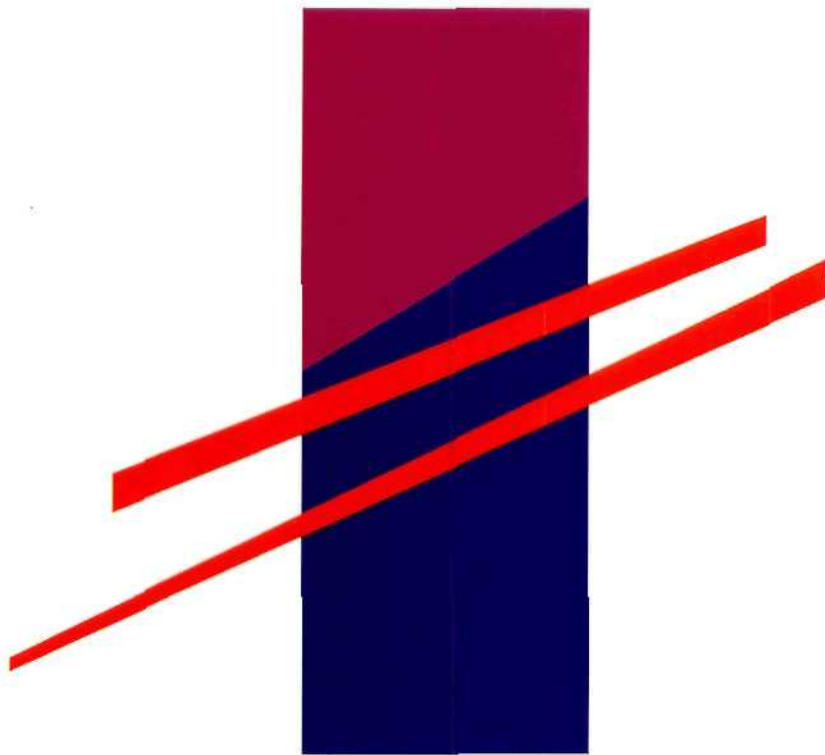


Materiales Didácticos

Mecánica

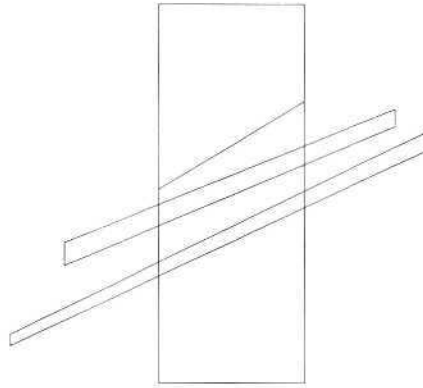


BACHILLERATO



Ministerio de Educación y Ciencia

Materiales Didácticos



Tecnología

Mecánica

Autor:

Luis Fernández González

Coordinación:

Antonio Herrán Palacios,
del Centro de Desarrollo Curricular



Ministerio de Educación y Ciencia

Coordinación de la edición:
CENTRO DE DESARROLLO CURRICULAR
DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES



Ministerio de Educación y Ciencia

Secretaría de Estado de Educación

Dirección General de Renovación Pedagógica

Centro de Desarrollo Curricular

Edita: Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica

N. I. P. O.: 176-95-342-3

I. S. B. N.: 84-369-2796-2

Depósito legal: M-1.358-1996

Impresión: artes gráficas palermo, s.l.

Prólogo

La finalidad de estos materiales didácticos para el Bachillerato es orientar al profesorado que empieza a impartir las nuevas enseñanzas en los centros que anticipan su implantación. Son materiales concebidos para facilitar la elaboración y el desarrollo de las Programaciones correspondientes a las distintas materias. Con su publicación y distribución, el Ministerio de Educación y Ciencia pretende proporcionar a los profesores y profesoras que van a impartir el Bachillerato un instrumento que les ayude a desarrollar el nuevo currículo y a planificar su práctica docente. Para ello se ofrecen propuestas de programación y unidades didácticas que incluyen sugerencias, orientaciones y actividades que pueden ser aprovechadas de diversos modos por el profesorado, sea incorporándolas a sus propias Programaciones, sea adaptándolas a las características de sus alumnos.

El desafío que para los centros educativos, y en concreto para el profesorado, supone anticipar la implantación de las nuevas enseñanzas merece no sólo un cumplido reconocimiento, sino también un apoyo decidido por parte del Ministerio, que, a través de la publicación de materiales didácticos y de otras actuaciones paralelas, pretende ayudar al profesorado a desarrollar su trabajo en mejores condiciones. El Ministerio valora muy positivamente el trabajo realizado por los autores de estos materiales, que se adaptan a un esquema general propuesto por el Servicio de Educación Secundaria del Centro de Desarrollo Curricular y han sido elaborados en estrecha colaboración con los asesores de este Servicio. Por consiguiente, aunque la autoría corresponde plenamente a las personas que los han diseñado, el Ministerio considera que son ejemplos válidos de programación y de unidades didácticas para las correspondientes materias. No obstante, son los propios profesores a los que van dirigidos estos materiales los que tienen la última palabra acerca de su utilidad, en la medida en que les resulten una ayuda eficaz para desarrollar su trabajo.

En cualquier caso, conviene poner de manifiesto que se trata de materiales con cierto carácter experimental, destinados a ser contrastados en la práctica, adaptados y completados.

Se trata, por tanto, de materiales para un momento de transición y, en ese sentido, de mayor complejidad. Por todo ello, las sugerencias o contrapropuestas que los profesores realicen, a partir de su práctica docente, respecto a estos u otros materiales, serán de enorme utilidad para mejorar o completar futuras ediciones y para proporcionar, por tanto, unos materiales didácticos de mayor calidad a los centros y profesores que en cursos sucesivos se incorporen a la reforma educativa.

El Real Decreto 1179/1992 de 2 de octubre, por el que se establece el currículo de Bachillerato, contiene en su anexo la información referida a esta materia que aparece, igualmente, al término del presente volumen.

Índice

	<i>Páginas</i>
I. INTRODUCCIÓN	7
Un primer acuerdo	7
Una cuestión de fondo	8
II. ORIENTACIONES DIDÁCTICAS Y PARA LA EVALUACIÓN	9
Una cuestión de jerarquía de contenidos	9
Los problemas didácticos y de evaluación	10
III. PROGRAMACIÓN	15
Introducción	15
Objetivos generales	16
Unidades didácticas	16
Criterios de evaluación	31
Prueba global de evaluación	33
IV. DESARROLLO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA 3	41
V. COMENTARIO SOBRE LA BIBLIOGRAFÍA	51
VI. ANEXO: CURRÍCULUM OFICIAL	53

"Los antiguos establecieron dos mecánicas: la Racional, que procede por demostraciones exactas, y la Práctica. A la Práctica pertenecen todas las artes manuales de las que propiamente toma el nombre de Mecánica.

... la Mecánica Racional será la Ciencia, propuesta y demostrada exactamente, de los movimientos que resultan de cualesquiera fuerzas y de las fuerzas que se requieren para cualesquiera movimientos".

Prefacio a PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA
Isaac Newton. 8 de mayo de 1686
Colegio de la S. Trinidad. Cambridge

Introducción

El objetivo de esta introducción es situar, razonadamente, el punto de vista del autor sobre lo que debe ser la materia de Mecánica dentro de la modalidad de Tecnología del Bachillerato.

Un primer acuerdo

Como primera característica, nos encontramos ante una materia que hasta ahora se situaba en los primeros años de estudios universitarios, es decir, que sus actuales profesores **sólo** la conocieron cuando cursaban éstos. Su reciente incorporación al Bachillerato, tramo educativo con finalidades propias y marcadamente distintas a la universidad, puede verse contaminada por visiones derivadas de la organización universitaria, donde la diferencia de objetivos (aprendizaje más terminal y no de habilidades cognitivas básicas), la mucho mayor extensión de los programas y sus tiempos de desarrollo, la mayor madurez intelectual de sus receptores, etc., han ido convirtiendo en tradicional una cierta forma metodológica y una determinada parcelación del estudio de la mecánica de los medios continuos. El otro referente, los contenidos de mecánica de los programas de Física del BUP, lejos de cualquier planteamiento tecnológico, se inscriben en los esfuerzos que a este nivel se realizan por lograr una cierta destreza para la conceptualización científica, de carácter cuasi geométrico.

En esta línea, el currículo oficial de esta materia plantea una diferencia entre la Estática (“... *que se ocupa de las condiciones de equilibrio de los cuerpos*”) y la Resistencia de Materiales (“... *que se ocupa del comportamiento (...) de elementos de estructuras y máquinas bajo la acción de cargas exteriores, poniendo en relación las fuerzas internas creadas y las deformaciones producidas.*”). El momento formativo en el que hay que situar esta materia la convierte en iniciadora del quehacer tecnológico de los estudiantes, lo que obliga a una mayor nitidez. Así, si se adscribe a la estática todo lo que signifique el estudio de la distribución de esfuerzos en un sistema en equilibrio sometido a cargas exteriores, de acuerdo con una determinada modelización de la realidad, se podrá establecer una continuidad en la resolución de problemas de complejidad creciente, incorporando, cuando la necesidad lo obligue (casos hiperestáticos), la condición de sólido elástico a alguno(s) de sus elemento(s), e introduciendo la compatibilidad de deformaciones como condición adicional (la brevedad del tiempo disponible, sumado al reducido artificio matemático que se puede emplear, hace necesariamente muy elemental el estudio posible de deformaciones). Esta óptica permite reservar la Resistencia de Materiales para dar el salto desde el cálculo de esfuerzos al dimensionamiento de elementos (que sólo se tratará tangencialmente), introduciendo la noción de coeficiente de seguridad y, con él, todo el conjunto de criterios que valoran el riesgo y que, por tanto, obedecen a un repertorio de causas que resulta imprescindible diferenciar de las conclusiones obtenidas por la aplicación de las leyes de la estática. Con este planteamiento se pretende potenciar la aplicación de la estática del sólido rígido en la resolución de problemas de dimensionamiento de elementos.

Por todo ello, la propuesta posterior se va a fundamentar en el planteamiento de modelos que permitan analizar e interpretar las soluciones dadas por la Técnica a determinados problemas de la mecánica práctica.

Para ello, y siguiendo un orden de complejidad creciente de problemas, se estudiará el equilibrio, la geometría del movimiento y la relación causa/movimiento con dos modelizaciones de la realidad. Un primer paquete de soluciones se buscarán en la hipótesis de sólido rígido, y para la solución de algunos problemas no resolubles desde esta hipótesis se trabajará con la de sólido elástico lineal, entrelazando ambas con una reflexión sobre el comportamiento real de los materiales.

Una cuestión de fondo

El desarrollo de la Mecánica como una de las materias representativas de la formación profesional de base que caracteriza a la modalidad de Tecnología del Bachillerato introduce importantes indicaciones sobre sus funciones.

Retomando la cita inicial, se podría decir que aquí la Mecánica se aborda pretendiendo representar, trescientos años después, un puente entre lo que entonces eran dos campos distantes: el desarrollo racional (la "teoría") y el actuar transformador (la "práctica"). El desarrollo de la tecnoestructura sobre la que hoy la humanidad asienta su existencia tiene una de sus causas fundamentales en la interacción y retroalimentación recíproca de ambas (la acción transformadora y la explicación de las causas). Esta mutua fecundación Técnica/Ciencia es la más clara caracterización de esa construcción humana que caracteriza nuestro siglo: la Tecnología.

Y sólo desde una línea de acción que permita conseguir que los alumnos "aprehendan" la posibilidad de interpretación, fundamentación y tutela de la acción práctica, desde la reflexión teórica (es decir, construyan los fundamentos de su formación tecnológica), es posible satisfacer el papel de formación tecnológica de base que la Mecánica debe cumplir en la modalidad de Tecnología del Bachillerato.

Por otra parte, la Orden Ministerial de 12 de noviembre de 1992, por la que se dictan instrucciones para la implantación anticipada del Bachillerato, establece en su Anexo III, para el curso segundo, dos opciones: la opción 1, "Ciencias e Ingeniería" (que incluye Matemáticas II, Física y Dibujo Técnico), y la opción 2, "Tecnología Industrial" (que incluye Tecnología Industrial II, Electrotecnia y Mecánica). Así pues, los alumnos y alumnas que desde la opción de Ciencias e Ingeniería soliciten la Mecánica lo harán como optativa. Por su parte, los alumnos y alumnas que sigan la opción de Tecnología Industrial y deseen acceder a la Universidad deberán cursar como materia optativa en segundo curso Matemáticas II y Física.

En este contexto curricular, la materia de Mecánica queda preferentemente colocada como itinerario formativo para aquellos alumnos y alumnas que quieran acceder a los ciclos formativos de Grado Superior, sin que esto suponga un obstáculo legal ni formativo para los que opten por seguir estudios universitarios.

Por todo ello parece aconsejable, para el establecimiento de un núcleo formativo estandarizable, priorizar el desarrollo de algunos contenidos, a fin de presentar un programa coherente y posible que cumpla las exigencias del objetivo central antes propuesto: el de sentar los fundamentos de la formación tecnológica relacionando acción transformadora/explicación fundamentadora.

Orientaciones didácticas y para la evaluación

Los presupuestos metodológicos desde los que se abordará el desarrollo de esta materia, manteniendo la coherencia necesaria con los generales del Bachillerato, surgen del citado objetivo central de establecer un puente sólido entre la reflexión justificativa y la acción transformadora, sentando bases firmes para la tutela desde la teoría de la acción práctica (acción técnica).

Una cuestión de jerarquía de contenidos

Desde el punto de vista de los contenidos característicos que hay que desarrollar en un curso de Mecánica, integrado en la modalidad de Tecnología del Bachillerato, surge una de las peculiaridades más significativas de este planteamiento.

Tradicionalmente, disciplinas que pretenden mostrar construcciones científicas tan redondas y coherentes como la mecánica newtoniana, centran su esfuerzo en los aprendizajes **conceptuales**. Dada la complejidad y coherencia de los conceptos que se pretenden mostrar, y partiendo de la creencia en la capacidad propia de los alumnos para buscarles aplicaciones, se acepta la hipótesis de que un buen conocimiento de la "teoría", ejemplarizado con casos "prácticos" de aplicación (como apoyo a la comprensión de los conceptos), resume un buen aprendizaje de la materia. Por su peso relativo, el mayor esfuerzo se dedica a la búsqueda de coherencia en el desarrollo del modelo conceptual, esperando de ella una más fluida aplicación por parte de los alumnos (más coherencia → más fluidez).

Una deformación del proceso anterior (más frecuente de lo deseable), que se produce cuando el nivel conceptual que se maneja queda por encima de la capacidad de asimilación (percepción significativa) de los alumnos, suele ser la constituida por una serie de "problemas" encadenados sin más lógica que la secuencia de un temario, y convertidos en un auténtico conjunto de recetas cuya repetición afortunada puede llevar al aprobado. (El entrecomillado de la palabra problema intenta disculpar la errónea utilización del término. Un problema no es problema si no **obliga a construir de forma autónoma la estrategia de solución**. La desesperación ante el fracaso de los alumnos en el despliegue de estas habilidades cognitivas lleva a algunos profesores a construir un conjunto de ejercicios, candorosamente "completo", destinado al entrenamiento en la repetición de conductas preestablecidas: un recetario).

Una lectura somera tanto de los objetivos generales de la materia como de los criterios de evaluación de la misma permite identificar que, conjuntamente con el resto de las materias del Bachillerato, esta materia busca el desarrollo de **capacidades notoriamente distantes a la comprensión de una única estructura conceptual determinada**. En este tramo educativo, donde el alumno debe construir su madurez como discente, y particularmente en una materia que asume una gran responsabilidad como formación de base de los distintos perfiles profesionales de nivel superior, es necesario considerar como nucleares los contenidos de carácter **procedimental**.

Dicho en otros términos, el peso fundamental de los aprendizajes que debe buscar el profesor en sus alumnos debe dirigirse al logro de destrezas en la Resolución de situaciones problemáticas por aplicación de recursos conceptuales (que no al entrenamiento en recetarios), aun posponiendo la coherencia en el desarrollo conceptual.

Y esta última afirmación, sin duda, necesita explicación. Es obvio que una de las coordenadas que diferencia el aprendizaje de un contenido procedimental (la adquisición de un procedimiento) de la memorización de un algoritmo (una receta) está en la adquisición del entramado conceptual (más las habilidades cognitivas correspondientes) que permite al alumno, de forma autónoma, construir un abanico de soluciones para resolver un conjunto de problemas (situaciones problemáticas) que poseen estructuras comunes.

Desde esta óptica, y fijada la prioridad de lo procedimental, resulta imprescindible dotar al alumno de esa estructura coherente y completa de conceptos (modelo) que le permitan construir las soluciones.

En el desarrollo de la práctica docente, y ejerciendo de necesidad limitadora, nos podemos encontrar con un alumnado con limitada formación matemática y con un tiempo también limitado para la ejecución del programa del curso.

El compromiso necesario entre esas limitaciones y las anteriores exigencias necesita, para una solución equilibrada, la aplicación de tres criterios:

- Reducir al máximo el conjunto de conceptos necesario para el desarrollo del curso.
- Buscar la más perfecta comprensión posible de los mismos, desde el punto de vista cualitativo, sacrificando deducciones (y con ello la coherencia expositiva) y minimizando el aparato matemático todo lo posible.
- Plantearse como contenido inicial el que los alumnos conozcan y asuman este planteamiento. Es decir, que sepan que lo que se pretende de ellos, como técnicos, es que sean capaces de aplicar, de manera autónoma (y por tanto creativa), una determinada estructura de conceptos para la construcción de soluciones en un amplio abanico de situaciones problemáticas en el ámbito mecánico.

En todo caso, no se puede olvidar que el conocimiento más significativo que tiene el alumnado de la Mecánica es el estudio del movimiento rectilíneo uniforme, el uniformemente acelerado y el circular uniforme del curso anterior, contruidos alrededor de un conjunto de ecuaciones. Desde aquí hay que tratar de que sean capaces de utilizar la estructura conceptual de la mecánica racional para analizar y discutir las realizaciones técnicas a su alcance. Para ello es necesario seleccionar una estructura de conceptos reducida, coherente y completa (aunque en algunos casos haya que reducir la justificación de determinados conceptos), y trabajar con ellos para conseguir desarrollar en los alumnos la capacidad de incorporarlos como herramientas propias para el análisis del entorno tecnológico.

Los problemas didácticos y de evaluación

Una vez sentada la prioridad de los contenidos referidos a procedimientos, aparecen dos problemas: qué hacer para favorecer su adquisición por parte de los alumnos y qué hacer para valorar si éstos han llegado al grado de madurez conveniente en su dominio de los mismos.

Desde el punto de vista de la didáctica, los contenidos referidos a procedimientos enfrentan claramente al profesor a la realidad de que el aprendizaje es un proceso que se produce “dentro” del alumno, de muy difícil control desde el exterior, y ante el que uno se siente más “jardinero” (observa paciente cómo se desarrolla algo) que “constructor” (armando un conjunto de elementos previamente definidos). La maduración de las habilidades cognitivas que lleva al alumno, mientras va

construyendo los nuevos conceptos en su mente, a alcanzar la autoconfianza y autonomía necesarias para establecer las interrelaciones precisas entre esos conceptos que le permitan dar respuesta a cada nuevo problema, es un proceso tremendamente complejo para intentar abordarlo con un grupo de alumnos de características, intereses y motivaciones diversas. (La complejidad del problema permite entender la tendencia autojustificativa del profesor, a veces necesaria para mantener su estabilidad emocional, que actúa como estimulador/favorecedor del aprendizaje, en el desarrollo de la estructura conceptual, pero se convierte en exclusivamente juez de las capacidades de sus alumnos en el campo de la resolución de situaciones problemáticas).

Para empezar, es necesario que el profesor tenga claro todo lo anterior. Es decir, que sea consciente de su voluntad de perseguir aprendizajes de procedimientos en sus alumnos, que no se dé por satisfecho cuando vea que "entienden" los conceptos, que asuma la dificultad de la tarea y que intente organizar las estrategias de aula hacia ese objetivo.

Resulta imprescindible una clara exposición y delimitación de los conceptos (dado su reducida extensión, puede resultar útil la redacción y distribución de unas hojas donde, con el mayor rigor y simplicidad posibles, "residan" estos conceptos). Pero donde hay que acertar con el ritmo es en la introducción gradual de la resolución de problemas. Éstos deben estar agrupados en torno al objetivo buscado, deben ser de complejidad creciente, con una gradual introducción de nuevas variables, y no deben ser muchos. Es necesario presentarlos siempre como retos a la imaginación (nunca como problemas tipo que hay que aprender de memoria), pero retos alcanzables (a menos que los alumnos los vean como tales cuando se trabajaron en clase). Hay que evitar problemas demoledores, que acomplejan y generan gran inseguridad. Hay que evitar los enunciados y las soluciones farragosas, de difícil inteligibilidad. Y, por supuesto, la repetición de trivialidades.

Resulta imprescindible superar la creencia de que un problema es un acertijo contenido en un texto cerrado y aislado, sin referencias al resto de conocimientos del alumno, donde se contienen un conjunto completo (ni faltan ni sobran) de informaciones que, en una y sólo una combinación, permiten alcanzar la solución, convirtiendo su resolución en una suerte de "destreza geométrica". Un problema técnico nunca tiene una única solución. En general, forma parte del problema la propia búsqueda de los datos y no todos se obtienen con el mismo nivel de fiabilidad. Hay que tener criterios para seleccionar entre informaciones redundantes. Por eso parece preferible la denominación de situaciones problemáticas. La mecánica se cierra fácilmente a problemas de solución única, si entendemos por problema el cálculo de una reacción o de la velocidad de un determinado punto. Es necesario poder presentar los problemas con un enunciado más amplio, en términos "no mecánicos", y acostumar al alumno a "traducirlos" a términos mecánicos.

Y todo esto en el contexto de un conjunto de alumnos de formación desigual, con la atención y concentración funcionando "a tirones", con una alta probabilidad de disintonía en cuanto el grupo es numeroso y con algunos para los que cualquier problema, por nimio que sea, resulta "demoledor".

Una posible dinámica de aula, compatible con el proceso de maduración lenta de los aprendizajes procedimentales hasta aquí defendidos, apoyada en la idea de que esta maduración algo tiene que ver con el establecimiento de asociaciones funcionales entre los diversos conceptos interiorizados, puede ser la construida alrededor de un aparentemente único objetivo: la búsqueda de soluciones para una situación problemática en suave progresión (no lineal) hacia la complejidad.

Así, por ejemplo, un elemento tan común como puede ser un simple puntal, articulado en la pared y sujeto en su otro extremo por una cuerda (*Figura 1*), sometido a una carga puntual P , permite discutir el cálculo elemental de esfuerzos con una geometría sencilla. Para ello tendremos que hacer, en principio, dos idealizaciones: que no pesa (su peso es despreciable frente a la carga) y que es perfectamente rígido. Si ahora variamos el ángulo del puntal (*Figura 2*), se puede plantear el problema (antes también, pero con solución "menos gratificante") de optimizar la posición de la cuerda para minimizar la tensión. En un siguiente paso nos podríamos plantear introducir el peso del puntal (cargas distribuidas, aunque en un caso trivial).

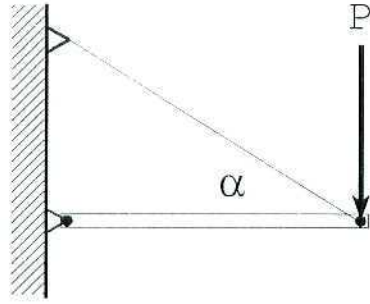


Figura 1

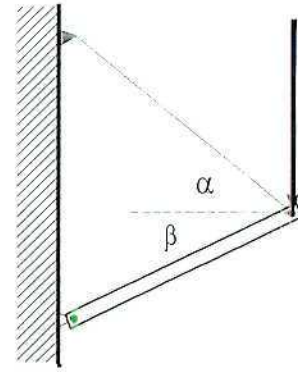


Figura 2

Si se sustituye al articulación en la pared por un cierto rozamiento caracterizado por un coeficiente μ , se pueden estudiar las condiciones límites de equilibrio y significar las diferencias entre los vínculos (también cabe preguntarse qué ocurriría si el puntal se empotrara).

Puede ser el momento de "girar el suelo" y estudiar el puntal en vertical (Figura 3). Si la fuerza aplicada sobre él tiene componente horizontal, ya no es solución general la de la cuerda. Una posible corrección puede ser sustituirla por una barra. Pero a alguien se le puede ocurrir poner dos cuerdas opuestas en el plano de giro del puntal. Parece una solución lógica, pero... ¿por qué no se puede resolver?, ¿es que no tiene solución?, ¿acaso no se pueden observar soluciones parecidas en la vida cotidiana? Estamos en buen camino (dependiendo del número de alumnos a los que podamos haber arrastrado en este pseudosuspense) para plantearnos la hiperestaticidad.

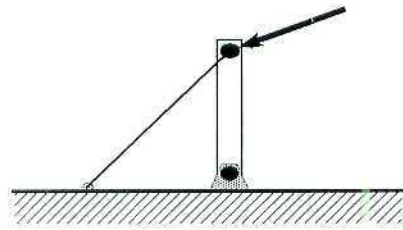


Figura 3

Salir de ella va a costarnos superar el concepto simplificador de sólido rígido.

Cuando hayamos entrado de lleno en el estudio del equilibrio del sólido elástico, podemos volver a conectar con el problema del puntal discutiendo soluciones para el sencillo puente de la Figura 4.

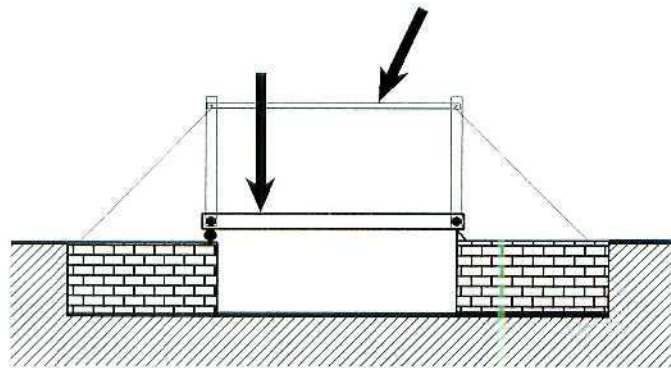


Figura 4

Esta estrategia busca crear un "estado" de aula donde los alumnos (o la mayoría) se conviertan en protagonistas permanentes. Es muy importante convertir al aula en un colectivo "resuelveproblemas", poder mantener una clase "colectivamente activa".

Y uno de los mayores enemigos de este tipo de dinámicas son las ausencias aleatorias y distribuidas de los alumnos. Es imprescindible mantener, de una manera continua, un ritmo de clase estable. Es, por tanto, una actitud inexcusablemente mínima, exigible al alumno, la asistencia activa a clase.

Si en estos términos conseguimos "arrastrar" a un importante grupo de alumnos y alumnas, sin demasiados tropezones, muy posiblemente los habremos empezado a impulsar por el lento camino de la adquisición de contenidos referidos a procedimientos.

Todo lo anteriormente dicho es aplicable a la evaluación, al menos a la hora de determinar los objetivos de la misma. Si se tiene claro lo que se busca que aprendan los alumnos, se está bastante cerca de saber qué es lo que se debe buscar en la evaluación. A partir de aquí comienza el problema del cómo evaluar.

Sin embargo, el problema de la evaluación es técnicamente más sencillo. Como ya se ha dicho, es mucho más fácil darse cuenta de que un alumno carece de una mínima autonomía para construir soluciones que conseguir que la adquiera. La presentación de situaciones problemáticas, de forma oral o escrita, en colectivo o a cada individuo, con o sin acceso a consultas, etc., no presenta grandes dificultades. Si merece la pena alertar del peligro de la "deriva". Desde fuera, y a acto consumado, a veces resulta imposible diferenciar entre una ingeniosa y autónoma construcción de una solución, aunque sea tosca en su presentación, y una estricta repetición de una solución ajena, a veces pulcramente expuesta. La dura confrontación con la incapacidad de los alumnos para "soltarse" en la resolución de situaciones problemáticas presiona fuertemente sobre el profesor, que tiende, en una gradual deriva, a plantear ejercicios "trucados", donde un buen resultado final tranquilizador oculte, tras una bien representada repetición, la falta de consecución de los aprendizajes procedimentales propuestos.

Otro aspecto que hay que considerar, y siempre en torno a estimar la maduración de las capacidades buscadas, lo constituye la globalidad de las pruebas planteadas. Es obvio que si en el análisis de una situación problemática se le da establecido el guión de los diferentes pasos que tiene que seguir, o si, como suele ser frecuente, se descompone el problema en pequeños ejercicios, cuya independencia los va alejando de objetivos globales, al final se dispone exclusivamente de datos para valorar su capacidad para aplicar algoritmos concretos de resolución, pero no hay información sobre su capacidad para generar soluciones. Está claro que durante el proceso de aprendizaje hay que ir proponiéndole esquemas de análisis, pero en algún momento, a la hora de evaluarlo, es necesario pedirle que los decida él, en el contexto de un problema amplio. En otras palabras, como integración y puesta en rodaje de los contenidos buscados, resulta conveniente la realización de "problemas completos", abordados con tiempo y recursos y perfectamente ubicados en lo que de ellos se pretende: que los alumnos sepan por qué se les plantean. En esta línea, y al final de la programación propuesta, se ofrece una propuesta de prueba global.

Finalmente, cabe repetir aquí, precisamente ante unos aprendizajes que todavía resultan novedosos para el grueso del colectivo del alumnado de Bachillerato, el papel definidor que la evaluación tiene sobre el propio objetivo del aprendizaje. La evaluación es un instrumento muy poderoso para "explicar" a los alumnos qué se espera que aprendan, por lo que es necesario extremar los cuidados en su diseño.

Programación

Introducción

Consecuentemente con la introducción anterior, la programación que a continuación se propone pretende responder al planteamiento de darle **sentido tecnológico** al aprendizaje del conjunto de principios y reglas que constituyen la mecánica racional. Para ello, y con el fin de reforzar la significación buscada, la propuesta de programación se va a construir en torno a un objetivo global o contenido director: **la aplicación de modelos teóricos para la resolución de problemas, propios de la técnica mecánica, de complejidad creciente**. Las sucesivas unidades didácticas deben desarrollarse como estadios o pasos sucesivos de la consecución de este resultado.

Como es tradicional para su desarrollo, el paquete total de contenidos lo dividiremos en tres grandes bloques:

- I) Estudio del movimiento nulo: **el equilibrio**. Análisis de las estructuras resistentes al movimiento.

El estudio, "la propuesta y demostración" de cómo y por qué se produce el equilibrio (no se produce movimiento), exige una modelización de la realidad de los cuerpos sólidos. Habrá, en tiempos sucesivos, dos hipótesis distintas:

I.a) Sólido rígido.

I.b) Sólido elástico.

- II) Estudio de **cómo** se desarrolla el **movimiento**, de sus formas y variaciones en el tiempo, concretándolo en las máquinas fabricadas por el hombre: una **Cinemática** "para" los mecanismos. Análisis del movimiento de los mecanismos desde las leyes de la Mecánica Racional. En este caso sólo resultan interesantes los problemas abordables desde la hipótesis de sólido rígido.

- III) Estudio de **por qué** se producen los **movimientos**, relaciones entre las causas (las fuerzas) y los movimientos: una **Dinámica** para los mecanismos. Análisis de los movimientos de los mecanismos desde las leyes de la Mecánica Racional.

Los estudios de Dinámica, fundamentalmente cualitativos, se referirán también a los dos modelos planteados:

III.a) Sólido rígido.

III.b) Sólido elástico.

Objetivos generales

Los objetivos generales de la materia, expresados en términos de capacidades, que aparecen en el currículo oficial pueden ser reordenados más acórdemente con el desarrollo de programación propuesta. Desde esta óptica es objetivo final de esta materia contribuir a que las alumnas y alumnos adquieran las siguientes capacidades:

1. Identificar en elementos aislados y en algunos sistemas mecánicos simples las acciones que en ellos concurren y su interrelación.
2. Reducir a esquemas elementos, estructuras o mecanismos reales sometidos a sollicitaciones propias de su función.
3. Analizar y resolver problemas mediante la aplicación de las leyes de la Mecánica, teniendo en cuenta los límites impuestos por la realidad.
4. Relacionar formas, dimensiones, materiales y, en general, el diseño de los objetos técnicos con las sollicitaciones mecánicas a que están sometidos.
5. Valorar la capacidad de explicación y predicción de la Mecánica sobre el comportamiento de los mecanismos, apreciando sus limitaciones.
6. Desarrollar, a través del razonamiento con las leyes de la Mecánica, la "intuición mecánica" básica que permita tanto generar estrategias de aplicación de dichas leyes como fundamentar futuras generalizaciones de las mismas.
7. Ampliar y perfeccionar su expresión oral y escrita, incluyendo los términos y estructuras propios de la materia.
8. Incorporar los conceptos necesarios para el manejo de los modelos propios de la asignatura, manifestándolo a través de una utilización correcta de las unidades y dimensiones de las distintas magnitudes presentes en ellos.

Unidades didácticas

Sobre las actitudes

Al aumentar la especificidad de una materia, los contenidos de carácter actitudinal resultan "factor común" a todas las unidades didácticas. Por esta razón, y como introducción a la programación, se presentan los contenidos referidos a actitudes previstas para la Mecánica con la pretensión de convertirlos en "residentes" (en términos informáticos) en la memoria del profesor, y por lo tanto objeto de constante y permanente intento de consecución.

Actitudes:

- Posicionamiento reflexivo ante los "hechos mecánicos".
- Confianza en la capacidad de los modelos teóricos para explicar los fenómenos observables en los artefactos humanos.
- Sensibilidad ante la irreductibilidad de la realidad a los modelos teóricos, ponderando el desajuste mediciones/predicciones y valorando la capacidad de tutela de la teoría sobre la práctica.
- Hábito de análisis de las funciones de los mecanismos a su alcance, relacionando formas y dimensiones con funciones, sollicitaciones y seguridades.
- Sentido de la responsabilidad profesional a través de la asistencia y participación en las actividades del aula, así como con la realización del esfuerzo y las tareas sollicitadas.

A excepción del último, cuya consecución está ligada a un seguimiento sistemático del trabajo realizado por cada alumno (en la medida que el número de alumnos lo permita), los demás se derivan fundamentalmente de la actitud propia del profesor ante los hechos mecánicos, producto directo de su cultura tecnológica.

UNIDAD 0:

La Mecánica en la formación tecnológica

Como comienzo del curso, aprovechable para esas primeras etapas de integración y vertebración del grupo, se plantea una Unidad didáctica cero, destinada a situar con claridad los objetivos y contenidos de la materia. Una evaluación inicial antes de entrar en los primeros contenidos puede servir para detectar las actitudes del alumnado. Desde los que reconocen, de forma más o menos tácita, que están allí simplemente huyendo de las Matemáticas o la Física, hasta los que creen que en esta materia se les va a hablar de motos y coches.

Objetivos didácticos

- Identificar el papel diferenciado de la Técnica y la Ciencia.
- Identificar el papel de la Tecnología como campo de interacción entre la Técnica y la Ciencia.
- Identificar el objeto y contenidos de la Mecánica.
- Identificar la función tecnológica de la Mecánica.

Contenidos

Conceptos:

- Técnica, Ciencia y Tecnología: breve presentación histórica.
- Estructura conceptual: propuesta de definiciones para Técnica, Ciencia y Tecnología.
- Mecánica: campo epistemológico. Breve presentación histórica.
- Los modelos teóricos y la realidad técnica: relaciones.
- La Mecánica newtoniana: campo de predicción (análisis y tutela de la acción) y límites. Otros modelos superadores.

Procedimientos:

- Ante cualquier acción transformadora del hombre, identificar sus elementos técnicos, científicos y tecnológicos.
- En un proceso técnico, identificar las acciones apoyadas y tuteladas en la Mecánica newtoniana.

Evaluación

Esta Unidad cero tiene una misión más compleja que la de transmitir unos conocimientos generales. Desde el punto de vista del posterior desarrollo de la clase, al profesor le interesa evaluar el grado de sintonía que ha alcanzado con sus alumnos, así como el nivel de integración de cada uno de ellos en la dinámica de la clase. Paralelamente también merece la pena informarse si estos primeros conceptos, casi contextuales, han sido asimilados. Para esto último resulta relativamente fácil

cualquier tipo de ejercicio oral o escrito tradicional. Lo primero resulta mucho más difícil. Si el grupo de alumnos es reducido, una clase dinámica que intente forzar las intervenciones individuales puede ayudar a construirse un “mapa de clase”. Tarea más sutil es identificar las razones de los reacios a intervenir. Con grupos grandes de alumnos será inevitable que queden muchas lagunas. Durante este proceso hay que ser consciente de que los alumnos también están construyendo su retrato del profesor. Por eso es necesario información significativa y tiempo de asimilación.

Todo esto lleva tiempo y por ello esta Unidad se suele alargar más de lo que estaría justificado por sus contenidos.

UNIDAD 1:

Análisis de las estructuras resistentes: estudio del equilibrio de sólidos

Esta primera Unidad debe enlazar con los conceptos que el alumno ya posee. En particular, la idea de vector resulta fundamental. No parece que esté de más comenzar por un repaso que identifique a los alumnos lo que el profesor “sabe que saben” para evitar que se pierda parte de las energías del curso.

Aunque dentro del paradigma del sólido rígido no resultan significativos, con el fin de preparar el terreno para los diagramas de esfuerzos (imprescindibles en la flexión), conviene en esta Unidad resaltar la transmisión de esfuerzos entre secciones contiguas, aplicando, sin explicitarlo, el método de las secciones.

Objetivos didácticos

- Introducir los recursos conceptuales necesarios para el análisis del equilibrio de sólidos rígidos.
- Alcanzar recursos de análisis de sistemas mecánicos simples.
- Apreciar la capacidad de resolución de problemas que aporta este modelo y “detectar” sus limitaciones al abordar casos hiperestáticos.

Contenidos

Conceptos:

- Sistema de fuerzas: fuerza, momento, par de fuerzas.
- Resultante de un sistema de fuerzas: casos.
- Sólido rígido: punto, sistema de puntos, sólido, sólido rígido.
- Sistema mecánico. Relaciones (vínculos) entre elementos: articulaciones, apoyos, empotramientos, etc. Acciones (cargas) y reacciones.
- Equilibrio del sólido rígido: casos. Fuerzas en cada sección: tracción y compresión.
- Fuerza gravitatoria (peso): centros de gravedad.
- Fuerzas de rozamiento: leyes. El rozamiento como vínculo.

Procedimientos:

- Identificación y análisis de las fuerzas que actúan sobre un sistema mecánico: cargas, fuerzas interiores, reacciones exteriores.

- Cálculo de esfuerzos y condiciones de equilibrio de sistemas articulados planos.
- Cálculo de esfuerzos y condiciones de equilibrio en otros sistemas isostáticos planos (o reductibles a planos).
- Análisis y cálculo de valores en sistemas sencillos en equilibrio con rozamiento.
- Análisis de diseños simples desde la óptica de los esfuerzos que intervienen.

Evaluación

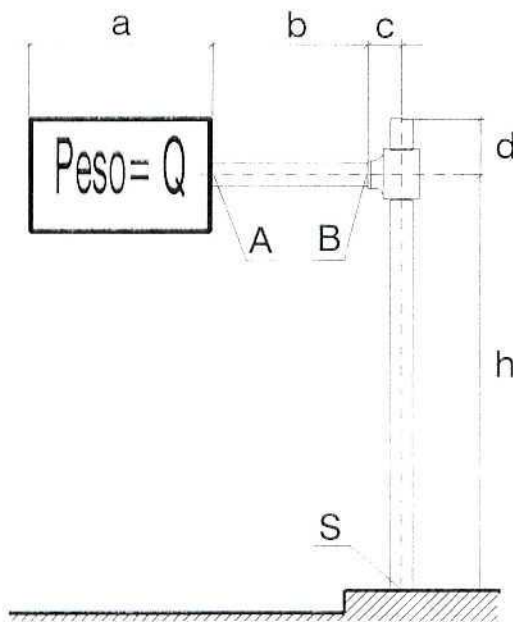
Ya desde la primera Unidad didáctica, los alumnos han de ser conscientes de que los conceptos planteados son mínimos imprescindibles para el desarrollo de la asignatura, no sólo en su extensión, sino también en el momento en que deben ser discutidos y aprendidos. Su evaluación no resulta dificultosa.

Lo desarrollado en esta Unidad se adapta perfectamente a los criterios de evaluación 1º y 3º del currículo oficial (ver *anexo*). A continuación se incluyen algunos ejercicios para ilustrar esta Unidad.

Actividades

Ejercicio 1

La figura adjunta quiere representar una señalización de autovía.



En ella se pretende, para su posterior dimensionamiento, calcular los esfuerzos totales que se transmiten en las secciones A, B y S, mientras la señal no está sometida nada más que al peso de sus elementos.

Se sabe que el peso del cartel señalizador, uniformemente distribuido en su superficie, es de Q kilogramos, así como que el peso del tubo que forma los brazos vertical y horizontal del soporte es de q kilogramos por metro de longitud. Por último, la abrazadera que une los dos brazos, y cuyo centro de gravedad se puede considerar en el eje del brazo vertical, tiene un peso de p kilogramos.

Ejercicio 2

Como una parte de un Proyecto de construcción de una cubierta, decididas ya casi todas las variables constructivas, se plantea la necesidad de calcular las secciones de los distintos elementos para distintas hipótesis de carga.

En particular, y al objeto de transmitir las cargas verticales hacia las columnas M y N, se construye la cercha de la figura (*Figura 1*) con las barras A, B, C y D de una misma longitud, y las barras E, F y G también iguales entre sí, todas ellas articuladas en los nudos y de tal modo que los ángulos formados por A y B y C y D sean rectos.

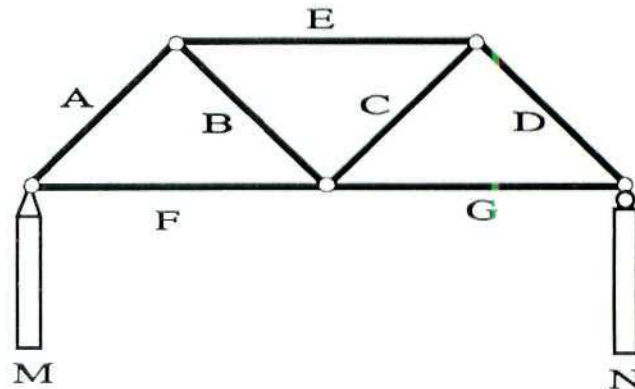
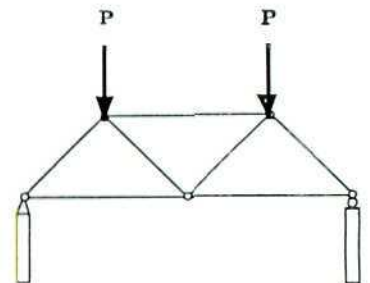
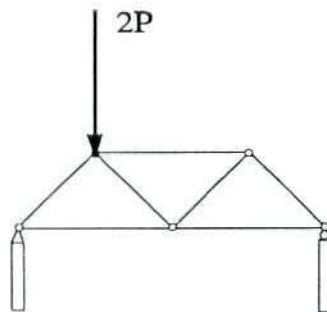


Figura 1

Se pide:

- Valor y sentido (tracción o compresión) de los esfuerzos en las barras en la hipótesis de carga de la *Figura 2*.
- Valor y sentido de las cargas en la hipótesis de carga de la *Figura 3*.
- Si se sueldan las barras F y G en el nudo central dejando articuladas las barras B y C, y se elimina la barra E, ¿qué distribución de esfuerzos aparecerán en la barra recién creada FG suponiendo la hipótesis de carga de la *Figura 4*?



Figuras 2 y 3

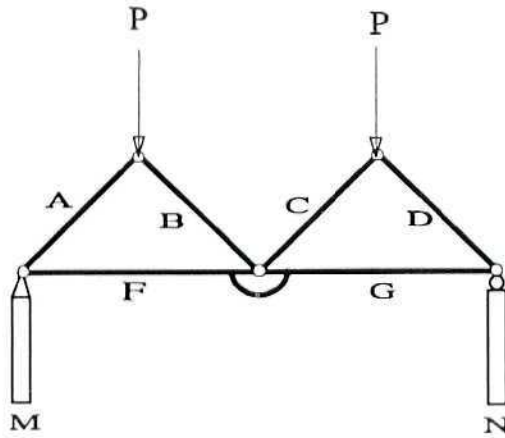


Figura 4

- Si para materializar F, G y FG se dispone de barras de sección en doblete o circular, ¿cuáles utilizarías en cada caso y por qué?

UNIDAD 2: El sólido elástico

La Unidad didáctica anterior se detiene al intentar resolver problemas obviamente comunes (tan elementales como el de un puntal vertical articulado en el suelo y mantenido por dos tensores en el mismo plano), pero que se resisten a ser analizados desde el modelo de sólido rígido. La falta de ecuaciones indica la imposibilidad de que exista una solución única bajo esa hipótesis. Puede ser el momento de introducir la idea (aunque fuera de forma intuitiva) de hiperestaticidad. La búsqueda de hipótesis complementarias lleva al estudio del comportamiento de los sólidos bajo los esfuerzos más fácilmente controlables: los de tracción. A partir de ahí se puede establecer, con determinadas limitaciones, un modelo de comportamiento elástico-lineal, y plantearse alguno de los problemas antes no resueltos.

La hipótesis de sólido elástico permite abordar nuevos tipos de esfuerzos muy comunes en los sistemas mecánicos: la flexión y la torsión. En particular, la deducción de la cuantificación de la resistencia a la flexión (módulo resistente) a partir de suponer que las secciones giran, pero se mantienen planas, permite "hacer ver" cómo esta resistencia ya no es proporcional al área, sino al momento de inercia de la sección, resultado con mucha incidencia en el diseño de estructuras resistentes (lo mismo se puede hacer con torsión de piezas de revolución). Simultáneamente, se abre la puerta a los esfuerzos interiores variables, y por lo tanto, a la necesidad de representaciones más completas de los estados de sollicitación: los diagramas.

Objetivos didácticos

- Analizar el comportamiento de los materiales en búsqueda de modelos de comportamiento que permitan superar las limitaciones del sólido rígido.
- Introducir los conceptos necesarios para un manejo elemental del sólido elástico lineal.
- Alcanzar mayores recursos de análisis de sistemas mecánicos simples.
- Aprender la capacidad de resolución de problemas que aporta este modelo. Mostrar la creciente complejidad del tratamiento matemático.

Contenidos

Conceptos:

- El comportamiento real de los materiales: respuestas a ensayos.
- Otros modelos de sólidos no rígidos: sólidos elásticos (lineal o no), sólido rígido-plástico, etc.
- Transmisión de esfuerzos a través de los sólidos; esfuerzos distribuidos: tensiones normales y tangenciales.
- Tipos de esfuerzos simples sobre elementos mecánicos: tracción, compresión y corte. Fuerza unitaria y su relación con el área.
- Tipos de esfuerzos complejos sobre elementos mecánicos: flexión simple y torsión. Hipótesis necesarias para la modelización de la flexión: sección plana y comportamiento elástico. Aparición de los momentos de segundo orden: momentos de inercia de secciones planas. Fuerza unitaria y módulo resistente.
- La representación de estados de carga: diagramas de esfuerzos.
- Algunos esfuerzos compuestos (pandeo).

Procedimientos:

- Análisis de la distribución de esfuerzos en sólidos sometidos a flexión con cargas puntuales. Método de las secciones. Diagramas de esfuerzos.
- Análisis de la distribución de esfuerzos en sólidos sometidos a flexión con cargas distribuidas. Diagramas de esfuerzos.
- Análisis y cálculos de esfuerzos en equilibrios hiperestáticos sencillos: aplicación de la compatibilidad de deformaciones.

Evaluación

Los contenidos desarrollados en esta Unidad didáctica se relacionan con los criterios de evaluación 1º, 2º y 3º del currículo oficial (ver *anexo*), si bien es verdad que, por la especial estructura de la programación, los aspectos de resistencia a los esfuerzos se tratarán en la siguiente.

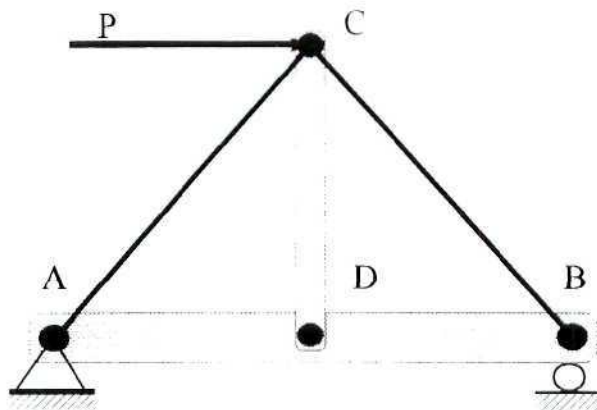
Actividades

Se incluye a continuación un ejemplo de ejercicio para desarrollar esta Unidad.

Ejercicio 1

En el sistema de la figura, la barra CD, articulada en el punto medio de AB (punto D), mantiene su posición gracias a los dos tensores elásticos AC y BC, que al montarlos (sin carga) experimentaban una tensión prácticamente nula. La misión del mismo es transmitir la acción de la carga P hasta los anclajes A y B. Se sabe que, por construcción, las características elásticas de los dos tensores son idénticas. Se pide, conocido el valor de P y las longitudes en juego:

- 1º Valor y sentido de las fuerzas en los tensores.
- 2º Valor y sentido de la fuerza en la barra CD.
- 3º Diagrama de esfuerzos cortantes y momentos flectores en la barra AB.



UNIDAD 3:

Análisis resistente de elementos mecánicos: la resistencia de los materiales

Hasta aquí el proceso se ha limitado a calcular los esfuerzos en los elementos de los sistemas mecánicos en función de las sollicitudes y los vínculos. Es necesario ahora pasar a discutir, aunque sea a nivel elemental, los dimensionamientos a partir de los esfuerzos calculados. La idea de **coeficiente de seguridad** resulta de difícil asimilación. Tal vez por un exceso de cientificismo cultural, o por la propia dinámica escolar, los alumnos tienden a pensar que es el cálculo el que decide las dimensiones. La aparición de un número, que no proviene directamente del cálculo, que estima el nivel de riesgo que el usuario está dispuesto a aceptar, y que pretende cubrir lo que de predicción especulativa tiene el presuponer el comportamiento de los materiales, parece una idea más propia de otra materia que de ésta, planteada al principio como "exacta".

El papel de esta Unidad didáctica es mucho más importante de lo que sus contenidos puedan parecer indicar. En las dos anteriores, aun planteando siempre un enfoque tecnológico del estudio de la mecánica, la novedad de conceptos y procedimientos puede no dejar ver claramente el auténtico enfoque de la materia. Ahora, cubiertos esos primeros objetivos, como refuerzo de los mismos y para perfilar el verdadero significado de las dos anteriores, se desarrolla esta tercera.

Objetivos didácticos

- Relacionar los esfuerzos calculados en los elementos resistentes con las formas y dimensiones de éstos.
- Identificar los criterios (normas, etc.) por los que se decide la relación entre los esfuerzos calculados y los admitidos como límite.
- Comprobar el sentido tecnológico de la mecánica apuntado en la Unidad 0.
- Reforzar la adquisición de las destrezas de tipo procedimental.

Contenidos

Conceptos:

- Esfuerzo y resistencia. Carga calculada, carga admisible, coeficiente de seguridad.
- Determinación de coeficientes de seguridad: normas.
- Diseño y cálculo: diferencias.

Procedimientos:

- Interpretación cualitativa de formas y posiciones de elementos desde el punto de vista de su resistencia a las solicitudes.
- Identificación de la necesidad y criterios de selección de coeficientes de seguridad.
- Aplicaciones del cálculo de tensiones para dimensionamientos sencillos.

Evaluación

Esta Unidad debe dar pleno desarrollo al criterio 2º del currículo oficial, pero con una dimensión decididamente tecnológica. Obviamente también son de aplicación el 1º y el 3º.

Esta Unidad se desarrolla más ampliamente en la segunda parte de este documento.

UNIDAD 4:

Análisis del movimiento de mecanismos: Cinemática

Esta Unidad supone un aparente cambio brusco en la línea de estudio. Para muchos alumnos, el nexa más llamativo que van a encontrar es la aparición de nuevo del concepto de vector que ahora representa la velocidad o la aceleración. Puede ser una oportunidad, de hecho, para resaltar el valor "neutro" de las formas matemáticas. Los objetivos globales propuestos nos tienen que permitir mantener la continuidad. Vuelve a ser necesario enlazar con los conocimientos que ya tienen. La ausencia de manejo de cálculo diferencial hace más necesario buscar la comprensión cualitativa de los conceptos y sacrificar el rigor deductivo. La idea de una mecánica técnica aconseja profundizar en el movimiento plano, que permite analizar multitud de casos reales con una representación fácil y clara.

Objetivos didácticos

- Introducir los conceptos necesarios para el análisis de las distribuciones de velocidades en el movimiento plano.
- Adquirir una cierta destreza de análisis de movimientos planos.

Contenidos

Conceptos:

- Movimiento del punto: trayectoria, velocidad y aceleración.
- Movimiento de un sistema de puntos (sólido rígido): traslación y rotación. Rotación instantánea y permanente. Centro instantáneo de rotación.
- Movimiento plano: condiciones. Caso general del movimiento plano.
- Movimiento relativo en el movimiento plano: magnitudes absolutas y relativas.

Procedimientos:

- Análisis de la distribución de velocidades en un sólido rígido en movimiento plano: casos.
- Análisis, en algunos casos sencillos, de la distribución de aceleraciones.
- Análisis de algunos mecanismos articulados básicos (mecanismo de cuatro barras articuladas, biela/manivela, etc.).

Evaluación

Los contenidos de esta Unidad deben permitir dar respuesta a evaluaciones construidas bajo la inspiración de los criterios 4º y 5º del currículo oficial (ver *anexo*), aceptando la limitación de movimiento plano propuesta.

Actividades

Se incluyen a continuación algunos ejercicios que pueden ilustrar el desarrollo de esta Unidad.

Ejercicio 1

El mecanismo de White (*Figura 1*) permite lograr un movimiento alternativo a partir de la rotación de la barra-manivela. Cuando la rueda pequeña (a), que gira libre sobre su eje, arrastrada por dicha barra-manivela, recorre el borde interior dentado de la rueda grande y fija (b), la barra (c), unida a (a) por un bulón como articulación, recibe un movimiento rectilíneo alternativo vertical. Para este análisis nos basta con saber que los dentados de las ruedas tienen la misión de conseguir rodadura pura entre dos cilindros invisibles (uno exterior –el pequeño– y otro interior –el grande–), que denominaremos cilindros primitivos.

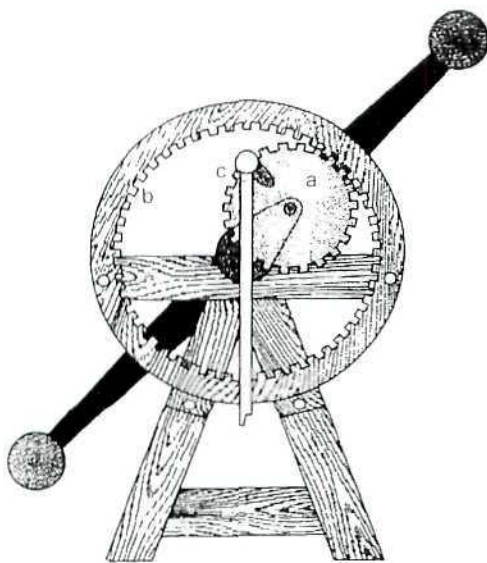


Figura 1

Para que esto se produzca, es decir, para que la barra tenga un movimiento de traslación rectilíneo y vertical, es necesario que el diámetro de la rueda pequeña (a) sea exactamente igual a la mitad del diámetro de la rueda grande (b).

Para su análisis cinemático recurriremos al esquema de la *Figura 2*, donde están representados los círculos primitivos de las ruedas (a) y (b), la dirección del movimiento de la barra (c) coincidente con el eje del círculo mayor y la posición instantánea de la barra-manivela determinada por el ángulo β .

En el supuesto de conocer la velocidad angular ω (suficientemente constante) de la barra-manivela se pide:

- 1) Calcular la velocidad de la barra (c) en función del ángulo de posición β .
- 2) Calcular la aceleración de dicha barra en función del ángulo de posición β .

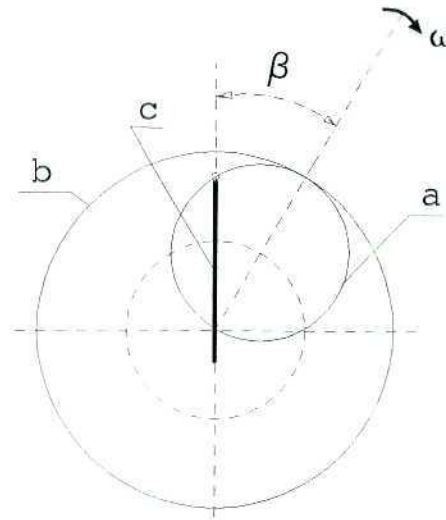


Figura 2

Ejercicio 2

Una vez realizado el problema anterior y sobre el mismo mecanismo, se puede proponer el siguiente:

En el problema anterior se ha dado fácilmente por supuesto que la barra (c) estaba dotada de un movimiento alternativo y rectilíneo siguiendo el eje del círculo mayor. ¿Eslás en condiciones de justificarlo?

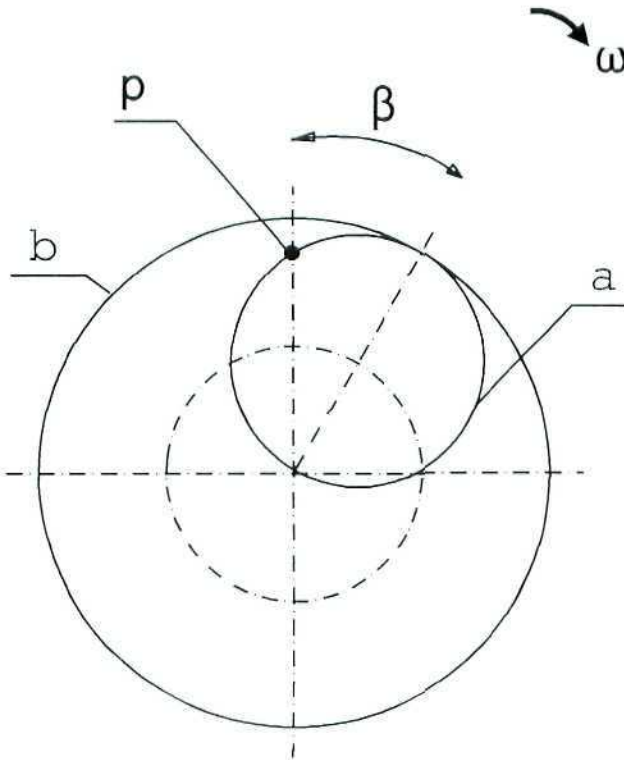


Figura 3

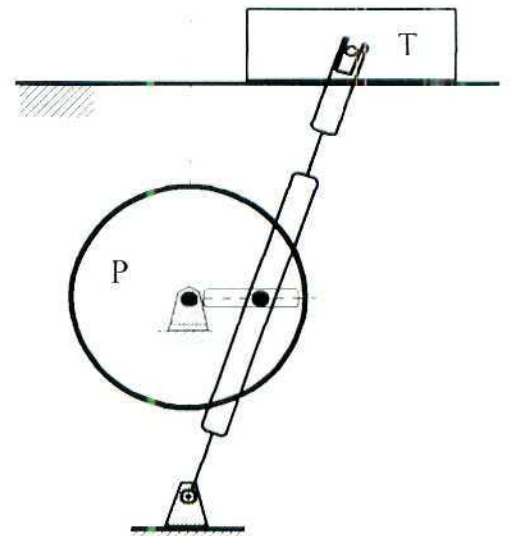


Figura 4

Fíjate que se trata de demostrar que para cualquier valor del ángulo β , el punto P se mantiene sobre el eje vertical del círculo mayor (*Figura 3*).

Y recuerda que los dientes tallados tienen la misión de garantizar la rodadura pura entre los círculos (b) y (c).

Ejercicio 3

En la biela de colisa de la *Figura 4*, determinar la velocidad de cualquiera de los puntos del taco T, en función de la velocidad angular del plato P, para una posición determinada de la biela.

Determinar los puntos de máxima y mínima velocidad, así como la influencia que el sentido de giro del plato tiene sobre la carrera de izquierda a derecha del mencionado taco T.

UNIDAD 5:

Análisis cinemático de mecanismos

Sentadas las bases para el estudio cinemático de mecanismos, es necesario ahora concretar estas habilidades aplicándolas a sistemas mecánicos reales. Los engranajes presentan un campo de análisis suficientemente rico y autojustificado por el papel de símbolo que tienen en la mecánica de las máquinas (piénsese, si no, en emblemas y representaciones de instituciones y empresas mecánicas). Un primer campo, interesante en cuanto a la aplicación de los procedimientos trabajados, es el de la determinación de la forma del perfil (evolvente de círculo) desde la hipótesis de relación de transmisión constante, así como el análisis de las circunstancias de deslizamiento variable que se dan en los perfiles conjugados. Otro campo de reflexión lo aporta el estudio de trenes de engranajes, desde los elementales trenes simples a una clara (y didáctica) aplicación de los procedimientos de análisis basados en el movimiento relativo para el estudio de los trenes epicicloidales (y diferenciales, denominación que suele ser más conocida por el mercado del automóvil).

A estas alturas de curso ya se puede ver con claridad lo que se va a poder hacer. La presión de una finalización anticipada, más la desatención hacia las materias optativas (con una gravemente errónea concepción de voluntarias —o cuasi voluntarias— que se encuentra tanto entre alumnos como en algunos profesores), puede hacer que quede tiempo sólo para el esfuerzo final. En esta hipótesis se puede cortar aquí esta Unidad.

Si, como sería deseable, el grupo de alumnos se muestra interesado y hay suficiente tiempo, puede merecer la pena un “paseo” por el mundo de las levas. Su primitiva denominación de “ruedas sabias” indica ya la riqueza de aprendizajes que encierran. No hay que ser ambicioso; los conceptos de leva plana y diagrama de seguidor, los distintos tipos de seguidores, el estudio de los seguidores deslizantes y el diseño de levas a partir de los diagramas de seguidor (aquí el ordenador se puede convertir en una herramienta de valor incalculable en cuanto a dinamizador y motivador del aprendizaje) son objetivos más que suficientes.

Objetivos didácticos

- Aplicar los procedimientos adquiridos a campos de estudio notoriamente técnicos.
- Conocer, con una cierta profundidad, razones y propiedades de los engranajes.
- Aproximarse al mundo de las levas.

Contenidos

Conceptos:

- Transmisión de movimientos: Rodadura y deslizamiento. Relación de transmisión. Engranajes: su cinemática.
- Trenes de engranajes: simples y epicicloidales.
- Levas: tipos y funciones. Seguidores: tipos. Diagrama del seguidor.

Procedimientos:

- Análisis de la cinemática de los engranajes: la relación de transmisión y el perfil de evolvente.
- Análisis de trenes de engranajes: cálculo de la relación de transmisión.
- Análisis y diseño de levas: aplicaciones.

Evaluación

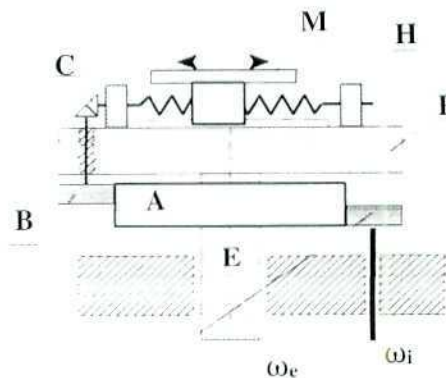
Los contenidos de esta Unidad se corresponden, en algún modo, con los criterios de evaluación 4º y 5º del currículo del MEC. La mayor diferencia estriba en el nivel de concreción que se propone en la Unidad, lo cual pide, correspondientemente, unas evaluaciones más concretas.

Actividades

Ejercicio 1

El plato P gira solidario con el eje E . Sobre ellos gira loco al engranaje A en contacto con el par de engranajes iguales B . Uno de ellos tiene su eje solidario con el plato (el de la izquierda), y otro gira en el soporte del eje E . A través del par de engranajes cónicos C transmiten el movimiento al husillo H de paso p_h , que con su giro desplaza la mesa M por el plato a la vez que éste gira.

Se quiere saber la relación de transmisión necesaria entre ω_e y ω_i para una velocidad de avance de la mesa, respecto del plato, dada.



UNIDAD 6:

Análisis del movimiento de mecanismos: Dinámica (sólido rígido)

No se puede cerrar un curso de Mecánica sin introducir conceptos de Dinámica. Aquí la ausencia de aparato matemático se hace más crítica. Por lo tanto, el desarrollo del curso, al llegar esta Unidad, se vuelve más enunciativo. En esta situación se debe perseguir fundamentalmente la adquisición de conceptos y su aplicación en algunos procedimientos muy elementales. Los alumnos que, en paralelo, asistan a Física, a estas alturas del curso poseen ya estos conocimientos de dinámica. En el caso de los grupos mixtos se pueden presentar dificultades de desarrollo de la clase.

Objetivos didácticos

- Introducir conceptos elementales de Dinámica.

Contenidos

Conceptos:

- Segunda ley de Newton. Masa inerte.
- Rotación del sólido rígido: momentos de inercia.
- Trabajo y energía: energías potencial y cinética en la traslación y la rotación.
- Leyes de conservación.
- Potencia y rendimiento.

Procedimientos:

- Análisis de la relación entre los movimientos y las fuerzas desencadenantes en problemas sencillos.
- Potencia útil, potencia motor y rendimiento de algunos mecanismos sencillos.

Evaluación

Los contenidos de esta Unidad se corresponden con los criterios 6º y 7º del currículo oficial.

UNIDAD 7:

Análisis del movimiento de mecanismos: Dinámica (sólido elástico)

Existen un conjunto de fenómenos mecánicos cuya conceptualización y formulación exigen un nivel de abstracción y recursos matemáticos inalcanzables para alumnos de Bachillerato. Sin embargo, desde el punto de vista cualitativo, son muy fácilmente intuibles, pertenecen al mundo de lo cotidiano y tienen gran relevancia en el mundo de la mecánica técnica. Esta Unidad pretende recoger un conjunto de explicaciones que permitan a los alumnos hacerles intuir la capacidad de análisis del mundo físico que posee la Mecánica. Así, un simple columpio permite reflexionar sobre movimiento oscilatorio, período, oscilaciones libres y forzadas, frecuencia natural, desfases, resonancia, etc. Una cuerda vibrante o un muelle y una masa permiten asomarse a la dinámica de estructuras (desde la óptica de sólido elástico). Unido al movimiento periódico aparecen muchas veces, por efectos de inercia, las solicitaciones periódicas y, con ellas, los efectos de fatiga de los elementos de máquinas.

Todos estos conceptos resultan imprescindibles para, de forma intuitiva, poder comprender algunos de los grandes problemas de la dinámica de máquinas.

Objetivos didácticos

- Acercarse a los problemas de la dinámica de máquinas.

Contenidos

Conceptos:

- Movimiento oscilatorio: vibraciones libres y forzadas. Frecuencias naturales. Resonancia.
- Tensiones variables. Fatiga de los materiales.

Procedimientos:

- Valoración cualitativa de las implicaciones de las vibraciones en el diseño de elementos: rigidez estática y dinámica. Resistencia a la fatiga.

Evaluación

El carácter especial de esta Unidad se traslada también a su evaluación. Sus contenidos se sitúan fuera de los mínimos exigibles para considerar superado el curso. Su destino fundamental es aquel grupo de alumnos cuyas posibilidades están por encima de esos mínimos exigibles.

Por ello se buscará fundamentalmente el grado de detalle y la limpieza en la adquisición de los conceptos, siempre a través de razonamientos cualitativos.

Actividades

- Se incluyen a continuación algunos ejercicios que ilustran la Unidad.

Ejercicio 1

Sometido a una carga estática (con valor y dirección fijos en el tiempo), un elemento mecánico soporta un determinado valor Q de forma indefinida. Si la carga varía de forma oscilante, es decir desde $-Q/2$ hasta $+Q/2$, el elemento rompe tras unos cuantos miles de ciclos de carga. ¿Podrías identificar el fenómeno y dar una explicación breve de cómo se produce? La rotura de un número grande de barcos (de la denominada serie *Liberty*, entre los primeros en ser fabricados por soldadura en vez de roblonados) tras unas cuantas horas de mar ¿podría explicarse por el mismo fenómeno?

Ejercicio 2

¿Por qué en los autobuses urbanos los asientos hacen ruido cuando se mantienen con el motor en marcha pero detenidos, y dejan de hacerlo cuando se acelera el ritmo del motor? ¿Tiene esto algo que ver con la advertencia popular de que los soldados deben dejar de marcar el paso cuando cruzan un puente?

Ejercicio 3

Imagina una máquina con varios elementos en rotación a velocidades notablemente diferentes. La aparición de un ruido monótono se identifica como una vibración causada por una masa excéntrica en alguno de sus órganos. Disponiendo de un instrumento que identifica la frecuencia fundamental presente en el ruido y conociendo las revoluciones de los distintos órganos móviles, ¿serías capaz de identificar cuál tiene la masa excéntrica?

Ejercicio 4

En una fabricación en serie de reductores se decide, por abaratar costos, sustituir el par de engranajes que trabaja a más velocidad por otro ofrecido por un nuevo proveedor, de idéntico material, pero con un supuestamente diferente (y más barato) sistema de tallado. En las pruebas de homologación se observa que, en situación de carga y tras unas horas de funcionamiento, los nuevos engranajes sufren la pérdida de algunos dientes. ¿Serías capaz de aventurar un diagnóstico para orientar la búsqueda de los posibles defectos?

Ejercicio 5

Parece una leyenda popular el hecho, tantas veces narrado, de que un cantante con voz aguda y potente puede, al emitir de forma mantenida una nota, llegar a romper un vaso de cristal. Desde los conocimientos de mecánica que posees, ¿qué opinas: puede ser cierto o es sólo leyenda? En el caso primero justifica el mecanismo por el cual tú crees que se produce el hecho. ¿Sería el mismo mecanismo por el que una explosión rompe los cristales de las viviendas próximas? Razónalo.

Convencido del valor definidor de la materia que poseen los criterios de evaluación, y aunque en el desarrollo de las unidades didácticas se ha hecho referencia a los enunciados en el currículo oficial, se presenta a continuación una redefinición de los mismos con objeto de dejar más clara la visión de la materia a través del marco de evaluación de la presente propuesta.

De otro modo, para este programa, la organización de la evaluación se realizará de modo que ésta permita al profesor comprobar si el alumno es capaz de:

1. *Esquematizar una estructura o un sistema mecánico real identificando las cargas que le son aplicadas y calculando tanto las fuerzas que soportan sus distintos elementos como, en su caso, las reacciones en sus apoyos, para llegar a razonar el porqué de su diseño.*

Se trata de comprobar si los alumnos conocen y comprenden el concepto de equilibrio de fuerzas en sistemas estructurales isostáticos, planos o reductibles a planos, así como si poseen las destrezas de cálculo necesarias para determinar los valores de las fuerzas. También se trata de comprobar si aplican estos conocimientos a situaciones reales, detectando si los identifican en conjuntos mecánicos reales y valorando el razonamiento que utilizan para explicar el diseño de estos últimos.

2. *Relacionar el diseño de los diferentes elementos que componen una estructura o conjunto mecánico con su resistencia a diferentes sollicitaciones (tracción, compresión, cortadura, flexión, torsión).*

Criterios de evaluación

Se trata de evaluar el grado de asimilación de los conceptos enunciados desde el razonamiento que los alumnos hacen para explicar el diseño de los elementos que componen una estructura o conjunto mecánico desde el punto de vista de su resistencia.

3. *Calcular los esfuerzos sobre un elemento simplificado de una estructura o conjunto mecánico real, identificando o, en su caso, calculando las cargas aplicadas sobre él.*

Se trata de detectar el grado de asimilación de los conceptos puestos en juego y las destrezas de cálculo desarrolladas para evaluar si el alumno es capaz de identificar o calcular las fuerzas que obran sobre un elemento aislado de una estructura o conjunto mecánico, y si es capaz de realizar los cálculos necesarios para determinar los valores de las diferentes magnitudes puestas en juego, todo ello para el tipo de sollicitaciones especificadas en los núcleos temáticos.

4. *Identificar los distintos movimientos que ocurren en los diversos elementos rígidos de un conjunto mecánico en movimiento plano, describiendo, cualitativamente, sus características cinemáticas.*

Se trata de comprobar si el alumno aplica a situaciones reales los conocimientos adquiridos sobre trayectorias, velocidades y aceleraciones de los cuerpos. Para ello debe saber determinar los movimientos de los eslabones de algún sistema real, identificando trayectorias, analizando distribuciones de velocidades y calculando aceleraciones en puntos determinados.

5. *Calcular los valores de las diversas magnitudes puestas en juego (espacios, ángulos, tiempos, velocidades, aceleraciones) sobre un esquema, previamente realizado, de un movimiento real y en un punto significativo de su funcionamiento.*

Se trata de comprobar si el alumno es capaz de esquematizar un movimiento real elegido entre los de los mecanismos estudiados y de si sobre él sabe establecer las relaciones oportunas entre sus variables cinemáticas.

6. *Valorar, en un sistema dado, la influencia de la masa o el momento de inercia en el movimiento de sus elementos, de forma cuantitativa en casos sencillos y de forma cualitativa en algunos más complejos.*

Se trata de valorar el grado de asimilación y la destreza operativa en el manejo de la Segunda Ley de Newton.

7. *Relacionar las magnitudes de potencia, fuerza o par, velocidad y rendimiento en los movimientos de algún sistema mecánico sencillo.*

Se trata de comprobar si el alumno: a) ha comprendido estos conceptos de tal forma que sepa aplicarlos a un caso real, razonando correctamente cómo a través de los distintos eslabones se va transmitiendo la energía en el tiempo y valorando la acción del rozamiento; b) posee los recursos estratégicos que le permitan obtener resultados cuantitativos.

8. *Analizar, de forma cualitativa, la respuesta vibratoria de un sistema mecánico sencillo ante estimulaciones externas, justificando los fenómenos e interpretando algunas características de diseño en base a la búsqueda de su rigidez dinámica.*

Se trata de evaluar si el alumno ha asimilado los rudimentos de dinámica del sólido elástico planteados a través del análisis cualitativo de sistemas que expliciten los conceptos de frecuencias naturales de oscilación y resonancia.

A continuación presentamos un ejemplo de prueba global de evaluación.

La Mecánica racional constituye la base de fundamentación y la pauta de tutela de los desarrollos de, en palabras de Newton, la Mecánica Práctica.

En este sentido, la propuesta es analizar la máquina de la *Figura 1*.

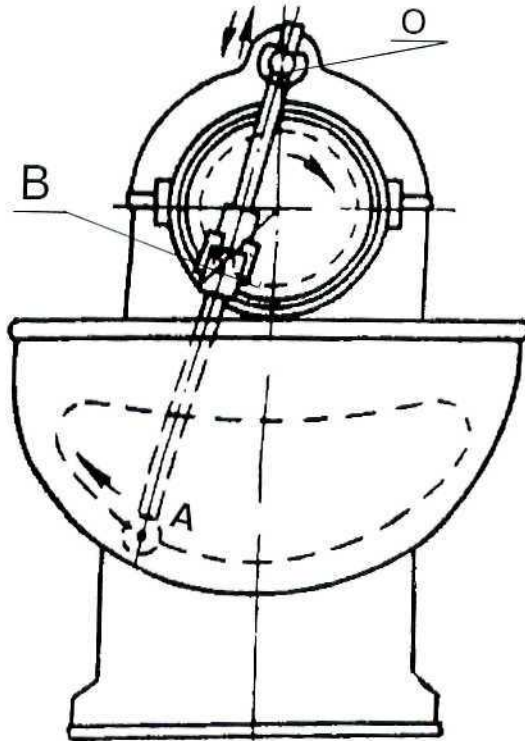


Figura 1

Se trata de una mezcladora cuya pala A está accionada por un mecanismo clásico, denominado biela de colisa, que permite, como se puede adivinar en la figura, que aquella recorra muy aproximadamente el fondo del contenedor del líquido.

Para su análisis nos guiaremos del esquema simplificado de la *Figura 2*, donde se representa la pala A, que gira y se desliza en torno del punto fijo O debido al empuje del bulón B (que consideraremos sin rozamiento), que describe círculos de radio $r = 75$ mm con una velocidad angular ω . La distancia del eje del bulón B al centro de la pala (en donde consideraremos que se hace la fuerza) es $d = 75$ mm, y la distancia entre el eje del plato motor y el centro de giro de la pala, O, es $h = 100$ mm.

En la posición de la figura (cuando el bulón B coincide con el eje horizontal), se pide:

I) Por razones del mezclado del líquido (sensible al movimiento de la pala), en la posición dada, determinar la velocidad V del punto central de dicha pala, en función de la velocidad de rotación ω del plato motor.

II) Para poder evaluar su desgaste, promovido por la fricción bulón/corredera, determinar, en función de ω , la velocidad de deslizamiento de la corredera sobre el bulón O, que consideraremos perfectamente engrasado (es decir, sin rozamiento).

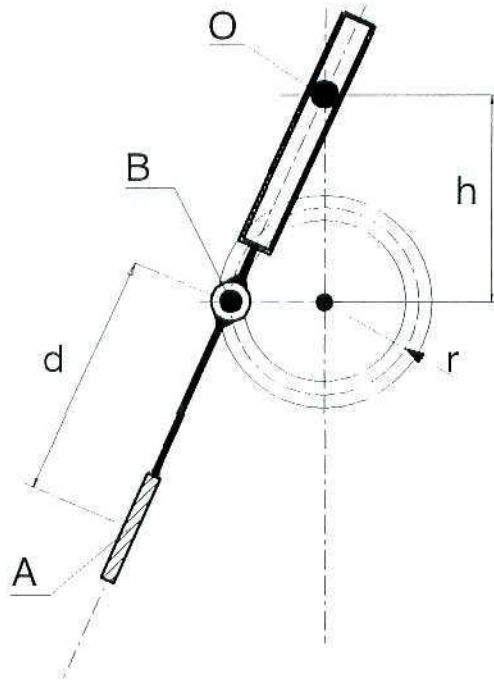


Figura 2

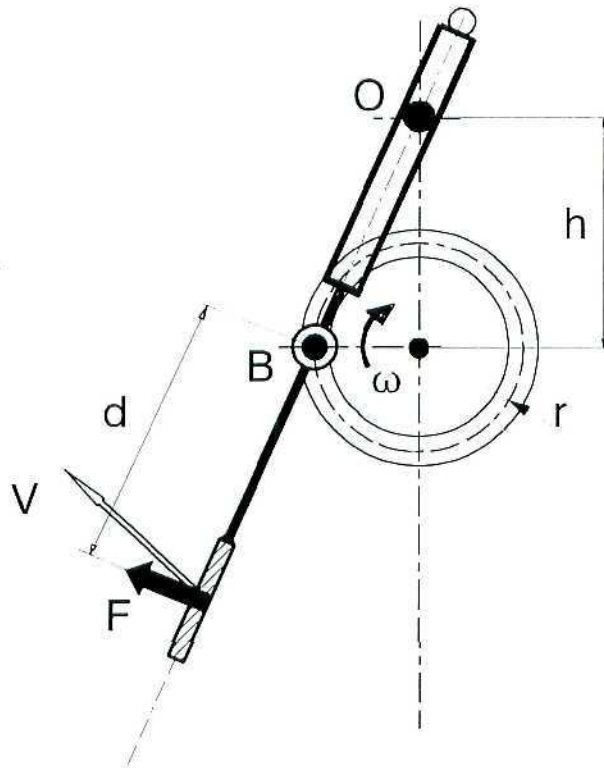


Figura 3

III) Para evaluar su capacidad de mezclado, determinar la fuerza F que, en la posición estudiada, ejerce la pala sobre la masa (supuesta concentrada en el centro y normal a la misma) en función del par motor M de funcionamiento de la máquina (supondremos asimismo que el bulón B está perfectamente engrasado). Véase *Figura 3*.

IV) Por razones de diseño (para poder decidir sobre las distintas secciones con que se debe construir), determinar, en función de M , la distribución de esfuerzos sobre la pala y su brazo durante el amasado. Para ello, traza los diagramas de esfuerzos cortantes y momentos flectores en la posición que estamos estudiando, indicando el criterio de signos que utilices en la representación, según la *Figura 4*, y señalando los puntos singulares.

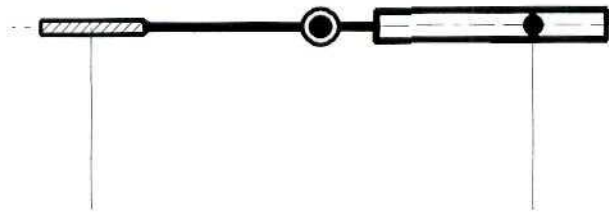


Figura 4

V) Para valorar la importancia del mantenimiento frente a las condiciones de funcionamiento de la máquina necesitamos estimar qué ocurriría si apareciese un coeficiente de rozamiento η entre el bulón O y la corredera. Se pide una descripción cualitativa (qué pasará, cómo variarán los esfuerzos identificados hasta aquí por la aparición del rozamiento). Para ello, y sobre el gráfico de distribución de esfuerzos que habrás construido en la pregunta IV, dibuja la nueva distribución de fuerzas, indicando razonadamente qué consecuencias acarrea para el rendimiento de la máquina.

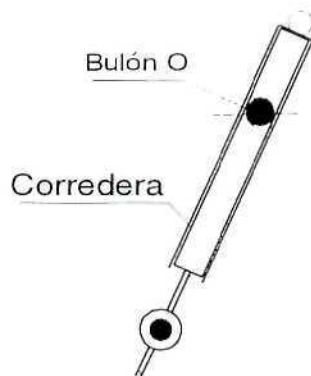


Figura 5

SOLUCIÓN AL PROBLEMA

Muy lejos de "descubrir la solución", consciente de que lo que sigue es un planteamiento más entre los diversos posibles, se ofrece a continuación una solución. Con ella solamente se trata de aportar elementos de juicio sobre el posterior planteamiento de la calificación del ejercicio, con la intención de clarificarlo al máximo.

1) Análisis cinemático

El problema pretende que el alumno muestre su madurez en el estudio de mecanismos, a través de la determinación de la distribución de velocidades en la pala móvil de la mezcladora estudiada, aplicando su capacidad de análisis de las velocidades de un sólido en movimiento previamente identificado.

Como se puede observar, del sólido en cuestión se conoce la velocidad de un punto, el B, y la dirección de la velocidad de otro, el O, lo que le permitiría obtener inmediatamente el Centro

Instantáneo de rotación. Este camino le llevará por dificultades geométricas que le complicarán la solución, aunque su planteamiento correcto demostrará unos recursos valiosos (la identificación del movimiento y la interpretación del papel del vínculo O).

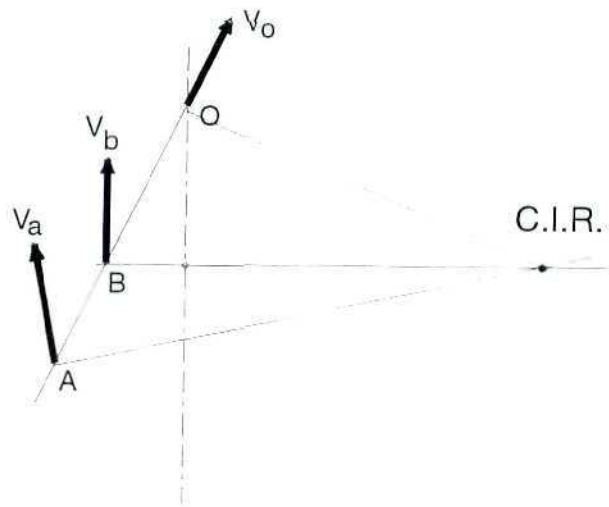


Figura 6

Otro camino alternativo, más acorde con las simplificaciones geométricas introducidas en la posición particular estudiada, es aplicar la condición de que, dados varios puntos alineados de un sólido, las proyecciones de sus velocidades sobre la recta que los soporta ha de ser la misma. Con una construcción geométrica fácil, elaborada sobre la semejanza de triángulos rectángulos de razón

$$3/4/5$$

puede obtener la componente axial V_{bx} de la velocidad de B, que lo será a su vez de la de A, V_{ax} . Determinada la dirección de la velocidad de O, resulta identificada con su componente axial, luego:

$$V_o = V_{ax} = V_{bx}$$

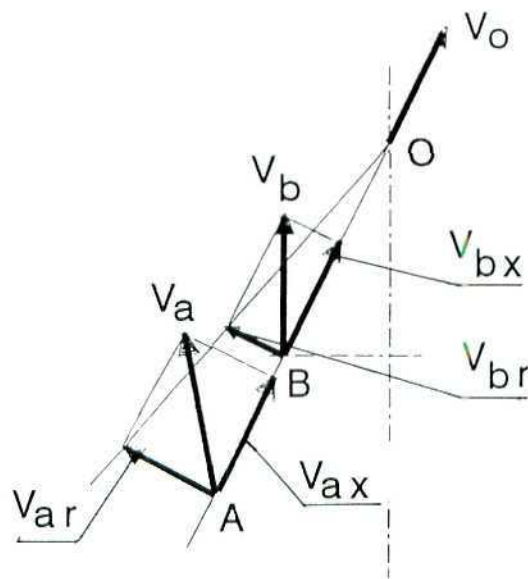


Figura 7

Conocida V_{br} , velocidad relativa de B respecto de O, por una semejanza sencilla, se puede obtener V_{ar} , velocidad relativa de A respecto de O.

Por suma de las dos componentes de A, V_{ax} y V_{ay} se puede obtener fácilmente el módulo y la dirección de la velocidad de A como se solicita.

La velocidad de deslizamiento del bulón en la corredera, correctamente interpretado el papel del vínculo mecánico, resulta obviamente igual a la calculada para el punto O:

$$V_{ds} = V_o$$

II) Análisis de esfuerzos

El problema pretende que el alumno muestre su capacidad de aplicar los principios fundamentales de la estática del sólido rígido a un elemento de una máquina, previo aislamiento del mismo.

En ausencia de rozamiento, la acción del bulón O sólo puede ser normal a la corredera, y como no se le supone rozamiento al líquido en la pala mezcladora, todas las fuerzas que actúan sobre la misma son perpendiculares a su eje longitudinal.

De la construcción gráfica de la *Figura 8* se deduce, por la geometría simplificadora del caso particular supuesto, que el brazo del momento es:

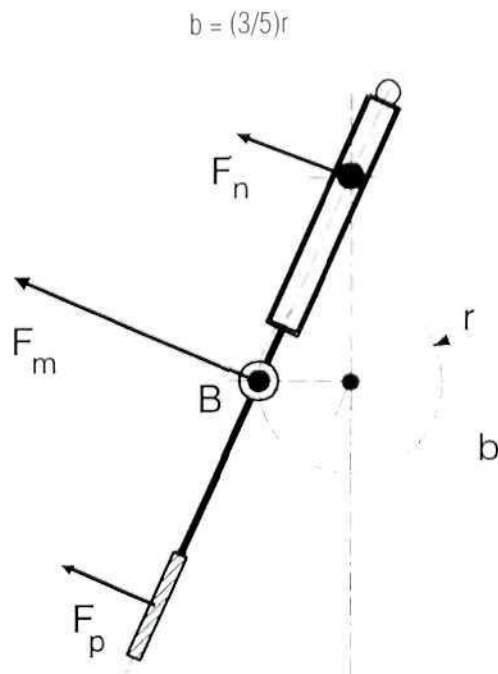


Figura 8

Lo que permite calcular fácilmente en valor de la fuerza motora F_m analizando el equilibrio del plato impulsor:

$$F_m = M/b = 5M/3r$$

A partir de ella, y por el equilibrio de la barra entre los puntos A y O, se pueden calcular F_n y F_p , dando por finalizado el cálculo.

A la rutina ordenada, adquiridos los conceptos necesarios, debe confiarse la elaboración de los diagramas de la *Figura 9* con los que se da respuesta a la pregunta IV.

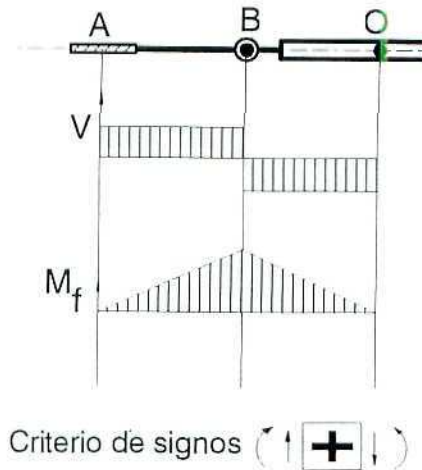


Figura 9

La aparición del rozamiento, sólo en el bulón O que se desliza por la corredera, va a producir una fuerza opuesta al movimiento F_{r1} , que inducirá la modificación de la acción del bulón B, que necesita equilibrar esta componente axial mediante la componente F_{r2} , tal como se indica en la *Figura 10*.

Como consecuencia, y debido a la variación de la dirección de la recta de acción de la fuerza F_m , se produce el aumento del brazo del par resistente de la pala, por lo que, para un momento motor constante, disminuye la fuerza útil de mezclado.

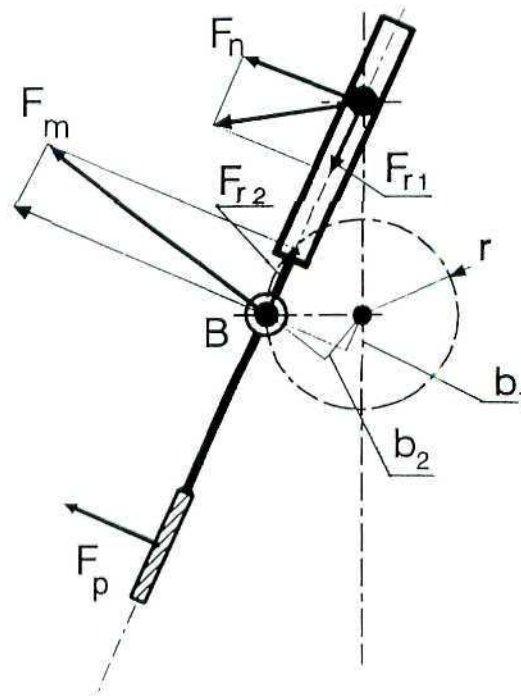


Figura 10

Criterios de corrección

Como muestra final de lo que sería una posible interpretación del problema, se expone a continuación lo que podría ser una pauta para valorar el ejercicio anterior.

En una primera aproximación se podrían otorgar cuatro puntos sobre diez al análisis de velocidades, cuatro al análisis de esfuerzos y los dos restantes a la reflexión sobre la presencia del rozamiento.

Dentro del análisis cinemático, la identificación del estado de movimiento (velocidad de un punto + dirección de otro) podría valorarse en un punto. El planteamiento de una solución (construcción del C.I.R., velocidades relativas, etc.), con la necesaria corrección y posibilidades de llevar a la solución, debe merecer otro punto. La obtención de cada uno de los valores que se solicitan, sin errores importantes, puede ser calificada con otro punto, lo que redondearía el total de cuatro asignados.

En cuanto al análisis estático, cabría una fórmula parecida. La identificación del estado de fuerzas, con una correcta interpretación del papel de los vínculos (bulones B y O), puede ser valorada con un punto. La resolución del equilibrio del plato motor para el cálculo de F_m puede ser valorada con otro punto, y la resolución del equilibrio de la barra de la pala, con el cálculo de F_p , debe merecer el tercero. Una adecuada representación de los diagramas de esfuerzos solicitados puede ser calificada con el cuarto punto en juego.

Por último, la valoración del análisis cualitativo del efecto del rozamiento resulta un poco más dificultosa de fijar al abrirse el campo de planteamientos por parte del alumno. El primer punto puede valorar la correcta colocación de la fuerza de rozamiento y la correspondiente "respuesta" del bulón B. El último punto se puede reservar para la valoración de la incidencia del rozamiento en la variación de la fuerza en la pala.

Desarrollo de la Unidad Didáctica 3

ANÁLISIS RESISTENTE DE ELEMENTOS MECÁNICOS: LA RESISTENCIA DE LOS MATERIALES

Introducción

La propuesta de desarrollo de una Unidad concreta, dentro de la dinámica de curso presentada, puede encerrar una cierta contradicción en sí. Una mera relación de actividades secuenciadas, destinadas a alcanzar los objetivos parciales de la Unidad, puede falsear totalmente su finalidad, pues lo verdaderamente importante no son las actividades en sí, sino lo que se hace con ellas.

Por coherencia con la propuesta, esta Unidad se desarrollará alrededor de la resolución/discusión de varios problemas (situaciones problemáticas). El llegar a una solución concreta de cada una es lo de menos. Lo verdaderamente importante es lo que sucede mientras se resuelven (se discute).

Como consecuencia, en el siguiente desarrollo se ha optado por una fórmula poco "ortodoxa", pero que al menos permite intentar "escenificar" lo que se considera necesario dentro del aula.

Presentación

La Unidad didáctica tercera ocupa una posición de cierre o globalización de un primer bloque: el del análisis de los cuerpos en equilibrio. Desde el punto de vista conceptual aporta muy poca "cantidad" de novedades. Su esfuerzo en este terreno se debe centrar en marcar la distancia entre la tensión (fuerza unitaria) calculada y la reconocida como aceptable, y caracterizar algunos criterios para determinar esta última. Con ello se refuerza el sentido tecnológico de la materia y se completa el camino que va a permitir (en casos sencillos) relacionar (como plantea el currículo oficial) los diseños y las formas finales con las solicitudes.

El grueso del trabajo se debe realizar sobre la resolución de casos concretos que resulten significativos para estos objetivos, mientras que se intenta contribuir a la maduración de las habilidades de tipo procedimental.

En la programación, esta Unidad aparece estructurada así:

Objetivos didácticos

- Relacionar los esfuerzos calculados en los elementos resistentes con las formas y dimensiones de éstos.
- Identificar los criterios (normas, etc.) por los que se decide la relación entre los esfuerzos calculados y los admitidos como límite.

- Comprobar el sentido tecnológico de la mecánica apuntado en la Unidad 0.
- Reforzar la adquisición de las destrezas de tipo procedimental.

Contenidos

Conceptos:

- Esfuerzo y resistencia, Carga calculada, carga admisible, coeficiente de seguridad.
- Determinación de coeficientes de seguridad: normas.
- Diseño y cálculo: diferencias.

Procedimientos:

- Interpretación cualitativa de formas y posiciones de elementos desde el punto de vista de su resistencia a las sollicitudes.
- Identificación de la necesidad y criterios de selección de coeficientes de seguridad.
- Aplicaciones del cálculo de tensiones para dimensionamientos sencillos.

Actitudes:

Al aumentar la especificidad de una materia, los contenidos referidos a actitudes resultan "factor común" a todas las unidades didácticas. Por esta razón, y como introducción a la programación, se presentan los contenidos referidos a actitudes previstos para la Mecánica con la pretensión de convertirlos en "residentes" (en términos informáticos) en la memoria del profesor y, por lo tanto, objeto de constante y permanente intento de consecución:

- Posicionamiento reflexivo ante los "hechos mecánicos".
- Confianza en la capacidad de los modelos teóricos para explicar los fenómenos observables en los artefactos humanos.
- Sensibilidad ante la irreductibilidad de la realidad a los modelos teóricos, ponderando el desajuste mediciones/predicciones y valorando la capacidad de tutela de la teoría sobre la práctica.
- Hábito de análisis de las funciones de los mecanismos a su alcance, relacionado formas y dimensiones con funciones, sollicitaciones y seguridades.
- Sentido de la responsabilidad profesional a través de la asistencia y participación en las actividades del aula, así como con la realización del esfuerzo y las tareas sollicitadas.

A excepción del último, cuya consecución está ligada a un seguimiento sistemático del trabajo realizado por cada alumno (en la medida que el número de alumnos lo permita), los demás se derivan fundamentalmente de la **actitud propia del profesor** ante los hechos mecánicos, producto directo de su cultura tecnológica.

Metodología

Desde el punto de vista del funcionamiento de la clase, la situación ideal sería haber llegado a estas alturas a contar con un grupo mayoritario de alumnos que ya hayan alcanzado la disciplina de participar en clase y completar por su cuenta las partes personales y/o pendientes del trabajo.

Entonces, el profesor, sin perder de vista el ritmo de este grupo, puede dedicar una parte importante de su acción al apoyo de los que presentan más dificultades. En caso contrario, debe seguir haciéndose presión para intentar tender a la "situación ideal". Esto obliga a dedicar tanta atención al problema que se discute como a la forma y "colaboración" con la que se discute, manteniendo un claro control sobre las actividades individuales de cada uno.

Actividades

Actividad 1

Se pretende situar la "plaza" de discusión en torno a un caso donde entren sin mucha complicación los cálculos típicos de la estática del sólido rígido, pero del que se deriven conclusiones sencillas de dimensionamiento. Debe aparecer la necesidad de hipótesis complementarias, que permita ver que todo cálculo se hace sobre acuerdos. Debe ser necesario o conveniente el apoyo en alguna norma exterior (experiencia técnica elevada al rango de ley) que "objetive" las decisiones.

Podría ser algo así como:

Disponemos (*Figura 1*) de un ménsula *M* (es decir, un paralelepípedo empotrado en un extremo y en voladizo en el otro) destinada a actuar, en compañía de otras similares, como soporte de un recipiente. Por razones de su función, se estima que va a soportar una carga vertical *Q*, a una distancia *L* de la pared (*Figura 2*). Para lo cual dispone de una placa soldada en uno de sus extremos que, mediante dos pernos, permitirá anclarla a la citada pared (ver detalle A).

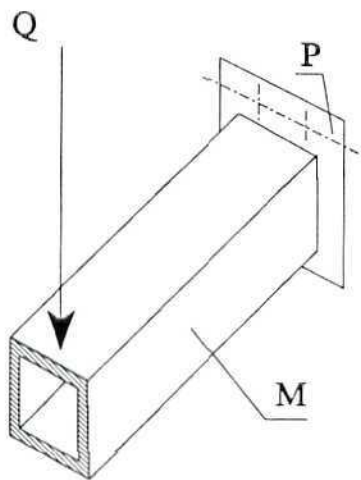


Figura 1

Se pretende calcular el diámetro de estos pernos de forma que resistan la carga a que van a estar sometidos.

A partir de este planteamiento (todavía muy abierto), y de forma dialogada, habrá que ir tomando las decisiones que encaminen a la solución.

Del esfuerzo común debe salir un esquema como el de la *Figura 2*, que permita analizar el problema. Será necesario hacer un conjunto de hipótesis simplificadoras (desde la de sólido rígido al mecanismo de actuación de la placa sobre los pernos). Habrá que realizar un conjunto de cálculos sencillos (determinar el momento de "empotramiento" y, en función de la altura *H*, la fuerza resul-

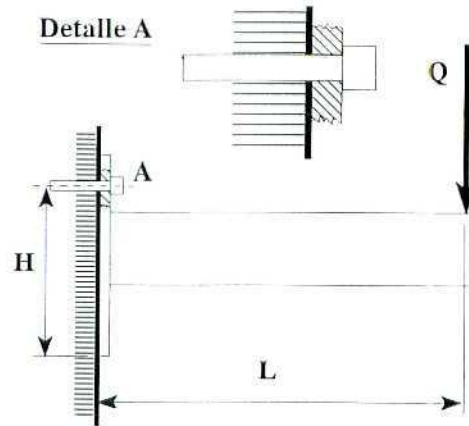


Figura 2

tante de la actuación de los dos pernos). Antes de dar por bueno el cálculo conviene analizar qué pasaría con el crecimiento de H . Trivialmente se observa que la fuerza en los espárragos disminuye, pero ¿se puede mantener la hipótesis de sólido rígido cualquiera que sea el espesor y la longitud de la chapa?

Una vez determinada la carga hay que analizar cómo romperían los pernos y llegar al contexto (modelizando la forma de ruptura esperable) que permita caracterizar su resistencia por el diámetro. Aquí puede ser muy útil alguna norma "exterior". Por último, se determinará el diámetro y se compararán sus medidas con las del resto del conjunto (pueden ser pertinentes algunas acotaciones sobre dimensiones "complementarias" de la placa P).

Si todo lo anterior ha podido ser construido en colaboración entre todo el grupo (o una parte importante de él), se podrá dar por concluida la actividad.

Evaluación

Esta primera actividad puede darse por cubierta con las evaluaciones individuales que, como primera aproximación, se puedan derivar de la colaboración "espontánea" de los alumnos. Más significativo es evaluar la capacidad del propio profesor para mantener la dinámica de aula propuesta.

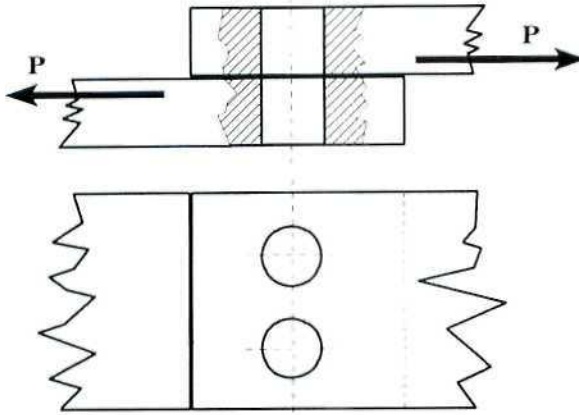
Actividad 2

Una segunda actividad puede cerrarse más estrictamente hacia la estimación de resistencias a la rotura. Puede ser conveniente cambiar de tipo de esfuerzo como productor de la rotura y sería necesario buscar una presencia más decisiva de una norma (muy conveniente disponer de ella en el aula para que los alumnos las empiecen a reconocer). El cálculo de uniones roblonadas, aunque hoy están en desuso (en las construcciones "corrientes", no en aviación), puede permitir muchos ejemplos que se prestan además para un "reducido paseo motivador" por la arquitectura modernista (mercados y estaciones de principios de siglo) y para la comparación de una unión mecánica con otra, realizada a través de la soldadura, de carácter metalúrgico.

En el menor de los casos, y antes de abordar las uniones roblonadas, se podría comenzar por algo así:

Se trata de calcular la unión de dos flejes, de los que se sabe su sección, la carga total que van a soportar P y la decisión de diseño de que la unión se haga por medio de pasadores cilíndricos.

Determinar el número y el diámetro de los mismos.



Sobre este tipo de uniones existen numerosas normas y puede resultar conveniente trabajar con algunas. Se hace imprescindible aquí la reflexión de que un técnico **no puede aplicar las normas de forma "administrativa"**, es decir, siguiendo la "forma" (el algoritmo) de la misma sin plantearse interpretar los fenómenos que se están predeterminando. Es necesario entonces pasar a analizar la distribución de esfuerzos, las necesarias idealizaciones (las fuerzas "se desplazan" de los ejes de los flejes a la superficie de contacto) y las muy diferentes formas de rotura (de la primera ocurrencia de la cizalladura de los pasadores a la rotura de los "restos de chapa" no taladrados), lo que permite tomar decisiones sobre número y tamaño. Como las alternativas son bastante evidentes, se puede estimular el mecanismo deductivo de los alumnos.

Una vez analizada una unión por bulones se puede introducir la unión por roblones, señalando la diferencia fundamental introducida por el rozamiento entre los flejes. Como su valor es mucho menos determinable, ganan peso las decisiones de origen empírico sistematizadas en la norma (que ahora es otra distinta a la de las uniones con pasadores).

Evaluación

Esta segunda actividad, bastante ágil, se presta para una primera evaluación escrita e individual, sin previo aviso, y con un nivel de novedad suficiente para poder estimar los niveles de autonomía. (Es un momento duro. Por los resultados se puede sentir lo inapreciable de algunos avances). En función de los resultados habrá que decidir si se puede seguir avanzando o merece la pena repetir (con el suficiente grado de novedad que invite a discurrir, no a memorizar) otra actividad similar.

Actividad 3

Esta tercera actividad debe pesar sobre la capacidad de esquematizar, es decir, de aislar el problema de su expresión común, eliminar todos los elementos no significativos y traducirlo a un esquema simbólico que permita aplicar con nitidez los modelos conceptuales de análisis.

Aquí los campos posibles son bastantes. Sería bueno encontrar sistemas o elementos que resultasen significativos para los alumnos y a la vez representasen un buen nivel tecnológico. Uno de estos campos posibles lo puede constituir un elemento común entre ellos: la bicicleta. Aprovechándola se podría plantear algo así:

Animados con el auge de la bicicleta como artículo de moda, un grupo de alumnos deciden iniciarse en el campo del diseño. De todos los elementos de la bicicleta, como expertos que son en cálculos estáticos, deciden plantearse el análisis del cuadro.

Con un fuerte impulso experimental deciden construir una primera maqueta (Figura 1) uniendo con unos bulones unos barrotes de madera y se aprestan a someterla a una prueba de carga como indica la Figura 1, soportando la maqueta en los puntos A y B y cargando uno de los experimentadores sobre C.

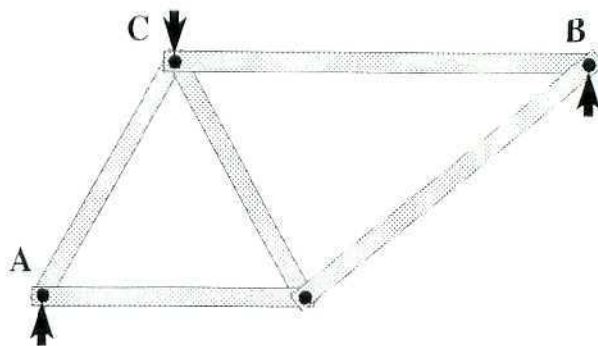


Figura 1

Conociendo la sección de los barrotes, así como todas las longitudes, y estimando el peso del "experimentador", ¿serías capaz de predecir los resultados (o al menos calcular las tensiones que se producen)?

Animados por el resultado de sus cálculos, deciden dar un paso mayor e invadir el mercado de la bici de montaña (que según su estudio de mercado es la inversión más rentable). Como mejora sustancial planean introducir un revolucionario amortiguador elástico, partiendo de un cuadro metálico ya construido (Figura 2). Como puede observarse en el esquema, este cuadro está articulado en D. En la sección s-s lleva una junta especial de material elástico, que sólo transmite esfuerzos en dirección perpendicular a los planos metálicos que la limitan. Para la selección de este amortiguador necesitan saber inicialmente la carga de tara (la que soportará cuando esté cargada la bici, pero en llano, sin baches). ¿Podrías resolverles este nuevo cálculo?

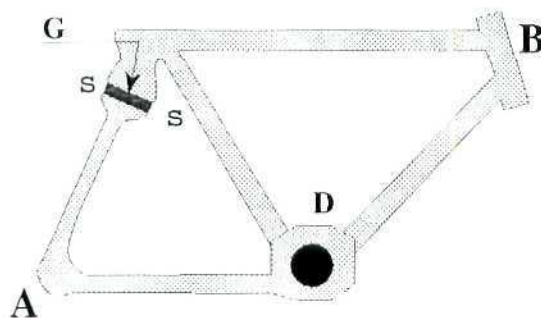


Figura 2

Por último, dispuestos a revolucionar el mundo de la bicicleta y con una gran confianza en los nuevos materiales, deciden rediseñar el cuadro clásico, pero ¡eliminando una de sus barras!, tal como se quiere esquematizar en la Figura 3. Por intuición, sospechan que la sección s-s es la más peligrosa y quisieran calcular las tensiones máximas conociendo las dimensiones del tubo.

¿Podrías emitir una opinión fundamentada sobre los valores que va a alcanzar? Si puedes, calcúlalas.

Como es fácil de imaginar, el argumento del cuadro de la bici puede dar para una gran cantidad de "plazas de discusión mecánica" similares a las simplemente esbozadas aquí. En el desarrollo de

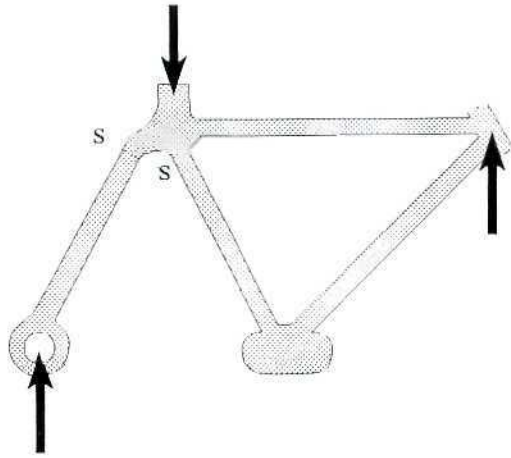


Figura 3

una clase conviene manejar datos que tengan sintonía con la realidad estudiada. Las reflexiones demasiado abstractas (y para estos alumnos sustituir un valor genérico por una letra supone un cierto esfuerzo de abstracción) alejan la reflexión de la realidad palpable y debilitan el carácter tecnológico de la materia.

Evaluación

Del mismo tema que hayamos nutrido la actividad se desprenderán fácilmente algunos ejercicios cuya realización individual y escrita puede completar el cuadro de información obtenido durante el desarrollo. En esta actividad, la Unidad llega a su madurez y es su consecución lo que nos empuja a continuar.

Actividad 4

Finalmente, a estas alturas de la Unidad podemos tomar como centro de discusión un problema que desde el inicio tenga una representación más simbólica, que exija "más oficio", que presuponga la aplicación de unas pautas ya establecidas (un método) y que exija un recorrido amplio. En este sentido, y dada la desatención sufrida hasta ahora por este aspecto, puede ser el momento de abordar un problema de flexión. Aquí los ejemplos posibles son muchos. Se buscará una disposición sencilla (dos apoyos, un voladizo, etc.), con una distribución de carga sencilla (no más allá de una o dos cargas puntuales y una uniformemente distribuida). Parece conveniente manejar secciones en las que puedan hacer todos los cálculos (momento de inercia "calculable"), aunque sería deseable asomarse a los perfiles normalizados.

Dentro de este marco podría partirse de algo como:

Disponemos de una viga de hueca (*Figura 1*) de sección rectangular destinada a funcionar como soporte de una pasarela sobre una autovía, que debe cubrir un vano de luz L . El peso propio de la viga, más los elementos que componen la pasarela (tabla + barandilla + aditamentos) es q por unidad de longitud. El peso máximo autorizado es P (que se puede considerar, dados los usos de la pasarela, concentrado en un punto, aunque móvil).

A fin de contrastarlas con las resistencias ofrecidas por los distintos materiales posibles, se desea calcular las tensiones máximas que se producen en las situaciones más desfavorables de la carga.

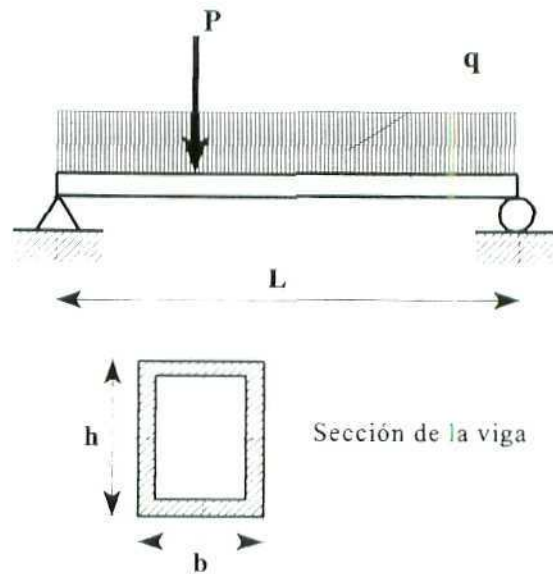


Figura 1

De la sección inicialmente escogida se sabe que es hueca, de medidas exteriores $h_x b$, y que las medidas interiores son, ambas, el 75% de las exteriores, coincidiendo los ejes de simetría.

Semejante problema o similar permite, en un primer paso, mostrar el oficio que se posee en la resolución de problemas específicos donde hay una determinada disciplina de proceso. Aclaradas convenientemente las circunstancias del caso y discutidas las posibles interpretaciones (sólo el que la carga unitaria no tenga posición predeterminada puede desdibujar inicialmente el problema), llega el momento de determinar, con un cierto automatismo, reacciones y diagramas de esfuerzos, señalando los puntos más conflictivos a flexión y a cortadura. A partir de aquí, y calculando el momento de inercia de la sección, así como su área, se pueden determinar las tensiones. Depende de la seguridad de los alumnos puede resultar interesante o trivial girar sobre su eje 90° la viga para comprobar qué pasa con las tensiones debidas a la flexión y las debidas a la cortadura.

Seguramente, aunque la Unidad anterior tendría la responsabilidad de introducir el método de resolución de problemas de este tipo, puede estar justificado que el profesor, ayudado por algún alumno notable, resuelva un primer caso. Servirá para exponer el método. Pero esta Unidad no está cubierta si, en casos similares, los alumnos no son capaces de desarrollar todo el proceso, aunque cometan errores, siempre que éste no sean fundamentales.

En este tipo de ejercicios, situados al final del recorrido, resulta formativo que los alumnos comprendan la diferencia que existe entre aprender problemas de memoria (el talismán del problema tipo) y la necesidad de disponer de un método, es decir, de una **secuencia estructurada de acciones**, para la resolución de problemas técnicos de una cierta envergadura.

Evaluación de la Unidad

Dada la complejidad que supone llegar hasta aquí, con una participación apreciable de los alumnos, se puede decir que el diseñar actividades de evaluación de esta Unidad, resulta sencillo. Se supone que hay un "voluminoso" cuaderno de clase, se ha trabajado sobre casos convertibles en exámenes, sólo queda hacer frente a la realidad: abordar el objetivo de la evaluación, que no es si los alumnos saben repetir lo que se ha hecho en clase, sino si, dentro de las limitaciones de un tiempo y un espacio controlado, son capaces de hacer algo nuevo (aunque semejante) ellos solos.

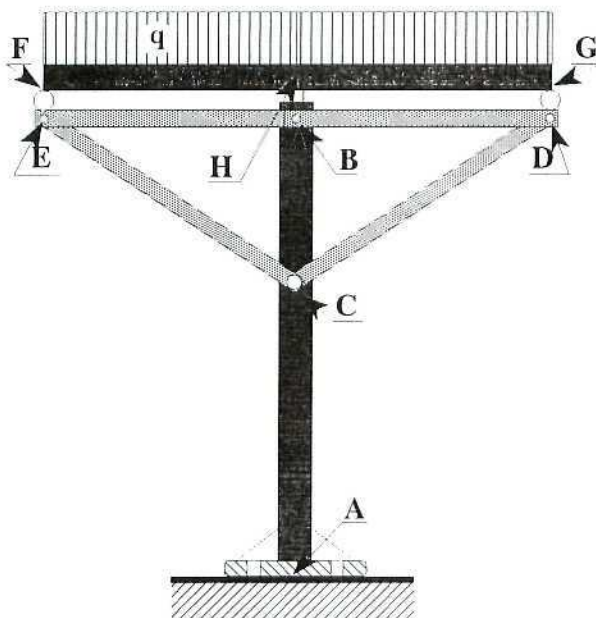
La evaluación global de la Unidad puede verse notablemente enriquecida si se completa la información con una **prueba global**. Tal vez la máxima utilidad de este tipo de pruebas radica en el

esfuerzo globalizador a que obliga a los alumnos en su preparación. Aprender no es apilar informaciones en la cabeza. Aunque se hace necesario almacenar algunos conceptos, es el establecimiento de redes de conexiones entre ellos lo que les proporciona operatividad. Y estas redes se forman a velocidad proporcional a su tamaño (cuanto mayor es el conjunto de interconexiones existente, mayor es la velocidad y la trascendencia de las interrelaciones establecidas). El rendimiento de estos "esfuerzos globales" en la generación de semejantes interconexiones es muy elevado. Y es de las características de esta prueba de lo que va a tratar este apartado. La imagen en negativo aparece cuando los alumnos están convencidos de que lo único que tiene valor (lo único que hay que aprobar) es esta prueba global.

Es indudable que tiene que haber una distancia entre las situaciones problemáticas manejadas en clase y las seleccionadas para este ejercicio final. Pero también es obvio que su redacción depende de lo desarrollado en clase.

Así, si se hubiera desarrollado la Unidad alrededor de las cuestiones aquí propuestas, cabría esperar de los alumnos que fuesen capaces de enfrentarse con coherencia a un ejercicio del tipo de:

Para soportar una cubierta se utilizan unas columnas como las de la *Figura 1*. Formadas por un pie derecho AB de sección cuadrada, dos triángulos articulados BCD y BCE construidos en barrote de sección rectangular y dos vigas de huecos, iguales, de sección rectangular y simplemente apoyadas en sus extremos, FH y HG. El peso propio y la carga del sector de cubierta correspondiente dan como resultado una carga uniformemente repartida q por unidad de longitud.



Conocidas todas las dimensiones se pide:

- Tensiones en las barras CD, CE, EB y BD.
- Distribución de esfuerzos cortantes y momentos flectores en la viga EB.
- Conocidas las dimensiones del rectángulo hueco que constituye la sección de la viga anterior, calcular las tensiones máximas.

Si se puede suponer que la acción del viento se representa por una cierta fuerza V horizontal y aplicada en el punto C:

d) Calcular los esfuerzos que tendrían que soportar los espárragos de amarre de la base, suponiendo que son cuatro.

El ejercicio tiene un carácter global y, por lo tanto, en cuanto a las condiciones de realización, el alumno debe tener muy claro que debe abordar todos los supuestos (está obligado a desarrollar al máximo de cada uno), ya que se trata de obtener una información del grado de madurez con que aborda cada paso. El tiempo de resolución debe ser holgado.

Comentario sobre la bibliografía

La novedad que supone la inclusión de esta materia en el Bachillerato impide una referencia bibliográfica específica. La ausencia de libros dedicados a ella, en este nivel, se debe cubrir con tres diferente "cepas" de libros.

El primer contingente lo constituyen las Mecánicas Técnicas propias de los primeros cursos universitarios, concebidas para alumnos con diferente nivel de conocimiento matemático y muy poco concesivas en aspectos didácticos, por lo que los alumnos no las pueden utilizar directamente. Son un material de referencia necesario para el profesor, que deberá hacer, en cada caso, una "adaptación significativa". Existen muchas y cada uno se mueve mejor por aquella que ya recorrió. Debe darse preferencia a las de tipo técnico, que evitan el riesgo de "derivadas teorizantes" a la vez que impregnan un cierto carácter más próximo al que se plantea en el currículo (aunque no sea más que por los ejemplos que sugieren).

Un segundo contingente lo constituyen los libros que recientemente están apareciendo (y probablemente seguirán apareciendo) para la Tecnología de la Secundaria Obligatoria. Los objetivos de esta área incluyen, entre otros, el análisis de la fundamentación teórica de elementos mecánicos construidos como respuesta a problemas concretos. En particular, la concepción que los países sajones tienen de la enseñanza de conceptos mecánicos sin artificio matemático convierte al mercado inglés (con la barrera del idioma, salvo traducciones) en objetivo interesante. Por el segmento de alumnos al que van dirigidos, suelen hacer buenos planteamientos didácticos, aunque a veces les falte su rigor y sobre todo profundidad. Son fundamentalmente libros de referencia para el profesor, en este caso como referencia didáctica y fuente de ideas. Es un mercado incipiente que parece desarrollarse con rapidez.

Por último, y para aquellos aspectos más técnicos aquí propuestos, como los engranajes o las levas, será necesario buscar bibliografía específica. En particular, y en el campo de los engranajes, existe una versión reducida de uno de los manuales más clásicos (G. Henrivr, *Manual Práctico de engranajes*. Editorial Marcombo) que, partiendo de explicar estática elemental y sin elevar nunca el armazón teórico, penetra perfectamente en todo el mundo técnico del engranaje. En este caso lo que resulta excesivo es precisamente el nivel de especificidad. Vuelve, por tanto, a ser un libro de referencia para el profesor, que deberá seleccionar de él los elementos útiles.

Otro apartado lo constituyen las levas. Uno de sus atractivos didácticos más importantes es la posibilidad de introducir el auxilio del ordenador. En cuanto a las levas planas (las de más fácil comprensión por parte de los alumnos), para construir su perfil, dadas la geometría del seguidor y la representación gráfica (diagrama de seguidor) de sus desplazamientos con relación al giro de la misma (o el tiempo), se utilizaron clásicamente métodos gráficos. En la actualidad, introducir la idea de "digitalizar" el diagrama del seguidor (determinar el desplazamiento d_k para cada elemento de giro θ_k) y, a través de un análisis geométrico sencillo, confeccionar el algoritmo que permita calcular el valor del radio r_k para cada elemento de giro θ_k resulta formativo, sencillo y motivador. Con una pequeña batería de programas previamente realizados se puede dar un "pequeño paseo" por el

mundo del diseño de levas a partir de conocer su función (definido el conjunto $\{\theta_k, d_k\}$ para $k = 1, n$, obtener el conjunto $\{\theta_k, r_k\}$).

La descripción general de qué son y para qué sirven las levas se encuentra en cualquier libro de mecanismos. En cuanto a la segunda parte, la de su diseño asistido por ordenador, no existe por el momento bibliografía.

Anexo: Currículo oficial (*)

Introducción

La Mecánica es la parte de la Física que trata del equilibrio y del movimiento de los cuerpos sometidos a fuerzas cualesquiera. Debe entonces colaborar en identificar y fundamentar el modo de hacer tecnológico, aportando herramientas determinadas. Para esto ha de llevar la teoría hasta las aplicaciones concretas y ha de encontrar los fundamentos teóricos en las realizaciones prácticas. Y todo ello dentro de un paradigma científico coherente.

En el desarrollo de la materia se debe llegar a comprender y a articular la diferencia entre el conocimiento teórico de las leyes que rigen un fenómeno (saberes pertenecientes al ámbito de los conceptos) y la elaboración de las diversas estrategias que permitan obtener soluciones aplicando dichas leyes a problemas prácticos (dentro del dominio de los procedimientos, es decir, del saber hacer práctico). Todo ello parece posible para el nivel de Bachillerato, entendiendo por mecánica una visión aplicada de la Mecánica de Newton. Tiene, por tanto, principalmente, un carácter de ciencia aplicada, estando más cercana a la tecnología que a las ciencias físicas.

Al ser objeto de la Mecánica el estudio de las fuerzas y movimientos que obran sobre los cuerpos, esta asignatura comprenderá la Estática, que se ocupa de las condiciones de equilibrio de los cuerpos; la Cinemática, que estudia el movimiento de éstos prescindiendo de las fuerzas que lo producen, y la Dinámica que examina el movimiento de los cuerpos en relación con las fuerzas a ellos aplicadas. Un cuarto subconjunto de saberes lo constituye la Resistencia de Materiales, que se ocupa del comportamiento de elementos de estructuras y máquinas bajo la acción de cargas exteriores, poniendo en relación las fuerzas internas creadas y las deformaciones producidas.

Al ser las fuerzas y los movimientos elementos cotidianos y cercanos al alumno, el aprendizaje de las leyes y modelos que los relacionan resulta más fácilmente abordable que la comprensión de otros paradigmas científicos. Esto hace de la Mecánica una asignatura de gran valor formativo, al ser una herramienta privilegiada para relacionar leyes abstractas con hechos y resultados concretos. Su estructura relativamente reducida de conocimientos, la amplia casuística de problemas abordables desde ellos, así como su fácilmente comprobable coherencia interna, la colocan en situación muy favorable para ejemplarizar el papel de ciencia y clarificar su relación con la tecnología.

En el desarrollo de esta asignatura es necesario valorar su posición y su papel específico. Al destacar su carácter aplicado se evita que los alumnos tengan que estudiar toda su construcción teórica, potenciando, en cambio, que sean capaces de convertir un conjunto de leyes en herramientas de análisis y transformación de la realidad mediante su aplicación a casos concretos.

(*) REAL DECRETO 1179/1992, de 2 de octubre, por el que se establece el Currículo de Bachillerato (B.O.E. de 21 de noviembre de 1992).

Objetivos generales

El desarrollo de esta materia ha de contribuir a que las alumnas y alumnos adquirieran las siguientes capacidades:

1. Desarrollar, a través del razonamiento con las leyes de la Mecánica, la "intuición mecánica" básica que les permita tanto generar estrategias de aplicación de dichas leyes como fundamentar futuras generalizaciones de las mismas.
2. Valorar la capacidad de explicación y predicción de la Mecánica sobre el comportamiento de los mecanismos, apreciando sus limitaciones.
3. Analizar y resolver problemas mediante la aplicación de las leyes de la Mecánica teniendo en cuenta los límites impuestos por la realidad.
4. Identificar en los sólidos rígidos y en los sistemas mecánicos más complejos las acciones que en ellos concurren y su interrelación.
5. Relacionar formas, dimensiones, materiales y, en general, el diseño de los objetos técnicos con las sollicitudes mecánicas a que están sometidos.
6. Reducir a esquemas elementos, estructuras o sistemas mecánicos de la realidad sometidos a sollicitaciones también reales.
7. Utilizar apropiadamente el vocabulario específico en relación con la Mecánica.
8. Manejar correctamente las unidades de medida de las diferentes magnitudes.

Contenidos

Estática

Equilibrio de un sistema plano de puntos materiales: condiciones universales de equilibrio.

Equilibrio en el sólido rígido. Aplicación al estudio de elementos estructurales isostáticos. Discusión del rozamiento en el equilibrio de sistemas simples.

Análisis estático de mecanismos. Aplicaciones al sistema biela-manivela.

Resistencia de materiales

El ensayo de tracción para el estudio de la elasticidad/plasticidad de los materiales: Ley de Hooke. Acciones que concurren entre dos secciones contiguas de material.

La tracción, compresión y cortadura. Cálculo resistente de piezas simples.

Flexión en vigas simplemente apoyadas y en voladizo, sometidas a cargas puntuales y uniformemente distribuidas. Cálculo de la fuerza cortante, el momento flector y el esfuerzo máximo. Coeficiente de seguridad.

La torsión en árboles macizos de sección circular, macizos y huecos de pequeño espesor. Cálculo del esfuerzo de torsión máximo.

Introducción cualitativa al pandeo: carga crítica. Introducción al estudio de casos hiperestáticos simples. Esfuerzos térmicos y efecto entalla.

Cinemática

Movimiento de un punto en un plano. Análisis de movimiento relativo y estudio de la composición de movimientos.

Método de los centros instantáneos de rotación. Aplicación al paralelogramo articulado, biela-manivela, engranajes y rodadura sin deslizamiento. Velocidades y aceleraciones en el mecanismo biela-manivela mediante métodos analíticos.

Los movimientos de traslación y rotación de un sólido. Aplicación a la rotación uniforme alrededor de un eje fijo y al movimiento helicoidal uniforme.

El movimiento vibratorio simple.

Dinámica

Estudio dinámico del punto material en el plano.

Rotación de un sólido alrededor de un eje fijo: momento de inercia. Momento cinético. Energía cinética de rotación. Aplicación a máquinas que giran.

El movimiento giroscópico. Aplicación giroscopo, volantes y rotores cuyos ejes tienen holgura y a las ruedas de vehículos.

Análisis dinámico de máquinas y mecanismos. Equilibrado de masas giratorias. Máquinas equilibradoras. Introducción al equilibrado de masa alternativas. Aplicación al mecanismo biela-manivela. El principio de conservación de la energía en el análisis de máquinas, y mecanismos. Aplicación a mecanismos en rotación.

Rozamiento por deslizamiento y rodadura. Rendimiento en los mecanismos.

El sólido elástico sometido a vibración: frecuencia natural de oscilación, vibración forzada, resonancia y fatiga. Amortiguadores. Aplicación a elementos de máquinas y mecanismos sometidos a vibración. Vibraciones y velocidad crítica de árboles.

Introducción a la mecánica de fluidos. Hidrostática: principio de Pascal. Hidrodinámica: teorema de Bernoulli. Movimiento laminar: pérdida de carga en una tubería. Movimiento turbulento: número de Reynolds. Movimiento de fluidos alrededor de un perfil: sustentación y resistencia. Aplicaciones.

Criterios de evaluación

1. *Esquematizar una estructura o un sistema mecánico real identificando las cargas que le son aplicadas y calculando tanto las fuerzas que soportan sus distintos elementos como, en su caso, las reacciones en sus apoyos, para llegar a razonar el porqué del diseño.*

Se trata de comprobar si los alumnos conocen y comprenden el concepto de equilibrio de fuerzas en sistemas estructurales isostáticos, planos o reducibles a planos, así como si poseen las destrezas de cálculo necesarias para determinar los valores de las fuerzas. También se trata de comprobar si aplican esos conocimientos a situaciones reales, detectando si los identifican en conjuntos mecánicos reales y valorando el razonamiento que utilizan para explicar el diseño de estos últimos.

2. *Relacionar el diseño de los diferentes elementos que componen una estructura o conjunto mecánico con su resistencia a diferentes sollicitaciones (tracción, compresión, cortadura, flexión, torsión) empleando el razonamiento, los conceptos y el vocabulario apropiados.*

Se trata de evaluar el grado de asimilación de los conceptos enunciados para comprobar si los alumnos son capaces de explicar el diseño de los elementos que componen una estructura o conjunto mecánico desde el punto de vista de la resistencia de forma que el razonamiento y el vocabulario que empleen sea técnicamente correcto.

3. *Calcular los esfuerzos sobre un elemento simplificado de una estructura o conjunto mecánico real, identificando o, en su caso, calculando las cargas aplicadas sobre él.*

Se trata de detectar el grado de asimilación de los conceptos puestos en juego y las destrezas de cálculo desarrolladas para evaluar si el alumno es capaz de identificar o calcular las fuerzas que obran sobre un elemento aislado de una estructura o conjunto mecánico y si es capaz de realizar los cálculos necesarios para determinar los valores de las diferentes magnitudes puestas en juego, todo ello para el tipo de solicitaciones especificadas en los núcleos temáticos.

4. *Identificar los distintos movimientos que ocurren en los diversos elementos rígidos de un conjunto mecánico en movimiento (cuando estén situados en un plano) describiendo, cualitativamente, sus características cinemáticas.*

Se trata de comprobar si el alumno sabe aplicar a situaciones reales los conocimientos adquiridos sobre trayectorias, velocidades y aceleraciones de los cuerpos. Para ello debe saber identificar cada movimiento entre varios y debe saber razonar acerca de ellos, analizando la distribución de velocidades, identificando aceleraciones, estimando órdenes de magnitud, detectando movimientos imposibles o concatenando movimientos.

5. *Calcular los valores de las diversas magnitudes puestas en juego (espacios, ángulos, tiempos, velocidades, aceleraciones) sobre un esquema, previamente realizado, de un movimiento real y en un punto significativo de su funcionamiento.*

Se trata de comprobar si el alumno es capaz de esquematizar un movimiento real elegido entre los movimientos estudiados y de si sobre él sabe establecer relaciones entre las variables cinemáticas para llegar a determinar unos valores a partir de otros conocidos.

6. *Valorar, en un sistema mecánico dado, la influencia de los momentos de inercia de los elementos en rotación en el funcionamiento conjunto y como éste se ve afectado si tales momentos de inercia varían.*

Se trata de comprobar si el alumno ha asimilado el concepto de momento de inercia de forma que es capaz de evaluar, cualitativamente, las modificaciones que sufre el funcionamiento de un sistema mecánico real cuando este momento de inercia toma distintos valores.

7. *Relacionar las magnitudes potencia, par y velocidad de giro en una transmisión con elementos en rotación, calculando unos valores a partir de otros conocidos, y discutiendo, cualitativamente, la influencia del rozamiento.*

Se trata de comprobar si el alumno: a) ha comprendido estos conceptos de tal forma que sabe aplicarlos a un caso real, razonando correctamente cómo, a través de los mecanismos, se va transmitiendo y conservando la potencia puesta en juego, y valorando la influencia e importancia del rozamiento; b) posee los procedimientos adecuados que le permiten hacer cálculos con los datos que sobre estas magnitudes se le presenten.

8. *Aplicar el principio de conservación del momento cinético en la explicación del funcionamiento de sistemas o conjuntos de sistemas mecánicos reales en que tal principio concurra, calculando sus valores.*

Se trata de evaluar el grado de asimilación del concepto de momento cinético mediante el razonamiento que haga el alumno para describir el funcionamiento de aquellos ejemplos reales que se le presenten y en los que se cumpla el principio de conservación, y mediante la correcta aplicación de las ecuaciones que le son propias para el cálculo de valores.

9. *Aplicar los métodos de equilibrado de masas giratorias, analítico y gráfico, al caso de dos masas en un mismo plano.*

Se trata de evaluar tanto el grado de asimilación del concepto de equilibrado en rotación como el dominio de los procedimientos para equilibrar masas desequilibradas.



CENTRO DE DESARROLLO CURRICULAR

DIRECCIÓN GENERAL de RENOVACIÓN PEDAGÓGICA

CENTRO DE DESARROLLO CURRICULAR