26-27

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

DISEÑO AVANZADO DE TRANSMISIONES POR ENGRANAJES (PLAN 2024)

CÓDIGO 28010230

UNED

26-27

DISEÑO AVANZADO DE TRANSMISIONES POR ENGRANAJES (PLAN 2024)

CÓDIGO 28010230

ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA
EQUIPO DOCENTE
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE
RESULTADOS DE APRENDIZAJE
CONTENIDOS
METODOLOGÍA
SISTEMA DE EVALUACIÓN
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA
IGUALDAD DE GÉNERO

Nombre de la asignatura	DISEÑO AVANZADO DE TRANSMISIONES POR ENGRANAJES (PLAN 2024)
Código	28010230
Curso académico	2026/2027
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	5
Horas	125
Periodo	SEMESTRE 1
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Los engranajes cilíndricos, rectos y helicoidales, de perfil de evolvente son, con total seguridad, los elementos de transmisión de potencia entre ejes paralelos más utilizados en la práctica industrial. Y por esta razón, siempre han sido –y continúan siendo– objeto de estudio, tanto para la mejora de los procesos de generación de los dientes como para la evaluación de la capacidad de carga –o potencia transmisible– en condiciones de operación. Además de esto, las cada vez mayores exigencias medioambientales en cuanto a la emisión de ruido y vibración, la mejora de la eficiencia energética y el abaratamiento de las operaciones de mantenimiento, se traducen en el continuo desarrollo de nuevos modelos y métodos de cálculo que tomen en consideración la influencia de cada vez mayor número de factores externos que puedan afectar al funcionamiento de la transmisión.

Para el cálculo de la capacidad de carga, en España es de aplicación la norma ISO 6336. Hasta hace no mucho tiempo, esta norma proporcionaba métodos de cálculo frente al fallo por presión superficial en los flancos (también llamado fallo por picadura) y frente al fallo por rotura en la base por flexión; ambos, como es conocido, asociados a fenómenos de fatiga. En la actualidad el alcance de la norma se está extendiendo a otros tipos de fallo, como la micropicadura, la fractura del flanco, el gripado, etc. Como es natural, sea mediante la edición de nuevos documentos, o partes, de la norma, o la actualización de las partes existentes, ISO 6336 trata de adaptar e incluir los nuevos modelos de comportamiento que progresivamente se van desarrollando. Sin embargo, como es comprensible, esta adaptación se produce siempre con un cierto retraso, mayor o menor según sea la presión de la industria y su interés en cada aspecto concreto.

En la actualidad, preocupan principalmente cuatro aspectos, por su impacto medioambiental y económico:

1. Reducir los niveles de ruido y vibración.
2. Reducir las pérdidas.
3. Aumentar la relación capacidad de carga / peso (o volumen) de la transmisión.
4. Controlar el error de transmisión.

Los niveles de ruido están estrechamente ligados al choque entre dientes al inicio del contacto. En efecto, las deformaciones de los dientes por efecto de la carga transmitida inducen un retraso de la rueda conducida respecto de la conductora; retraso que a su vez

provoca un adelanto del inicio del contacto de la pareja de dientes siguiente: la base del diente conductor golpea la cabeza del diente conducido, antes del punto teórico de inicio del contacto y fuera incluso de la línea de presión. Este choque es la fuente principal de ruido y una de las principales fuentes de vibración en engranajes. Se puede evitar mediante el rebaje de punta del perfil de la rueda conducida, que volvería a retrasar el inicio del contacto, llevándolo al punto de inicio teórico, si el rebaje es el adecuado. Tiene el inconveniente de que el rebaje es válido únicamente para una carga determinada.

Las pérdidas de potencia dependen de multitud de factores, pero las pérdidas por fricción dependen, en gran medida, de la geometría de los dientes, de la que dependerá el deslizamiento relativo y la distribución de carga. Modificaciones de la geometría que eliminen en lo posible el contacto en puntos alejados del punto de rodadura, o que disminuyan la carga esos puntos, en los que el deslizamiento relativo es mayor, permiten mejorar la eficiencia mecánica.

Del mismo modo, la capacidad de potencia se ve afectada por una auténtica infinidad de factores (materiales, lubricación, temperatura, velocidad, precisión en la fabricación y en el montaje, etc.); pero también por la geometría de los dientes, que determinará el estado tensional que el acero deberá soportar. Actualmente crece el interés por las transmisiones de alto grado de recubrimiento (que reparten la carga entre un número mayor de parejas de dientes en contacto simultáneo) o de geometría no convencional (en las que, alterando las dimensiones estándar de los dientes se aprovecha al máximo su capacidad resistente).

El error de transmisión es la diferencia entre la posición de la rueda de salida y la posición teórica de la misma si la acción fuese idealmente conjugada. Se produce por los errores de fabricación y montaje (errores de alineamiento), y por las deformaciones de los dientes bajo carga. Si la velocidad de entrada es uniforme, el error de transmisión produce fluctuaciones en la velocidad de salida –aceleraciones y deceleraciones, en definitiva–, que son fuente de sobrecarga dinámica y vibraciones. El error de transmisión es, en la práctica, inevitable, pero se pueden controlar su magnitud y, lo que a veces es más importante, su forma de onda. Esto se puede conseguir actuando sobre la longitud y la forma del rebaje de punta.

Todos estos aspectos son, en la actualidad, objeto de investigación y desarrollo por parte de un gran número de grupos de trabajo en todo el mundo. Aunque los modelos de comportamiento están universalmente (o casi universalmente) admitidos, al menos en sus fundamentos, su aplicación a los diferentes tipos de transmisiones y a diferentes objetivos de diseño sigue siendo fuente de nuevos resultados y publicaciones. Uno de estos grupos es el *Grupo de Investigación de Ingeniería Mecánica* de la UNED, al que pertenecen todos los profesores del equipo docente de esta asignatura, y cuya primera y principal línea de investigación es el *Diseño y simulación de transmisiones por engranajes*.

En esta asignatura de *Diseño Avanzado de Transmisiones por Engranajes* se presentarán los fundamentos y los modelos básicos desarrollados por el grupo de investigación para el

desarrollo de su actividad, en los puntos mencionados más arriba. A grandes rasgos, consiste en el desarrollo de un modelo de reparto de carga obtenido por aplicación del principio de mínimo potencial de deformación, para el que se obtuvo una formulación aproximada analítica, de extremada sencillez y elevada precisión. Esta formulación permitió la realización de cálculos analíticos para la localización y evaluación de las tensiones críticas, incluso de las pérdidas por fricción. Posteriormente, el modelo se reformuló en términos de rigidez de engrane, adecuándolo a su utilización para la modelización de las deformaciones, el error de transmisión y las modificaciones de perfil.

Para fundamentar el desarrollo del modelo de carga, el programa de la asignatura dedica la primera Unidad Didáctica a la obtención y el análisis de la geometría de los dientes y del engrane. A partir de esa geometría, la Unidad Didáctica II presenta los modelos a presión superficial y a rotura en la base de ISO 6336. La Unidad Didáctica III presenta el modelo de carga y rigidez desarrollado, y su aplicación al cálculo resistente, como antes a presión superficial y a rotura en la base. En la Unidad Didáctica IV se aplicará el modelo al cálculo resistente de engranajes rectos no convencionales (dimensiones no estándar, dientes con interferencia de tallado, engrane en vacío) y de engranajes de alto grado de recubrimiento, y al cálculo de las pérdidas por fricción. En la Unidad Didáctica V se habrá de desarrollar un trabajo final de síntesis de la asignatura, que podrá tener dos enfoques diferenciados: (i) un trabajo relacionado con los conceptos desarrollados en la asignatura, aplicados a una transmisión concreta o de determinadas características, o (ii) un trabajo orientado a la aplicación de los conceptos estudiados al desarrollo de alguno de los modelos mencionados más arriba (deformaciones, error de transmisión, etc.). El alumno podrá elegir libremente una u otra orientación de acuerdo con sus preferencias, sin ninguna restricción. No obstante, la orientación (ii) está pensada para los alumnos que tengan intención de cursar la asignatura optativa del itinerario en *Ingeniería Mecánica* de *Simulación y Análisis del Contacto en Engranajes*, o desarrollar el trabajo fin de máster en la línea de investigación sobre *Transmisiones Avanzadas de Engranajes*. Naturalmente, el alumno dispondrá de bibliografía específica para el desarrollo de este trabajo, así como de acceso al sitio web del Grupo de Investigación de Ingeniería Mecánica, y al repositorio de publicaciones del mismo. También tendrá información de los trabajos fin de máster que en todo momento se ofertan en la línea de investigación de *Transmisiones Avanzadas de Engranajes*. El equipo docente publicará en el curso virtual las líneas que se propongan cada año para la realización de este trabajo.

Adicionalmente, todos los alumnos que lo deseen podrán disponer de una licencia gratuita anual del programa KissSoft, con el que eventualmente podrán realizar también algún tipo de actividad.

La asignatura *Diseño Avanzado de Transmisiones por Engranajes* forma parte del itinerario en *Ingeniería Mecánica* como asignatura obligatoria del mismo, y se habrá de cursar, por tanto, en cualquiera de las líneas de investigación asociadas a este itinerario. No

obstante, como es natural, constituye el fundamento específico para la línea de investigación en *Transmisiones Avanzadas de Engranajes*, para el que se complementa, de manera ideal, con la mencionada asignatura optativa de *Simulación y Análisis del Contacto en Engranajes*.
La asignatura viene a ampliar los conocimientos adquiridos por el alumno durante los estudios de grado, en disciplinas tales como *Teoría de Máquinas* o *Tecnología de Máquinas* . A lo largo de su desarrollo se justificarán los métodos de cálculo propuestos por la norma ISO 6336, y se establecerán los fundamentos para el análisis de transmisiones con modificaciones en la geometría o en las condiciones de operación.
Las principales competencias que se pretenden alcanzar son:

1. Conocimiento de los procesos de tallado por generación de dientes de engranajes.
2. Capacidad de determinación, a partir de la geometría de la herramienta y de las condiciones de tallado, de las características geométricas de la rueda generada.
3. Capacidad de simulación de las condiciones de operación a partir de la geometría de las ruedas y de las condiciones de montaje.
4. Conocimiento de los modelos de cálculo resistente, a flexión en la base y a presión superficial, de la norma ISO 6336.
5. Destrezas en la aplicación de los métodos energéticos para la determinación de la distribución de carga en la línea de contacto y de la rigidez de engrane.
6. Capacidad de desarrollo de modelos avanzados de cálculo resistente y rendimiento.
7. Habilidades para el diseño y análisis de transmisiones especiales (interferencia de tallado, alto grado de recubrimiento transversal, etc.).

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

La asignatura no tiene requisitos obligatorios. No obstante, para un adecuado seguimiento y aprovechamiento del curso se precisan conocimientos, a nivel de grado universitario, de algunas disciplinas como:

•*Elasticidad y Resistencia de Materiales*: tensión, deformación, potencial elástico, resistencia, esfuerzo normal, flexión y cortadura.

•*Teoría de Máquinas*: palancas rodantes, acción conjugada, transmisiones por engranajes.

•*Tecnología de Máquinas*: fatiga, presión superficial.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	MIRYAM BEATRIZ SANCHEZ SANCHEZ
Correo Electrónico	msanchez@ind.uned.es
Teléfono	91398-6434
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	MECÁNICA

Nombre y Apellidos	MIGUEL PLEGUEZUELOS GONZALEZ
Correo Electrónico	mpleguezuelos@ind.uned.es
Teléfono	91398-7674
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	MECÁNICA

Nombre y Apellidos	JOSE IGNACIO PEDRERO MOYA (Coordinador/a de asignatura)
Correo Electrónico	jpedrero@ind.uned.es
Teléfono	91398-6430
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	MECÁNICA

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

La tutorización y el seguimiento de los aprendizajes se realizarán a través del curso virtual y el correo electrónico. También se pueden realizar consultas personales o telefónicas a los profesores del equipo docente, preferentemente en el horario de guardia de la asignatura:
Prof. D. José Ignacio Pedrero Moya
Día: Martes, de 10 a 14 horas
Lugar: ETS de Ingenieros Industriales, Dpto. de Mecánica, despacho 1.49
Calle Juan del Rosal 12, 28040 Madrid
Teléfono: 913 986 430, email: jpedrero@ind.uned.es
Prof. D. Miguel Pleguezuelos González
Día: Martes, de 10 a 14 horas
Lugar: ETS de Ingenieros Industriales, Dpto. de Mecánica, despacho 1.47
Calle Juan del Rosal 12, 28040 Madrid
Teléfono: 913 987 674, email: mpleguezuelos@ind.uned.es
Prof. D.ª Miryam Beatriz Sánchez Sánchez
Día: Martes, de 10 a 14 horas
Lugar: ETS Ingenieros Industriales, Dpto. de Mecánica, despacho 1.43
Calle Juan del Rosal 12, 28040 Madrid
Teléfono: 913 986 434, email: msanchez@ind.uned.es

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

COMPETENCIAS
CP1 Desarrollar habilidades sistémicas (metodológicas): aplicación de conocimientos; habilidades en investigación; y creatividad.
CP3 Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
CP4 Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

TIPO: Conocimientos o contenidos

C1 - Adquirir el conocimiento de los métodos y técnicas de investigación TIPO: Conocimientos o contenidos.

C4 - Adquirir destrezas en la aplicación de técnicas de simulación computacional.

C5 - Tomar conciencia de la importancia de la adquisición del conocimiento científico a la luz de la teoría de la ciencia actual, así como de la diversidad metodológica.

C6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

TIPO: Habilidades o destrezas

H1 - Desarrollar capacidad de análisis y síntesis de la información científico-técnica.

H2 - Adquirir destrezas en la búsqueda y gestión bibliográfica y documental.

H3 - Desarrollar capacidad de razonamiento crítico.

H4 - Desarrollar habilidades técnicas, de análisis y síntesis: resolución de problemas, toma de decisiones y comunicación de avances científicos.

H6 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

H7 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

TIPO: Competencias

CP1 - Desarrollar habilidades sistémicas (metodológicas): aplicación de conocimientos; habilidades en investigación; y creatividad.

CP3 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CP4 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CONTENIDOS

Unidad Didáctica I. Geometría de los dientes y del engrane

Esta unidad didáctica comprende el estudio de la geometría de los engranajes cilíndricos -rectos y helicoidales- de perfil de evolvente. Incluye la simulación de la generación de los perfiles de los flancos, tanto de la parte activa de evolvente de circunferencia, como de la trocoide de la base, a partir de la geometría de la herramienta de tallado -cremallera de flancos rectos con redondeo en la punta- y las condiciones de generación. A partir de ello se

determinan las dimensiones del diente generado, se establecen las restricciones de penetración y apuntamiento, y se presenta la simulación de las condiciones de engrane entre los perfiles generados, a partir de las cuales se calculan los parámetros de operación: grados de recubrimiento, holgura, longitud de contacto, etc.

TEMA 1. Tallado de ruedas dentadas de perfil de evolvente

TEMA 2. Engrane de ruedas de perfil de evolvente

Unidad Didáctica II. Modelo ISO de cálculo resistente

En esta unidad didáctica se presentan los modelos de cálculo a presión superficial y a rotura en la base, según la norma ISO 6336. En ambos casos, se parte de la geometría obtenida en la unidad didáctica anterior, y se aplican los modelos de la teoría de la elasticidad (la ecuación de Hertz para presión superficial y la de Navier para flexión en la base) para la determinación de las tensiones nominales. Se presenta también el cálculo de los factores de influencia y de la tensión admisible que propone ISO para la determinación de la capacidad de carga.

TEMA 3. Cálculo a presión superficial según ISO

TEMA 4. Cálculo a rotura en la base según ISO

Unidad Didáctica III. Distribución de carga de mínimo potencial de deformación

Se presenta en esta unidad didáctica el modelo de distribución de carga obtenido a partir del principio de mínimo potencial de deformación. Se introduce la ecuación analítica aproximada para el cálculo del potencial unitario inverso, que está relacionado con la rigidez de la pareja de dientes por unidad de espesor, y se aplica a la determinación de las tensiones críticas y las condiciones críticas de carga, a presión superficial y a rotura en la base.

TEMA 5. Distribución de carga de mínimo potencial de deformación

TEMA 6. Modelo de cálculo a presión superficial

TEMA 7. Modelo de cálculo a rotura en la base

Unidad Didáctica IV. Aplicaciones al desarrollo de modelos para engranajes rectos

El modelo de distribución de carga presentado en la unidad didáctica anterior se aplica en ésta a cálculos específicos de engranajes rectos. Se consideran, concretamente, los engranajes con dimensiones no estándar y los de alto grado de recubrimiento, a los que se ajusta el modelo de reparto de carga y se desarrollan los modelos de cálculo resistente. Finalmente, se presenta el cálculo de las pérdidas por fricción, de acuerdo con el modelo de carga desarrollado.

TEMA 8. Dientes con dimensiones no convencionales

TEMA 9. Engranajes de alto grado de recubrimiento
TEMA 10. Pérdidas por fricción

Unidad Didáctica V. Trabajo final de síntesis

En esta última unidad didáctica se realizará un trabajo final, que recoja de alguna forma los conocimientos, capacidades y habilidades desarrollados en la asignatura. El alumno escogerá el tema de entre los que se propongan por el equipo docente, que se publicarán en el curso virtual. Se habrá de tener en cuenta que puede haber alguna línea de trabajo especialmente recomendada para alumnos que se planteen desarrollar el trabajo fin de máster en la línea de investigación de *Transmisiones avanzadas de engranajes*.
TEMA 11. Trabajo final de síntesis

METODOLOGÍA

El método de trabajo que se propone para el seguimiento de la asignatura está basado en los recursos didácticos propios de la enseñanza a distancia, que se imparte en la UNED.
Para cada una de las cuatro primeras unidades didácticas, el aprendizaje estará basado en los siguientes aspectos:

- Estudio del material didáctico que desarrolla los contenidos de la unidad.
- Planteamiento, discusión y resolución de dudas (interacción profesor–alumno y entre alumnos).
- Realización de ejercicios de entrenamiento (pruebas de autoevaluación).
- Realización de pruebas de evaluación, consistentes en la resolución de ejercicios prácticos, que se remitirán al equipo docente.

Finalmente, el trabajo final de síntesis, que conforma la Unidad Didáctica V, consistirá en el desarrollo de un ejercicio de aplicación de los conocimientos, capacidades y destrezas alcanzados en las cuatro unidades didácticas anteriores.
Todo ello se llevará a cabo a través del curso virtual de la asignatura, al que se tendrá acceso a través del portal de enseñanza virtual *UNED-e*, y que constituirá el cauce habitual de comunicación entre alumnos y equipo docente, y entre los alumnos entre sí. En este curso virtual el alumno tendrá acceso a los siguientes medios de apoyo:

- **Material didáctico**: estará accesible toda la bibliografía necesaria para el seguimiento del curso, así como cuantas guías, adendas, ejercicios o material didáctico auxiliar se vaya generando a medida que avanza el curso para mantener toda la información permanentemente actualizada.
- **Pruebas de autoevaluación**: ejercicios de entrenamiento, con sus correspondientes guías para la autoevaluación por parte del alumno.
- **Foros de debate**: organizados por temas, servirán para el planteamiento, discusión y resolución de dudas o aclaraciones de interés general, relacionadas con los contenidos de

la asignatura o la marcha del curso. Serán el cauce habitual de comunicación entre el equipo docente y los alumnos, y entre los alumnos entre sí.

- **Correo electrónico**: para la comunicación entre el equipo docente y los alumnos, o los alumnos entre sí, cuando se trate de temas particulares, sin especial interés para el resto de alumnos.
- **Pruebas de evaluación a distancia**: que el alumno deberá realizar y remitir al equipo docente para su evaluación.
- **Enlaces de interés**: entre los que se encontrará el enlace al sitio web del *Grupo de Investigación de Ingeniería Mecánica* y al repositorio de publicaciones del mismo.
- **Información de interés**: especialmente dirigida a alumnos que prevean la realización del trabajo fin de máster en la línea de investigación de *Transmisiones Avanzadas de Engranajes*, vinculada a esta asignatura. Entre esta información, cabe destacar lo siguiente:

- Procedimiento para la adquisición de una licencia anual gratuita del software KissSoft.
- Líneas que se ofertan en cada momento para el trabajo fin de máster en la línea de *Transmisiones Avanzadas de Engranajes.* (Entendiendo que la oferta será siempre flexible, y estará abierta considerar a sugerencias o preferencias de cada alumno).
- Presentación de la actividad investigadora reciente del grupo y de las líneas actuales y resultados previstos.

- **Glosario de términos**: documento en el que se recogen los términos más importantes que se utilizan en la asignatura, con indicación de las páginas de los documentos de la bibliografía en las que pueden encontrarse las definiciones correspondientes, o el modo en que cada término es introducido.

El alumno deberá comenzar el estudio de cada una de las unidades didácticas descargando el material didáctico correspondiente: la bibliografía básica, pruebas de autoevaluación y pruebas de evaluación a distancia. Todo el material necesario para la preparación de la asignatura estará disponible en formato electrónico en el curso virtual.

Deberá estudiar el material didáctico recomendado, realizando los ejercicios y actividades que en él se propongan, con la vista puesta en la prueba de evaluación que habrán de realizar al final de cada unidad.

Para resolver las dudas o problemas que vayan surgiendo podrá acudir a los foros de debate, donde el equipo docente responderá cuantas cuestiones se vayan planteando. Será recomendable que participen, asimismo, en la discusión otros alumnos que se hubieran enfrentado previamente a la misma cuestión, o que sobre la marcha, al pensar sobre el tema, tuvieran ideas que aportar. En todo caso, se recomienda vivamente la consulta asidua de estos foros, pues la experiencia demuestra que las dudas que plantean unos alumnos y otros son con frecuencia similares, y que en muchas ocasiones estas discusiones hacen aparecer cuestiones que inicialmente habían pasado totalmente desapercibidas.

A medida que se avanza en el estudio de la unidad, se habrán de ir realizando las pruebas de autoevaluación, que deberán dar una indicación del progreso del alumno. Finalmente, se realizará la prueba de evaluación a distancia, que se habrá de remitir al equipo docente.
El trabajo final de síntesis deberá desarrollarse con los conocimientos y destrezas adquiridos en las unidades didácticas anteriores. No obstante, los foros de debate y el correo electrónico seguirán accesibles para las dudas y aclaraciones. Una vez finalizado, deberá ser remitido al equipo docente para su evaluación.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen	Examen de desarrollo
Preguntas desarrollo	2
Duración del examen	120 (minutos)

Material permitido en el examen

Todo tipo de material escrito.
Calculadora (incluso calculadoras programables).

Criterios de evaluación

El examen consistirá en dos problemas, cada uno de los cuales se valorará sobre 5 puntos.
No se exigirá una puntuación mínima en ninguno de los dos problemas.

% del examen sobre la nota final	20
Nota del examen para aprobar sin PEC	
Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC	2
Nota mínima en el examen para sumar la PEC	4

Comentarios y observaciones

Puesto que el examen constituye sólo el 20% de la nota final, es obvio que las PEC se consideran obligatorias, por tanto no hay nota mínima en el examen para aprobar sin PEC.

CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad	No

Descripción

No habrá más pruebas que las PEC y la Prueba Presencial.

Criterios de evaluación

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? Si,PEC no presencial

Descripción

Hay 5 PEC, una por cada unidad didáctica del programa.

Las cuatro primeras son ejercicios, o desarrollos, pensados para fijar los conceptos trabajados en la unidad didáctica correspondiente.

La última de ellas corresponde al trabajo final de síntesis, de mayor extensión, y que tendrá también mayor peso en la calificación.

Criterios de evaluación

Las cuatro primeras PEC constituirán el 30% de la calificación final. La quinta, o trabajo final de síntesis, el 50%.

Puesto que entre todas ponderan el 80% de la nota, es evidente que las PEC tienen carácter obligatorio.

Ponderación de la PEC en la nota final 80%

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

Al principio de cada curso se publicará en el tablón de anuncios del curso virtual una programación, en la que se indicarán las fechas recomendadas para la entrega de cada PEC. No obstante, mientras el número de alumnos lo permita, estas fechas recomendadas sólo se indicarán con el fin de dar una idea del ritmo previsto para la marcha del curso, aunque el alumno las podrá entregar en cualquier momento que estime conveniente, y organizar su propia programación, de acuerdo con sus circunstancias particulares.

Partiendo de que el periodo de impartición de la asignatura consta de 15 semanas lectivas, las fechas que se propondrán en la programación para la entrega de cada PEC serán las siguientes:

PEC Unidad Didáctica I: Semana IV
PEC Unidad Didáctica II: Semana VII
PEC Unidad Didáctica III: Semana X
PEC Unidad Didáctica IV: Semana XII
PEC Unidad Didáctica V: Semana XV

La semana XV suele coincidir con la que contiene el día 31 de enero. No se cuentan las semanas de Navidad.

Aunque no se recomienda, las PEC se podrán entregar incluso con posterioridad al examen, hasta una semana antes del cierre de actas, tanto en febrero como en septiembre. También estará permitido realizar la prueba presencial en febrero y entregar las PEC en septiembre, o viceversa.

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? No

Descripción

Criterios de evaluación

Ponderación en la nota final

Fecha aproximada de entrega
Comentarios y observaciones

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

La nota final NF se calculará con la fórmula:
NF = 0,2 x N.PP + {0,3 x (N.PEC.1 + N.PEC.2 + N.PEC.3 +N.PEC.4) / 4 + 0,5 x N.PEC.5} x k
donde:
N.PP es la nota de la prueba presencial (sobre 10 puntos).
N.PEC.(i) es la nota de la PEC (i) (sobre 10 puntos).
k es un factor que vale k = 0 si N.PP <4, y k = 1 en caso contrario.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Toda la bibliografía básica estará disponible en el curso virtual, en formato electrónico.

Bibliografía para la UNIDAD DIDÁCTICA I

•JI Pedrero, Tallado de ruedas dentadas de perfil de evolvente, Tecnología de Máquinas, Tomo II, Cap. 26, UNED, Madrid, 2018.
•JI Pedrero, Engrane de ruedas de perfil de evolvente, Tecnología de Máquinas, Tomo II, Cap. 27, UNED, Madrid, 2018.

Bibliografía para la UNIDAD DIDÁCTICA II

•JI Pedrero, Cálculo a presión superficial de engranajes cilíndricos, Tecnología de Máquinas, Tomo II, Cap. 28, UNED, Madrid, 2018.
•JI Pedrero, Cálculo a flexión de engranajes cilíndricos, Tecnología de Máquinas, Tomo II, Cap. 29, UNED, Madrid, 2018.
•ISO Standard 6336–1:2019, Calculation of load capacity of spur and helical gears –Part 1: Basic principles, introduction and general influence factors, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2019.
•ISO Standard 6336–2:2019, Calculation of load capacity of spur and helical gears –Part 2: Calculation of surface durability (pitting), International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2019.
•ISO Standard 6336–3:2019, Calculation of load capacity of spur and helical gears –Part 3: Calculation of tooth bending strength, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2019.

Bibliografía para la UNIDAD DIDÁCTICA III

•JI Pedrero, M Pleguezuelos, MB Sánchez, Distribución de carga de mínimo potencial de deformación, Documento técnico EC-III/5, UNED, Madrid, 2021.
•M Pleguezuelos, MB Sánchez, JI Pedrero, Modelo de cálculo a presión superficial, Documento técnico EC-III/6, UNED, Madrid, 2021.

•M Pleguezuelos, MB Sánchez, JI Pedrero, Modelo de cálculo a rotura en la base, Documento técnico EC-III/7, UNED, Madrid, 2021.
•M Pleguezuelos, JI Pedrero, MB Sánchez, Cálculo a presión superficial de engranajes helicoidales, Documento técnico EH-III/6, UNED, Madrid, 2021.
•M Pleguezuelos, JI Pedrero, MB Sánchez, Cálculo a rotura en la base de engranajes helicoidales, Documento técnico EH-III/7, UNED, Madrid, 2021.

Bibliografía para la UNIDAD DIDÁCTICA IV

•MB Sánchez, JI Pedrero, M Pleguezuelos, Dientes con dimensiones no convencionales, Documento técnico EC-IV/8, UNED, Madrid, 2021.
•MB Sánchez, JI Pedrero, M Pleguezuelos, Engranajes de alto grado de recubrimiento, Documento técnico EC-IV/9, UNED, Madrid, 2021.
•JI Pedrero, Rendimiento de engranajes, Tecnología de Máquinas, Tomo II, Cap. 34, UNED, Madrid, 2018.

Bibliografía para la UNIDAD DIDÁCTICA IV

Para el trabajo final de síntesis, el equipo docente pondrá a disposición de los alumnos el material apropiado para cada una de las líneas ofertadas.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Bibliografía de apoyo para las UNIDADES DIDÁCTICAS I a IV

•M. Pleguezuelos, Modelo de distribución de carga en engranajes cilíndricos de perfil de evolvente, Tesis Doctoral, UNED, Madrid, 2006.
•M. Sánchez, Modelo de cálculo resistente de engranajes cilíndricos de alto grado de recubrimiento, Tesis Doctoral, UNED, Madrid, 2013.
•JI Pedrero, M. Pleguezuelos, M. Artés, JA Antona, Load distribution model along the line of contact for involute external gears, Mechanism and Machine Theory, vol. 45, n. 5, pp. 780-794, 2010, doi:10.1016/j.mechmachtheory.2009.12.009.
•JI Pedrero, M. Pleguezuelos, M. Muñoz, Critical stress and load conditions for pitting calculations of involute spur and helical gear teeth, Mechanism and Machine Theory, vol. 46, n. 4, pp. 425-437, 2011, doi:10.1016/j.mechmachtheory.2010.12.001.
•MB Sánchez, JI Pedrero, M Pleguezuelos, Critical stress and load conditions for bending calculations of involute spur and helical gears, International Journal of Fatigue, vol. 48, pp. 28-38, 2013, doi:10.1016/j.ijfatigue.2012.11.015.
•MB Sánchez, M Pleguezuelos, JI Pedrero, Enhanced model of load distribution along the line of contact for non-standard involute external gears, Meccanica, vol. 48, n. 3, pp. 527-543, 2013, doi:10.1007/s11012-012-9612-8.
•MB Sánchez, JI Pedrero, M Pleguezuelos, Contact stress calculation of high transverse contact ratio spur and helical gear teeth, Mechanism and Machine Theory, vol. 64, pp. 93-110, 2013, doi:10.1016/j.mechmachtheory.2013.01.013.

•MB Sánchez, M Pleguezuelos, JI Pedrero, Tooth-root stress calculation of high transverse contact ratio spur and helical gears, Meccanica, vol. 49, n. 2, pp. 347-364, 2014, doi:10.1007/s11012-013-9799-3.
•M Pleguezuelos, JI Pedrero, MB Sánchez, Analytical expressions of the efficiency of standard and high contact ratio involute spur gears", Mathematical Problems in Engineering, vol. 2013, 14 p. (Open Access), 2013, doi:10.1155/2013/142849.
•M Pleguezuelos, MB Sánchez, JI Pedrero, Approximate equations for the meshing stiffness and the load sharing ratio of spur gears including hertzian effects, *Mechanism* and Machine Theory, vol. 109, pp. 231-249, 2017, doi:10.1016/j.mechmachtheory.2016.11.014.
•M Pleguezuelos, MB Sánchez, JI Pedrero, On the evaluation of the meshing stiffness of external spur gears", Proc. International Conference Power Transmissions 2020, Borovets (Bulgaria), 2020.

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

En el apartado de Metodología de esta guía se han presentado someramente los medios de apoyo que se ponen a disposición de los alumnos en el curso virtual: material didáctico y de evaluación, foros de debate, correo electrónico, entornos virtuales y enlaces. Con todo ello el alumno dispondrá de las herramientas necesarias para el seguimiento de la asignatura y para alcanzar las competencias previstas, sin especiales dificultades.

Sin embargo, esta asignatura está muy estrechamente ligada a la actividad del *Grupo de Investigación en Ingeniería Mecánica*, al que pertenecen todos los integrantes del equipo docente, y también, por supuesto, a la línea de investigación en *Transmisiones Avanzadas de Engranajes*, para el proyecto fin de máster de esta titulación. Además, se trata de un máster investigador que da acceso directo al *Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales* de la UNED, por lo que es razonable pensar que algunos de los alumnos que desarrollen su trabajo fin de máster en la línea de *Transmisiones Avanzadas de Engranajes* podrán acceder al programa de doctorado y realizar una tesis doctoral en esa misma línea.

Teniendo todo esto en cuenta, el curso virtual de la asignatura se ha completado con información relativa al grupo de investigación y la línea de investigación en engranajes, y con recursos orientados a la realización de actividades que pudieran derivar en el germen de futuros trabajos de investigación para el desarrollo de una tesis doctoral. No son, por consiguiente, recursos necesarios para la preparación de la asignatura de *Diseño Avanzado de Transmisiones por Engranajes*, pero que ofrecerán a quienes la cursen la posibilidad de orientar su trabajo, desde un principio, al desarrollo de posteriores trabajos de investigación o doctorado.

Estos recursos complementarios son los siguientes:

•Licencia anual gratuita del software KissSoft. En el curso virtual se dará información de cómo acceder a una de estas licencias. Se trata de un programa muy extendido en todo el mundo, que ofrece herramientas de cálculo de engranajes cilíndricos muy refinadas.

Reproduce, además, el proceso de cálculo de ISO 6336 de la capacidad de carga, manteniendo actualizados los programas en todo momento, a medida que la norma se va actualizando.

- Acceso al sitio web del *Grupo de Investigación en Ingeniería Mecánica*. Aquí se encuentra recogida la actividad desarrollada por el grupo de investigación en los últimos años, así como la descripción de las líneas de trabajo que se desarrollan en la actualidad.
- Acceso al repositorio de publicaciones del grupo de investigación. Se pondrán a disposición de los alumnos todas las publicaciones en revistas y actas de congresos de los integrantes del grupo; algunas de las cuales se incluyen en la bibliografía recomendada.
- Oferta de líneas de trabajo para el desarrollo de tesis doctorales. De acuerdo con las líneas de investigación que desarrolle el grupo en cada momento, se ofertarán temas de tesis doctoral que se coordinen con dicha actividad y que utilicen los resultados de investigación obtenidos por el grupo.
- Oferta de líneas de trabajo fin de máster. Como es natural, habrá una estrecha relación entre las líneas de tesis doctoral ofertadas y las líneas del trabajo fin de máster, de manera que este último pueda servir de fundamento a los trabajos para el desarrollo del doctorado a quien esté interesado en hacerlo. Estas líneas para el trabajo fin de máster estarán también en consonancia con algunas de las líneas que se propongan para la realización del trabajo de la Unidad Didáctica V de la asignatura.

IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.