)$  en (i) o al leer el periodo correctamente sobre el eje de tiempos (la unidad “ms” confundió a muchos), en (ii).
- (b): las condiciones para ondas estacionarias fueron, a menudo, incompletas y algunos candidatos describieron una onda estacionaria en vez de las condiciones requeridas para producirla, en (i). Muchos asociaron los montones a los nodos de una onda estacionaria, en (ii). El hecho de que  $\lambda = 2 \times 9,3$  cm no siempre fue reconocido, en (iii).
- (c): muchos candidatos dibujaron en base a sus conocimientos teóricos previos, en vez de usar la evidencia experimental que se daba en el enunciado de la pregunta (aumento en la separación de los montones  $\Rightarrow$  aumento en  $\lambda$ , por lo tanto...).

### B3 [Parte 1 (d-e) NS]

- (d) A menudo, la interferencia constructiva se explicó en el contexto de una situación concreta, en vez de en términos generales. Frecuentemente, la palabra clave

“desplazamiento” no se utilizó. Muy buena interpretación de los diagramas de frentes de onda.

- (e) Muchos candidatos calcularon correctamente la longitud de onda, aunque perdieron un punto debido a un error en el cálculo de la anchura de la rendija.

### B3 [Parte 2 NS y NM] Desintegración nuclear

Como se observaba en otras partes del examen donde estaba involucrada la física moderna, el nivel de éxito es muy variado aún cuando, a menudo, las preguntas se refieran meramente a conocimientos básicos.

- (a) Pocos candidatos obtuvieron puntuación máxima al describir la naturaleza de la desintegración radiactiva. Faltas de precisión (núcleos inestables, no átomos, desintegración), de completitud, o una tendencia a repetir más que a exponer diferentes aspectos. Raramente se hace referencia a un “hijo” más estable, como producto de la desintegración: el núcleo original “desaparece”.
- (b) En (i), se reconoció bien la fisión. En (ii), se obtuvieron resultados variados al disponer los tres elementos sobre la gráfica. Menos de la mitad de los candidatos calculó correctamente la energía de enlace por nucleón y la mayoría sumó 187 MeV en vez de restarlos, en (iii), un error serio que indica una pobre comprensión del fenómeno. Sólo unos pocos indicaron correcta y completamente, en (iv), por qué los neutrones no tienen energía de enlace.

### B4 [Parte 1 NS] Gravitación

- (a) Esta pregunta fue altamente popular, tal vez porque estaba basada en la mecánica y, posiblemente, sin física moderna. Algunos candidatos pueden haber subestimado el alto nivel de expectativa para las respuestas a preguntas cualitativas o descriptivas. La mayoría de los candidatos explicó bien por qué los satélites no estaban en equilibrio, en (i). Muchos sugirieron que el satélite, en (ii), estaba más allá de la atracción gravitatoria de la Tierra... mostrando un conocimiento muy pobre. Sólo un pequeño número mostró una comprensión completa.
- (b) La mayoría indicó correctamente la expresión para  $E_p$ , en (i), y bastantes derivaron correctamente la expresión para  $E_c$ , en (ii).
- (c) No muchos escribieron la expresión correcta para la energía total. La aplicación de esta ecuación a un satélite resultó, a menudo, incompleta y confusa. La mayoría obtuvo un máximo de 2 puntos. Alguno no se refirió a (b), aún cuando estaba claramente indicado en la pregunta hacerlo.
- (d) Muy pobremente respondida. Se adjudicaron cuatro puntos a este apartado, sugiriendo que cuatro aspectos importantes y diferentes deberían considerarse. Entre los puntos débiles figuraban:
- Se ignoraban conceptos sobre órbitas mecánicas.
  - Ideas “superficiales”: “la  $E_p$  disminuye, por tanto la  $E_c$  aumenta...”
  - Raramente las pérdidas en la energía total se atribuían a la resistencia al avance de la atmósfera (en aumento)  $\Rightarrow$  disminución en la altura  $\Rightarrow$  aumento en la velocidad  $\Rightarrow$  aumento de la resistencia al avance, y así sucesivamente.
  - Considerando la relación  $E_c = \frac{1}{2} mv^2$ , “pequeño” satélite  $\Rightarrow$  “pequeña” masa  $\Rightarrow$  mayor velocidad.

Un número grande de candidatos obtuvo solamente 1 punto de 4.

#### **B4 [Parte 2 (c) NS] “Automóvil con pasajeros tomando una curva”**

- (i) Con frecuencia, se hizo mención de la fuerza centrípeta, pero sin identificarla como la fuerza de rozamiento entre neumático y carretera, y sin indicar su sentido “hacia el centro de la circunferencia” (a menudo se utilizaba la expresión vaga “hacia el centro de giro”).
- (ii) Una gran mayoría obtuvo 1 punto de los 3 posibles, al mencionar el papel de la inercia. El conocimiento mostrado fue vago, incompleto y confuso. Muchos sugirieron que los pasajeros experimentaban una fuerza hacia afuera como reacción a la fuerza centrípeta. Otros proponían que la fuerza centrípeta se equilibraba con la centrífuga... el tipo de respuesta dada desde un sistema no inercial. Algunas respuestas mostraban un pensamiento crítico claro y eficiente.

### **Recomendaciones y orientaciones para la enseñanza de futuros estudiantes**

Se reconocen completamente los esfuerzos de los profesores para cubrir un programa exigente. Es de esperar que las siguientes recomendaciones sirvan de ayuda.

- Los candidatos deben darse cuenta de la importancia de leer **muy** cuidadosamente las preguntas e instrucciones.
- Practicar con pruebas BI anteriores y con sus esquemas de corrección, de modo que los candidatos se familiaricen con todas las facetas de un examen BI. En verdad, es un modo eficiente de comprobar el nivel de conocimientos y las destrezas de los candidatos, así como de familiarizarles con el tipo de preguntas BI y de las expectativas del esquema de corrección. Entrelazar sub-preguntas permite guiar a los candidatos hacia un objetivo concreto.
- Los candidatos deben familiarizarse con los verbos de acción. Cuando el verbo de acción es “explicar”, el número de puntos y el número de líneas disponibles para la respuesta indica que se necesita algo más que el recordatorio de hechos para obtener una puntuación máxima. Todos y cada uno de los pasos del razonamiento deben formar parte de la respuesta.
- Los candidatos deberían tener la oportunidad de aplicar sus conocimientos y destrezas a situaciones nuevas con las que no están familiarizados. Deben enfatizarse las capacidades analíticas.
- Cuando los candidatos den definiciones o indiquen leyes, deben enfocarlas con precisión y de modo completo. Deberían ser capaces de identificar los símbolos de una ecuación por la relación mutua entre ellos.
- Los candidatos deberían practicar el dibujo a mano alzada de curvas de mejor ajuste, la lectura de escalas y el cálculo de pendientes. Han de clarificarse los conceptos de linealidad y proporcionalidad. Los candidatos deberían darse cuenta de que sólo con mirar una gráfica no es posible calificar una curva como parábola o exponencial.
- Los candidatos deberían tener la oportunidad de organizar sus ideas, presentando sus respuestas de manera comprensiva y precisa, y usando la terminología correcta. Un planteamiento de “más o menos” genera poco éxito.

- Merece la pena dar especial atención a la Física Moderna. Una mayor destreza ampliaría el número de preguntas asequibles para los candidatos.

## Prueba tres

### Bandas de calificación del componente

#### Nivel superior

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 6	7 - 12	13 - 20	21 - 25	26 - 31	32 - 36	37 - 60

#### Nivel medio

<b>Nota final:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Puntuaciones:</b>	0 - 3	4 - 7	8 - 11	12 - 15	16 - 20	21 - 24	25 - 40

## Generalidades

La mayoría de los candidatos pareció encontrar la Prueba accesible y hubo algunos casos de buena o muy buena comprensión del contenido. No hubo evidencia de que a los candidatos les faltara tiempo para completar su trabajo.

La realimentación proporcionada por los profesores en los impresos G2 para NM y NS se resume más abajo. Sin embargo, debe constatar que menos del 10% de los Centros presentó los impresos G2, por lo que cuando las estadísticas indican, por ejemplo, un 2%, ello supone sólo un colegio.

#### Nivel medio

- El 72% encontró la prueba de un nivel similar al del último año, el 12% más fácil o mucho más fácil y el 16% más difícil. Globalmente, el 93% consideró que la prueba tenía un nivel adecuado y el 5% que era demasiado difícil, con el 2% que la consideró demasiado fácil.
- Una gran mayoría consideró satisfactoria la cobertura del programa (91%), el 7% pensó que era satisfactoria y el 2% la encontró pobre.
- También una gran mayoría consideró buena la claridad de la redacción (86%), el 12% satisfactoria y el 2% pobre.
- El 91% consideró buena la presentación y el 9% satisfactoria y nada pobre.
- Como en años anteriores, las opciones más respondidas fueron la A (Ampliación de mecánica) y la H (Óptica).

#### Nivel superior

- Alrededor del 69% encontró la prueba de un nivel similar al del último año, el 8% un poco más fácil y el 23% la describió como un poco más difícil (19%) o mucho más difícil (4%). Globalmente, el 91% consideró que la prueba tenía un nivel de dificultad adecuado y un 9% que era demasiado difícil.

- Una gran mayoría (91%) consideró buena la cobertura del programa y el 9% la encontró adecuada.
- Alrededor del 86% consideró buena la claridad de la redacción, el 12% satisfactoria y el 2% pobre.
- Alrededor del 93% consideró buena la presentación, el 5% satisfactoria y el 2% pobre.
- Como en años anteriores, las opciones más respondidas fueron la H (Óptica), la F (Astrofísica) y la G (Relatividad), aunque hubo un aumento considerable en la opción D (Física Biomédica) y en la E (Historia y Desarrollo de la Física).

## Áreas del programa y del examen que parecen haber resultado difíciles para los estudiantes

Las áreas identificadas como difíciles por el equipo de examinadores fueron las siguientes:

- Explicación de conceptos físicos de modo que se demuestre comprensión (e.g. explicación del tiempo propio, sistemas de referencia, brillo aparente o eje principal de una lente). Se encontraron vaguedades y faltas de precisión en muchos intentos de definir conceptos básicos.
- Proporcionar suficiente profundidad y detalle en preguntas calificables con más de un punto. Esto resultó particularmente cierto en preguntas que involucraban a los verbos de acción “explicar”, “discutir” y “resumir”.
- Interpretación de gráficas, fallando en su comprensión la cuidadosa lectura de las unidades de los ejes.
- Utilización de expresiones trigonométricas al resolver vectores o planos inclinados.
- Comprensión de la hipótesis de De Broglie.
- Explicación del origen del espectro continuo de rayos X y del papel de la excitación en la formación del espectro característico.
- Tratamiento de la desintegración radiactiva, cuando  $t$  no es un número entero de semividas.
- Identificar y expresar matemáticamente las transferencias de energía en la aceleración de una partícula.
- Descripción de lo básico sobre imágenes por ultrasonidos.
- Conocimiento del modelo atómico de Bohr.
- Relacionar el espectro electromagnético con posibles fuentes emisoras de esas ondas.
- Explicación de la interferencia en películas delgadas.

## Áreas del programa o del examen en que los estudiantes demostraron estar bien preparados

Frecuentemente, la mayoría de los candidatos hizo bien los cálculos matemáticos sencillos. Muchos parecían bien preparados y capaces de proporcionar algunas respuestas excelentes, que mostraban una buena comprensión de los conceptos, particularmente en las opciones de Ampliación de Mecánica, Astrofísica y Óptica.

## Puntos fuertes y débiles de los estudiantes al abordar las distintas preguntas

### Sólo NM

#### Opción A – Ampliación de Mecánica

##### A1 Movimiento de proyectiles

Muchos candidatos fueron capaces de leer correctamente la gráfica y fácilmente lograron los dos primeros puntos, poniendo en práctica destrezas sencillas. Sin embargo, un número considerable tuvo problemas al interpretar la gráfica y algunos estudiantes se preguntaban claramente acerca de la unidad ( $\text{J kg}^{-1}$ ), por lo que sólo abordaron la solución por medio de las fórmulas de la cinemática. Aquellos que leyeron correctamente la gráfica como energía cinética por unidad de masa fueron normalmente capaces de lograr todos los puntos. Algunos estudiantes exhibieron un tratamiento defectuoso de las cifras significativas a la hora de determinar la velocidad a partir de su raíz cuadrada.

##### A2 Movimiento orbital

Muchos candidatos estaban familiarizados con la tercera ley de Kepler y lograron fácilmente un punto identificando los símbolos utilizados en la fórmula. Entonces, la mayoría de los candidatos fue capaz de obtener un punto al identificar la fuerza y la rapidez orbital, como se pedía. Un número satisfactorio de candidatos dedujo la constante a partir de la expresión básica de la fuerza (gravitatoria) neta, igual a la masa del satélite por su aceleración centrípeta. La inmensa mayoría indicó correctamente la expresión para la intensidad del campo gravitatorio y algunos perdieron un punto por no ser suficientemente cuidadosos al establecerla en términos de  $M_T$  y  $R_T$ . Es importante resaltar que, como norma general, la mera anotación de una fórmula, tal y como se da en el cuadernillo de datos, no puntúa salvo que se utilicen los símbolos correctos relativos al contexto de la pregunta o, al menos, se expliquen los símbolos según la redacción de la pregunta concreta. El último apartado se respondió menos exitosamente; muchos candidatos no usaron la distancia correcta,  $2R_T$ , o empezaron de nuevo, sin aplicar los conceptos estructurados en la pregunta.

##### A3 Rozamiento

Esta pregunta presentó claramente más dificultad a los candidatos que las anteriores. Aunque bastantes candidatos obtuvieron los dos primeros puntos, un número sorprendentemente grande confundió el seno con el coseno del ángulo o determinó la componente de la aceleración en vez de la del peso. Quienes identificaron las componentes y mostraron familiaridad con ésta típica situación lograron fácilmente la totalidad de los puntos. Sin embargo, bastantes fueron incapaces de obtener la expresión para la fuerza neta y, por tanto, terminaron por obtener un valor incorrecto del coeficiente de rozamiento o tan sólo lo escribieron, aunque sus cálculos no lo mostrasen.

#### Opción B – Física cuántica y Física nuclear

##### B1 Hipótesis de De Broglie

Esta pregunta marcó claramente diferencias entre los candidatos que obtuvieron la totalidad de los puntos fácilmente y aquellos que no conocían lo más básico del tema.

## **B2 Espectros de rayos X**

La explicación del origen del espectro continuo fue pobre e incompleta. La razón fundamental de la ausencia de espectros característicos por debajo de un potencial de 20 kV raramente se abordó para conseguir los puntos adjudicados. Los candidatos deberían sacar provecho utilizando los puntos adjudicados como guía para estructurar su respuesta. Los cálculos pedidos resultaron más exitosos y un número significativo de candidatos obtuvo la totalidad de puntos.

## **B3 Reacciones nucleares**

Sorprendentemente, un número significativo de candidatos tuvo dificultades para lograr los dos primeros puntos indicando correctamente el número de protones y neutrones para una desintegración  $\beta^+$ . Aquellos que respondieron correctamente también lograron puntos en los restantes apartados de la pregunta. Muchos candidatos tuvieron dificultades para resolver una situación en la que  $t$  no es un número entero de veces  $T$ .

## **Opción C – Ampliación de energía**

### **C1 Procesos termodinámicos y motor diesel**

Muchos candidatos mostraron seguridad en su descripción de un proceso adiabático. Sin embargo, la identificación del cambio en la energía térmica transferida al aire resultó menos exitosa y las respuestas abarcaron todas las posibilidades existentes de responder. Un buen número de candidatos se mostró familiarizado con el ciclo de Carnot.

### **C2 Energía solar**

Normalmente, esta pregunta se respondió bien. Sin embargo, un número significativo de candidatos tuvo problemas al confundir claramente, o permutar entre sí, las unidades de potencia y de energía.

### **C3 Energía nuclear**

Esta pregunta puso de manifiesto la confusión o la falta de comprensión sobre el papel de los neutrones en las reacciones de fisión, y la confusión con los métodos de transferirse la energía en lugar de un enfoque sobre las transferencias reales de energía.

## **NM y NS conjuntamente**

### **Opción D – Física biomédica**

#### **D1 Escalamiento**

Normalmente, esta pregunta se respondió bien y muchos candidatos lograron la totalidad de puntos.

#### **D2 Sonido y audición**

Los candidatos obtuvieron en esta pregunta un número significativo de puntos, aunque la falta de precisión supuso un problema en la identificación de  $I$  en la ecuación proporcionada. El simple término “factor” pareció haber desconcertado a los candidatos menos matemáticos. Normalmente, la gráfica se hizo bien, aunque algunos candidatos no tuvieron demasiado cuidado en presentar los tres elementos que se esperaban: un aumento de la intensidad a todas las frecuencias, un rango de frecuencias más reducido y grandes diferencias en la intensidad para altas frecuencias.

### **D3 Imágenes médicas**

Muy pocos candidatos fueron capaces de indicar aproximadamente el rango correcto de las frecuencias de ultrasonidos; el error más común fue el rango de frecuencias audibles. Más exitoso fue el análisis de las restantes preguntas sobre imágenes de ultrasonidos. Aquellos candidatos que, en imágenes de rayos X, se dieron cuenta de que se trataba de un número entero de espesores hemirreductores lograron normalmente la totalidad de los puntos. La redacción sobre el cociente era confusa, pero el esquema de corrección permitió tenerlo en cuenta a que quienes interpretaron el cociente como estaba redactado y utilizaron la disminución real de intensidad para calcularlo.

### **D4 [sólo NS ] Energía utilizada por el cuerpo**

Los candidatos deberían haber sacado provecho del verbo de acción empleado como un indicio de la profundidad del tratamiento requerido, pues muchos presentaron los cálculos sin indicar ninguna conclusión sobre la energía disponible para el cuerpo en una rebanada de pan. El verbo de acción “deducir” pide llegar a una conclusión a partir de la información dada, como se especifica en la guía de la asignatura. En la misma línea argumental, la mayoría de los candidatos puntuó por explicar la necesidad que tiene el cuerpo de usar mucha más energía, aún cuando pocos utilizaron el número de puntos adjudicados a la pregunta para estructurarla.

### **D5 [sólo NS] Radioisótopos en medicina**

Mientras que la sencilla definición de semivida biológica se respondió normalmente bien, los restantes cálculos, que combinaban ambas semividas y aplicaban el concepto de  $\lambda_{\text{eff}}$  y la ecuación correspondiente para obtener el cociente de actividades, indicaron que los candidatos no estaban familiarizados con la manera de manipularlos.

## **Opción E – Historia y desarrollo de la física**

### **E1 Modelos de sistema solar**

La diferencia esencial entre los modelos ptolemaico y copernicano fue bien respondida por todos, pero muchos no supieron describir correctamente el hecho de que las estrellas permanezcan fijas en la superficie de una esfera centrada en la Tierra. Se pudieron leer unas pocas respuestas excelentes sobre la contribución de Newton al trabajo de Kepler, y la mayoría de los candidatos obtuvo, al menos, algún punto.

### **E2 Teorías sobre el movimiento de proyectiles**

Aún cuando los candidatos estaban familiarizados con las ideas de Aristóteles sobre el movimiento, sólo se pudieron leer referencias generales sobre los movimientos violentos y los naturales. Los candidatos deberían tratar de responder utilizando sus conocimientos para afrontar el contexto específico de la pregunta.

### **E3 Teorías del calor**

En general se respondió bien y casi todos los candidatos lograron la mayoría de los puntos.

### **E4 Medida de la razón carga-masa**

Muchos tenían conocimientos razonables sobre el tubo de rayos catódicos utilizado por J.J. Thomson y respondieron exitosamente a la pregunta. La falta de precisión en el lenguaje constituyó un problema para identificar la diferencia de potencial aplicada a las placas deflectoras del haz.

**E5 [sólo NS] Teoría de Bohr**

Sorprendentemente, pocos candidatos fueron capaces de indicar adecuadamente el segundo postulado de Bohr. Aunque muchos lograron puntos parciales en los restantes apartados de la pregunta, normalmente optaron por dar ejemplos en vez de resumir la respuesta (resumir: dar una breve explicación o resumen de lo esencial). Los candidatos tuvieron más éxito en los sencillos cálculos requeridos para determinar el valor de  $n$ . Muy pocos indicaron correctamente por qué debería ser mayor el valor de  $R_H$ .

**Opción F – Astrofísica****F1 Cúmulos estelares y galaxias**

Un número sorprendentemente grande de candidatos no logró obtener todos los puntos, justamente por centrarse en los aspectos básicos de un cúmulo estelar y de una galaxia. Muchos mostraron no tener idea sobre las galaxias, tratando de incluir al Sistema Solar como su característica principal. Un número razonable de candidatos sabía el cociente aproximado de la distancia entre estrellas en una galaxia/distancia entre galaxias y lo situó dentro del rango aceptable de  $10^{-5}$  a  $10^{-7}$ .

**F2 Área superficial de una estrella**

Aunque muchos candidatos tuvieron problemas para definir con precisión los conceptos básicos, como brillo aparente y magnitud aparente, hubo respuestas adecuadas en el resumen de cómo se determina la temperatura superficial de una estrella. La mayoría conocía los métodos de medida de la distancia a una estrella, pero pocos lo relacionaron con el contexto de la pregunta y no lo mostraron en el caso concreto de la estrella Wolf-359, al no utilizar la información proporcionada. Los restantes cálculos se manipularon consistentemente bien.

**F3 Paradoja de Olbers**

Normalmente bien respondida por aquellos candidatos que, obviamente, habían discutido la paradoja en clase.

**F4 [sólo NS] Estrellas de la Secuencia Principal**

Muchos candidatos estaban familiarizados y mostraron correctamente la trayectoria evolutiva de la estrella Q; también puntuaron por señalar la diferencia con P, que se esperaba fuera una estrella de neutrones o un agujero negro frente a una enana blanca. Sin embargo, muy pocos fueron capaces de hacer algo más significativo que establecer el límite de Chandrasekhar en cuanto a sugerir cómo P podría tener el mismo destino que Q.

**F5 [sólo NS] Galaxias y desplazamiento al rojo**

Una pregunta que fue normalmente bien respondida y condujo a un número razonable de candidatos a lograr la totalidad de los puntos.

**Opción G - Relatividad****G1 Sistemas de referencia y contracción de longitudes**

Un número sorprendente y significativo de candidatos no fue capaz de explicar qué es un sistema de referencia y muchos no hicieron referencia alguna a un sistema de coordenadas. Muchos candidatos sabían e indicaron correctamente los postulados de la relatividad especial, pero no supieron reconocerlos y aplicarlos en el típico contexto de simultaneidad de

medidas que necesitaban para validar la ecuación de transformación relativista para la contracción de la longitud. La mayoría de los candidatos puntuó parcialmente resumiendo el experimento de Michelson-Morley aunque no necesariamente en el contexto de la pregunta.

### **G2 Partícula acelerada**

Normalmente, la gráfica permitió obtener al menos un punto correspondiente a la curva asintótica tendente a 1,0; peor resultado se obtuvo con la gráfica curvada a partir de 0,3 aproximadamente. Algunos se sintieron confusos al utilizar  $\text{MeVc}^{-2}$ , aunque la mayoría de los candidatos más habilidosos logró puntuar parcial o totalmente.

### **G3 [sólo NS] Momento relativista**

Se presentó un amplio rango de respuestas que iban desde la obtención de todos los puntos en aquellos centros que parecían haber realizado antes los cálculos, hasta aquellos otros que claramente nunca se habían enfrentado con ellos. Un número significativo de candidatos consideró que 500 MeV era la energía total. Algunos candidatos transformaron las unidades para responder finalmente expresando el momento en Ns.

### **G4 [sólo NS] Espacio-tiempo**

Los candidatos se distribuyeron muy claramente entre aquellos que estaban familiarizados con el tema y se las arreglaron para obtener muchos puntos o la totalidad, y aquellos que no se habían enfrentado con el tema y basaron su respuesta sobre el satélite orbitando alrededor de la Tierra en la mecánica newtoniana, a pesar del marco en el que se situaba el tema: la Relatividad.

## **Opción H - Óptica**

### **H1 Espectro electromagnético**

Aunque algunos candidatos fueron capaces de obtener varios puntos, y muy pocos la totalidad, un número inesperadamente grande de ellos se dejó influenciar por el ejemplo proporcionado, la radiación gamma, y continuó completando la tabla con las partículas  $\alpha$  y  $\beta$ . En general, los estudiantes mostraron un mejor reconocimiento del espectro que una comprensión de lo que realmente puede constituir una posible fuente.

### **H2 Refracción**

En esta pregunta, muchos candidatos obtuvieron la totalidad de los puntos. El error más corriente fue omitir el rayo reflejado, a pesar del plural en el enunciado de la pregunta, y, además, trazar el rayo acercándose a la normal, ignorando u omitiendo la información proporcionada a través de la relación entre los índices de refracción.

### **H3 Formación de imágenes**

El diagrama de rayos era consistente y se dibujó correctamente, por lo que casi todos los candidatos obtuvieron la totalidad de los puntos. Sin embargo, las definiciones mostraron faltas de precisión que impedían, repetidamente, ganar más puntos a los candidatos; en particular, para el caso del eje principal. Normalmente, los candidatos no proporcionan detalles significativos, como el diferenciar el eje principal de cualquier otro que atravesase la lente. La identificación de la imagen como virtual y el cálculo relativo a la distancia lograron normalmente la totalidad de los puntos, pero la ventaja de utilizar la lente en el punto cercano no fue habitualmente establecida de modo tan preciso como se esperaba.

**H4 [sólo NS] Difracción en una rendija**

Las respuestas completas a esta pregunta fueron verdaderamente raras. Aunque los candidatos mostraron familiaridad con el término ondas secundarias, muchos optaron por la típica explicación de la interferencia debida a una rendija doble, mostrando que no habían leído detalladamente la pregunta. El cálculo mostró también que un número parecido de candidatos lo abordó correctamente o consideró el caso de la doble rendija. Un gran número de los que respondió correctamente sobre difracción fracasó en la lectura de la distancia correcta en la pantalla, pero fue capaz de lograr puntos por medio del error acarreado (ECF).

**H5 [sólo NS] Interferencia en película delgada**

La pregunta discriminó bien entre aquellos que resumían satisfactoriamente las razones y los que muy vagamente hablaban de dispersión o proporcionaban detalles no significativos, o diagramas sin rótulos adecuados.

**Recomendaciones y orientaciones para la enseñanza de futuros estudiantes**

Las recomendaciones del equipo de examinadores incluyen las siguientes ideas:

- Deberían enfatizarse y practicarse estrategias respecto a la lectura inicial de un problema. Muchas respuestas abordan el tema como probablemente se haya aprendido, sin la cuidadosa comprensión del contexto y, por tanto, de las sutilezas de la redacción específica de la pregunta.
- Los candidatos deberían tener más oportunidades a lo largo del curso para practicar con problemas tipo examen. También deberían familiarizarse con los esquemas de corrección, en cuanto a intentar guiar sus respuestas relacionándolas con el número de puntos adjudicados.
- Se debe proporcionar a los candidatos la lista de verbos de acción, tal y como aparece en el programa, y ayudarles con ellos. Resulta claro que muchos candidatos no reconocen la diferencia entre, por ejemplo, indicar y explicar una respuesta.
- Cuando se utilice un diagrama como complemento a una respuesta, se debe animar a los candidatos a prestar atención a la precisión del diagrama.
- Se debería dedicar tiempo suficiente para cubrir en profundidad las Opciones elegidas.