21-22

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



TRANSMISIONES AVANZADAS DE ENGRANAJES

CÓDIGO 28801316

UNED

21-22

TRANSMISIONES AVANZADAS DE ENGRANAJES

CÓDIGO 28801316

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

Nombre de la asignatura	TRANSMISIONES AVANZADAS DE ENGRANAJES
Código	28801316
Curso académico	2021/2022
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
Tipo	TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
Nº ETCS	15
Horas	375.0
Periodo	ANUAL
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

El diseño y la simulación de transmisiones por engranajes, y específicamente de engranajes cilíndricos -rectos y helicoidales- de perfil de evolvente, constituye la principal línea de investigación del *Grupo de Investigación de Ingeniería Mecánica* de la UNED. Se trata de un grupo de investigación consolidado, reconocido a nivel nacional e internacional, con más de 100 publicaciones en revistas técnicas y congresos especializados, y presente en los comités científicos y técnicos de conferencias y organismos de normalización. A este grupo pertenecen todos los integrantes del equipo docente de la línea de investigación en *Transmisiones avanzadas de engranajes*, para la realización del trabajo fin de máster del *Máster en Investigación en Tecnologías Industriales*; y de los resultados de su actividad investigadora es de lo que se nutre esta línea de investigación del máster.

Como trabajo fin de máster, la actividad a desarrollar a lo largo del curso estará orientada a la acreditación de las competencias adquiridas a lo largo del máster; y como máster investigador, esta acreditación de competencias se habrá de plasmar en el desarrollo de un trabajo de investigación dirigido. Como es natural, este trabajo de investigación se definirá en consonancia con la actividad que en cada momento esté desarrollando el grupo de investigación, y de modo especial en los resultados de investigaciones previas, susceptibles de ser explorados.

Sin embargo, puesto que el *Máster en Investigación en Tecnologías Industriales* da acceso directo al programa de doctorado del mismo nombre de la ETS Ingenieros Industriales de la UNED, es razonable suponer que un número significativo de alumnos que realicen su TFM es esta línea habrán de estar interesados en cursar después estudios de doctorado, en esta misma línea. En este sentido, y siempre que sea posible, los trabajos fin de máster que se oferten cada año en esta línea estarán concebidos como inicio y fundamento de una línea de investigación más ambiciosa, que pueda derivar en el desarrollo de una tesis doctoral. Y, como es natural, estarán completamente imbricados en los proyectos de investigación que en cada momento esté desarrollando el grupo.

Los estudiantes que escojan esta línea para el TFM habrán cursado previamente la asignatura de *Diseño avanzado de transmisiones por engranajes*. En ella habrán adquirido conocimientos sobre el reparto de carga en dientes de engranajes y la rigidez de engrane, así como de su aplicación al desarrollo de modelos de comportamiento resistente a fatiga y la estimación de las pérdidas por fricción. Serán, por tanto, objeto de propuestas para trabajos fin de máster, nuevas aplicaciones de los modelos de carga y rigidez, al cálculo

resistente o al rendimiento de nuevos tipos de transmisiones, o a cajas de engranajes específicas que se hayan de mejorar. A modo de ejemplo, cabe citar el proyecto fin de carrera (no de este máster), dirigido por miembros del grupo de investigación y defendido en 2019, que llevaba por título *Optimización de la caja de engranajes para servicios auxiliares del avión de combate EF-18*. El autor, comandante del ejército del aire y piloto de EF-18, estudió cómo minimizar las pérdidas por fricción en las 7 etapas de la caja de servicios auxiliares, donde se drena potencia de la turbina para alimentar los servicios auxiliares del avión. Obviamente, cada vatio de potencia que no sea necesario drenar de la turbina se traduce en un vatio adicional del que el piloto dispone para la propulsión de la nave. Se trataba por tanto de minimizar las pérdidas en la caja, manteniendo todas las dimensiones externas y posiciones de los ejes de la misma. El resultado fue una reducción en las pérdidas por fricción de un 25%, que, si bien en términos de potencia adicional para la propulsión es insignificante y no justifica la sustitución de las cajas actuales, obviamente podrá tenerse en cuenta el diseño de futuros modelos.

Pero la preparación adquirida por el estudiante en la asignatura de *Diseño avanzado de transmisiones por engranajes* permite incluso avanzar un paso más en el camino de la innovación. En la actualidad, la actividad del grupo de investigación se orienta al estudio de la deformación de los dientes bajo carga y a su influencia en el alargamiento del intervalo efectivo de contacto, la transferencia de carga al inicio y a la finalización del contacto, al error de transmisión, y de modo especial a la influencia en todo ello de la modificación del perfil. Todo ello, aplicado a engranajes exteriores e interiores, rectos y helicoidales, convencionales y de alto gado de recubrimiento, y con dimensiones estándar o no estándar, configura un vasto campo para la investigación, con multitud de posibilidades de contribuir al estado del conocimiento.

Pero el fundamento de todas estas líneas no está alejado del conocimiento adquirido por el alumno en la asignatura anterior. En efecto, el modelo de deformación es el resultado, casi inmediato, de la combinación de los modelos desarrollados de rigidez y combinación de carga. El error de transmisión se identifica con la variación de la magnitud de la deformación de la pareja de dientes a lo largo del ciclo de engrane. La transferencia de carga se puede modelar mediante el cálculo, relativamente sencillo, de la rigidez de engrane a lo largo del intervalo de contacto adicional. Quiere decirse, que, tras un estudio relativamente corto de algunos de los documentos del grupo de investigación, el alumno estará en condiciones de desarrollar su TFM en una línea integrada en los trabajos de investigación del grupo, y por tanto susceptible de ser continuada con la realización de una tesis doctoral. Esta es la línea de TFM que se recomienda para los alumnos que cursaron el máster con idea de, a través de él, acceder al programa de doctorado.

Se ha de destacar una vez más que el TFM es un trabajo tutelado, y que se desarrolla siempre, y en todo momento, bajo la supervisión del director. En este sentido, toda la documentación para la preparación del trabajo, ejercicios de adiestramiento, software de programación, etc., será seleccionado por el director del TFM al inicio del curso, y naturalmente serán específicos para cada alumno. En todo caso, siempre será bibliografía de referencia, para cualquier TFM que se desarrolle en esta línea, la bibliografía básica utilizada en la asignatura de *Diseño avanzado de transmisiones por engranajes*.

A esta línea de investigación se accede exclusivamente a través del itinerario en *Ingeniería Mecánica* del máster, que es el único que garantiza haber cursado previamente la asignatura de *Diseño avanzado de transmisiones por engranajes*. Además, se obliga a cursar, dentro de la oferta de optativas de la intensificación, las asignaturas de *Análisis actual de problemas de mecánica de medios continuos: método de los elementos finitos, método de los elementos de contorno y métodos sin malla* y de *Biodinámica y biomateriales*. De esta manera, la formación previa de quien desarrolle su trabajo de investigación en esta línea será la siguiente:

a) Las cuatro asignaturas del módulo I, de contenidos transversales:

P001 Metodología de la investigación tecnológica

P023 Ingeniería ambiental avanzada

P015 Métodos de análisis no lineal en ingeniería

P025 Métodos computacionales en ingeniería

b) Las tres asignaturas del módulo II, de contenidos específicos obligatorios del itinerario:

P017 Análisis avanzado de vibraciones en máquinas

P019 Diseño avanzado de transmisiones por engranajes

P020 Simulación numérica de flujos de fluidos en ingeniería

c) Dos asignaturas de las ofertadas como optativas en el módulo III, de contenidos específicos optativos del itinerario:

P003 Análisis actual de problemas de mecánica de medios continuos: método de los elementos finitos, método de los elementos de contorno y métodos sin malla

P018 Biodinámica y biomateriales

d) Una asignatura más de las ocho restantes ofertadas como optativas en el módulo III, de contenidos específicos optativos del itinerario.

Especial importancia para el desarrollo del trabajo de investigación tendrán los conocimientos, competencias y destrezas adquiridos en las siguientes asignaturas:

- *Metodología de la investigación tecnológica*, en la que se sientan los métodos de la actividad investigadora que se habrá de desarrollar en el trabajo de investigación.
- *Diseño avanzado de transmisiones por engranajes*, que, como se dijo más arriba, constituye el fundamento de la línea de investigación, que está orientada a los contenidos de la misma.
- *Métodos computacionales en ingeniería* y A*nálisis actual de problemas de mecánica de medios continuos: método de los elementos finitos, método de los elementos de contorno y métodos sin malla*, que proporcionan herramientas de trabajo, útiles para el desarrollo de algunos de los trabajos de la línea.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

A esta línea de investigación sólo se puede acceder a través del itinerario en *Ingeniería Mecánica*, y tras haber cursado (o cursar simultáneamente), entre las asignaturas optativas de itinerario, la de *Análisis actual de problemas de mecánica de medios continuos: método de los elementos finitos, método de los elementos de contorno y métodos sin malla* y la de *Biodinámica y biomateriales*. En definitiva, todo el itinerario que se ha descrito en el apartado de Contextualización es requisito indispensable para presentar el TFM en esta línea de investigación.

Sin embargo, otra cosa distinta son los requisitos para matricularse en esta línea de TFM y trabajar en ella. Si se puede asemejar un TFM a una asignatura reglada -como así ocurre desde el punto de vista administrativo y de gestión-, estaría programada como asignatura anual, pues su impartición está prevista a lo largo de todo el curso. Es evidente, por tanto, que se puede solapar en el tiempo con algunas de las restantes asignaturas del itinerario. Pudiera darse el caso, incluso, de que, por tratarse de un máster de 60 ECTS, se pudiera cursar en un año, y en tal caso el TFM se solaparía no con alguna sino con todas las asignaturas del máster.

En concordancia con ello, no se exigirá como requisito tener superada ninguna asignatura para formalizar matrícula en el TFM (en esta línea y en todas las demás); sin embargo, será imprescindible tener superadas o matriculadas todas las asignaturas que constituyen el itinerario descrito en el apartado anterior.

Pero al margen de que, por razones administrativas, se haya de eliminar cualquier requisito previo, es evidente que para la realización de un trabajo de investigación como TFM de un máster de investigación, hacen falta conocimientos, de los que se imparten a lo largo del mismo, incluso para empezar a trabajar en él. En este sentido, ya se ha indicado que, para empezar a trabajar en serio en el TFM en esta línea, se considera completamente necesario tener superada, o al menos muy trabajada, la asignatura de *Diseño avanzado de transmisiones por engranajes*. Igualmente, resultarán de mucha ayuda las competencias adquiridas con las asignaturas de *Metodología de la investigación tecnológica* y *Métodos computacionales en ingeniería* y *Análisis actual de problemas de mecánica de medios continuos: método de los elementos finitos, método de los elementos de contorno y métodos sin malla.*

Adicionalmente, es necesario el conocimiento de la lengua inglesa, al menos con suficiente nivel para el manejo de documentación técnica. Asimismo, se precisarán conocimientos informáticos a nivel de usuario de paquetes estándar (ofimática, etc.), así como de algún producto –o lenguaje de programación– de cálculo científico.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	JOSE IGNACIO PEDRERO MOYA (Coordinador de asignatura)
Correo Electrónico	jpedrero@ind.uned.es
Teléfono	91398-6430
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	MIRYAM BEATRIZ SANCHEZ SANCHEZ
Correo Electrónico	msanchez@ind.uned.es
Teléfono	91398-6434
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	MECÁNICA

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

La tutorización y el seguimiento de los aprendizajes del TFM son, por su misma naturaleza, muy personalizados. En efecto, cada trabajo de investigación, dependiendo de su contenido y de la situación del estudiante que lo desarrolla, requerirá su bibliografía específica, su programación específica, su atención específica y su seguimiento específico. Y el cauce más natural para ello es la comunicación directa alumno - director, que por lo general se habrá de llevar a cabo mediante el teléfono y el correo electrónico, aunque es posible que se haya de convocar alguna reunión esporádica, sea presencial o telemática.

A continuación se indican los datos de contacto de los integrantes del equipo docente: horario de guardia, lugar, teléfono y correo electrónico. El horario de guardia es un momento preferente para las visitas presenciales, pero ni mucho menos exclusivo. El alumno podrá telefonear, escribir, incluso -previa cita- visitar al director del trabajo cuantas veces considere conveniente para el desarrollo de su actividad. No obstante, siempre que sea posible, se recomienda utilizar el correo electrónico, por la posibilidad que ofrece de mejor organización.

Prof. D. José Ignacio Pedrero Moya

•Martes, de 16 a 20 horas

•Dpto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales, despacho 1.49

•Calle Juan del Rosal 12, 28040 Madrid

•Tel.: 913 986 430, email: jpedrero@ind.uned.es

Prof. D. Miguel Pleguezuelos González

•Martes, de 16 a 20 horas

•Dpto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales, despacho 1.47

•Calle Juan del Rosal 12, 28040 Madrid

•Tel.: 913 987 674, email: mpleguezuelos@ind.uned.es

Prof. D.ª Miryam Beatriz Sánchez Sánchez

•Martes, de 10 a 14 horas

•Dpto. de Mecánica, ETS Ingenieros Industriales, despacho 1.43

•Calle Juan del Rosal 12, 28040 Madrid

•Tel.: 913 986 434, email: msanchez@ind.uned.es

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

Competencias Básicas:

CB6 - 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

CB7 - 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

CB8 - 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

CB9 - 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

CB10 - 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.

Competencias Generales:

CG01 - Desarrollar capacidad de análisis y síntesis de la información científico-técnica

CG02 - Adquirir el conocimiento de los métodos y técnicas de investigación

CG03 - Adquirir destrezas en la búsqueda y gestión bibliográfica y documental

CG04 - Desarrollar capacidad de razonamiento crítico

CG05 - Desarrollar habilidades técnicas, de análisis y síntesis: resolución de problemas, toma de decisiones y comunicación de avances científicos.

CG06 - Desarrollar habilidades sistémicas (metodológicas): aplicación de conocimientos; habilidades en investigación; y creatividad

Competencias Específicas:

CE3 - Elaborar y tratar modelos matemáticos que representen el comportamiento de los sistemas industriales

CE4 - Planificar las actividades de investigación

CE5 - Adquirir destrezas en la aplicación de técnicas de simulación computacional

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

El objetivo final del trabajo de investigación será el desarrollo de un modelo de comportamiento para un tipo determinado de transmisión. A partir de los conocimientos adquiridos en la asignatura de *Diseño avanzado de transmisiones por engranajes* relativos al desarrollo de modelos de reparto de carga, rigidez de engrane, cálculo resistente y rendimiento, el alumno habrá de aplicar los mismos principios para el desarrollo de modelos similares para diferentes tipos de transmisiones o para la mejora de transmisiones específicas; o incluso el desarrollo de modelos avanzados, de error de transmisión, transferencia de carga y modificación de perfil, obtenidos a partir de aplicar los modelos anteriores al cálculo de deformaciones.

Con este objetivo técnico y el desarrollo metodológico a él asociado, se pretende que el alumno alcance los siguientes objetivos de aprendizaje:

Objetivos de conocimientos: que el alumno adquiera conocimiento de:

- Modelos de comportamiento sobre los que se fundamentan los métodos de cálculo empleados en el diseño de engranajes: reparto de carga, rigidez, resistencia a presión superficial y a rotura en la base, y rendimiento.
- Procesos de simulación de la generación del dentado, análisis del contacto y análisis tensional.
- Métodos energéticos para la determinación de la distribución de carga y la rigidez.

Objetivos de habilidades y destrezas: que el alumno adquiera capacidad de:

- Aplicar los modelos anteriores al desarrollo de nuevos métodos de cálculo y diseño de otros tipos de transmisiones o a la mejora y optimización de transmisiones específicas.
- Desarrollar nuevos modelos basados en el estado de deformación de los dientes (error de transmisión, transferencia de carga) y aplicarlos a diferentes tipos de transmisiones.
- Tomar en consideración la modificación del perfil en los modelos de carga, resistencia, rendimiento y error de transmisión.

Objetivos de actitudes: que el alumno adquiera capacidad de:

- Proponer metodologías de desarrollo de nuevos modelos de comportamiento y métodos de cálculo de engranajes.
- Diseñar estudios de optimización de la geometría y las condiciones de generación de dientes de engranajes, desde diferentes puntos de vista.

CONTENIDOS

Programa de actividades a realizar

Por tratarse de un TFM, no dispone de una tabla de contenidos ni de un programa, como las restantes asignaturas del máster. Se estructura más bien en una serie de actividades, para cuya realización el alumno habrá de poner en juego las competencias, capacidades y destrezas adquiridas a lo largo del programa. Además, como es comprensible, estas actividades no serán las mismas para todos los alumnos, pues cada uno desarrollará un TFM distinto, con sus particularidades y especificidades.

No obstante, existirá un cierto paralelismo entre todos los TFM que se desarrollen en esta línea de investigación, pues todos parten del mismo fundamento, y todos se orientan en una misma dirección. Así pues, la programación de las tareas a desarrollar en el TFM se puede organizar en el desarrollo de las actividades genéricas siguientes:

- **Definición y alcance del trabajo a desarrollar:** que se concreta en la definición del punto de partida del trabajo y del objetivo a alcanzar con el mismo. Incluirá la búsqueda bibliográfica oportuna y el establecimiento del estado del conocimiento y las hipótesis de partida. Podrá formar parte de una de las líneas de investigación que se encuentre desarrollando el grupo.
- **Estudio de la documentación de trabajo:** tanto la resultante de la búsqueda del punto anterior como la que aporte el equipo docente. Podrá consistir en (o complementarse con) trabajos realizados o dirigidos por el grupo de investigación, sobre los que el TFM habrá de suponer un avance. Eventualmente, podrá hacer referencia al material básico de la asignatura de *Diseño avanzado de transmisiones por engranajes*, ciertamente presente en todos los desarrollos del grupo
- **Elección y puesta a punto de la herramienta computacional a utilizar:** que abarca desde paquetes de cálculo científico, tipo Matlab o Mathematica, hasta paquetes de simulación por elementos finitos, como ANSYS o ABAQUS, pasando por software específico para engranajes, como KissSoft o KissSys. Eventualmente incluirá el estudio y adecuación de herramientas computacionales suministradas por el equipo docente, que puedan servir de base a posteriores desarrollos.
- **Desarrollo del modelo de comportamiento objeto de la investigación:** que consistirá en la obtención del modelo teórico buscado (de resistencia, rendimiento, error de transmisión, etc.) y su adecuación para la aplicación al tipo de transmisión a estudiar (helicoidal, de dentado interior, de alto grado de recubrimiento, con modificación de perfil, etc.).
- **Desarrollo de la herramienta informática de simulación:** con la que se puedan realizar los cálculos correspondientes y obtener los resultados buscados de la aplicación del nuevo modelo al tipo de transmisión considerada.
- **Desarrollo del estudio de validación:** mediante la comparación de los resultados obtenidos con resultados de simulaciones por elementos finitos o publicados en la bibliografía.

- **Elaboración de la propuesta:** en la que se detallen las conclusiones del trabajo de investigación, su posible aplicación práctica y las futuras líneas de investigación que abre.
- **Preparación de la presentación y defensa de los resultados del trabajo:** que incluye la memoria del TFM y el soporte informático (PowerPoint o similar) de la presentación.
- **Presentación y defensa ante el tribunal calificador:** en los plazos y forma que establezca en cada momento la Comisión de Coordinación del Máster.

METODOLOGÍA

Por tratarse de un TFM, consistente en el desarrollo de un trabajo de investigación, realizado individualmente por el alumno y tutorizado por el director, la metodología de trabajo habrá de ser necesariamente flexible, para adaptarse a las características específicas del trabajo a desarrollar, por un lado, y la situación y circunstancias personales del estudiante, por otro. A grandes rasgos, y en una primera aproximación, se podría decir que la metodología que se seguirá viene definida por la realización de las actividades descritas en el apartado de contenidos, si bien su programación temporal, carga de trabajo asociada y método de trabajo podrá diferir sustancialmente de unos casos a otros.

En realidad, sería mucho más preciso afirmar que la metodología a seguir consistirá llevar a cabo las tareas e indicaciones que proponga el director del trabajo. Es de destacar que, si la tarea de un director de TFM se traduce siempre en un seguimiento muy cercano del trabajo dirigido, en el caso de un TFM de investigación la cercanía ha de ser mayor aún, pues el desarrollo de los trabajos del TFM forma parte del desarrollo de la línea de investigación en la que el director trabaja.

Por esta razón, el cauce de comunicación habitual entre director y alumno no será el curso virtual de la asignatura, sino más bien los medios de comunicación directa: teléfono, correo electrónico y, si fuera necesario, reunión de trabajo.

A pesar de ello, el curso virtual del TFM en el portal de enseñanza virtual *UNED-e* contendrá determinados recursos, que en algún momento pueden ser de utilidad:

- **Descripción de las líneas de investigación ofertadas** en cada momento. Aunque el alumno tendrá acceso a esta información antes de optar por esta línea de TFM (concretamente, en el curso virtual de la asignatura de *Diseño avanzado de transmisiones por engranajes*), también en este curso virtual se tendrá información permanentemente actualizada.
- **Presentación de las líneas de trabajo ofertadas para la realización de tesis doctorales** , dentro de la línea de engranajes del *Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales*. Como es natural, estas líneas de trabajo para el doctorado guardarán siempre relación con las líneas ofertadas para el TFM, lo que puede ser de interés para los estudiantes que cursaron el máster con intención de acceder al programa de doctorado.
- **Bibliografía de apoyo**, consistente en la bibliografía básica para la asignatura de *Diseño avanzado de transmisiones por engranajes*, que constituye el fundamento de todas las

líneas de TFM dentro de la línea de investigación de *Transmisiones avanzadas de engranajes*.

- **Bibliografía de consulta y difusión de resultados**, en la que se incluirán trabajos fin de máster y proyectos fin de carrera de otras titulaciones, que podrán servir de orientación sobre cómo se plantean los trabajos de investigación en este grupo.
- **Acceso a licencia gratuita por un año del software KissSoft** de diseño de engranajes, que se ofrece a todos los estudiantes que realicen su TFM en esta línea.
- **Acceso al sitio web del *Grupo de Investigación de Ingeniería Mecánica***, así como al repositorio de sus publicaciones.

Finalmente, cuando la calidad del trabajo realizado así lo aconseje, y con carácter voluntario, el grupo de investigación podrá proponer al alumno la preparación de un documento técnico para publicar en algún congreso o revista. En este caso se invitaría al alumno a trabajar con el grupo de investigación en la preparación del artículo y en el seguimiento del proceso de revisión y publicación.

A continuación, se citan, a modo de ejemplo, algunos de los trabajos fin de carrera dirigidos por integrantes del grupo de investigación que han dado lugar a algún tipo de publicación:

- JA Antona, **Modelo del potencial elástico de deformación en engranajes cilíndricos de perfil de evolvente**, Proyecto Fin de Carrera, UNED, 2007.

Pedrero, JI; Pleguezuelos, M; Artés, M; Antona, JA; Load distribution model along the line of contact for involute external gears", Mechanism and Machine Theory, vol. 45, n. 5, pp. 780-794, 2010.

- II Vallejo, **Modelo de cálculo resistente de engranajes cilíndricos de alto grado de recubrimiento transversal**, Proyecto Fin de Carrera, UNED, 2008.

Pedrero, JI; Vallejo, II; Pleguezuelos, M; Calculation of tooth bending strength and surface durability of high transverse contact ratio spur and helical gear drives, Journal of Mechanical Design, vol. 129, n. 1, pp. 69-74, 2007.

- S Aguiriano, **Modelo de cálculo resistente de engranajes cilíndricos de dentado interior**, Proyecto Fin de Carrera, UNED, 2009.

Pedrero, JI; Pleguezuelos, M; Aguiriano, S; Load distribution model for involute internal gear sets, Proc. X ASME International Power Transmission and Gearing Conference, Las Vegas (Nevada, USA), 2007.

- V Yagüe, **Modelo de cálculo a presión superficial de engranajes cilíndricos con interferencia de tallado y engrane en vacío**, Proyecto Fin de Carrera, UNED, 2010.

Pedrero, JI; Yagüe, V; Pleguezuelos, M; Sánchez, MB; Critical load conditions for contact stress calculations of undercut helical gear teeth, Balkan Journal of Mechanical Transmissions, vol. 1, n. 2, pp. 54-61, 2011.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRIMERA PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen: No hay prueba presencial

TIPO DE SEGUNDA PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen2: No hay prueba presencial

CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad: Si

Descripción

El trabajo de investigación en esta línea tiene carácter de trabajo fin de máster del Máster en Investigación en Tecnologías Industriales. Por consiguiente, los criterios de evaluación serán los que en cada momento disponga la Comisión de Coordinación del Máster para los TFM.

En términos generales, la evaluación se llevará a cabo mediante el informe escrito, o memoria, que el alumno realice del trabajo desarrollado, y de la presentación que lleve a cabo en el acto de defensa.

Adicionalmente, se tendrá en cuenta también en la calificación el informe de evaluación continua que entregue el director del TFM al tribunal calificador.

Criterios de evaluación

La calificación será la que otorgue el tribunal que juzgue la presentación oral del trabajo, si bien en esta calificación habrá de tener en cuenta:

La memoria entregada por el alumno

La presentación oral que realice

El informe del director del TFM

Los criterios de valoración del trabajo por parte del tribunal serán:

Del informe escrito se valorará:

El rigor científico en el proceso seguido para la obtención de los resultados.

La solidez en la justificación de la propuesta y de su alcance.

La claridad en la presentación de las conclusiones.

De la presentación oral se valorará:

La calidad de la presentación: estructuración y apoyo audiovisual.

La claridad expositiva.

El acierto en las respuestas a las preguntas del tribunal.

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? No

Descripción

La evaluación continua la llevará a cabo el director del TFM, y la plasmará en el informe que entregue al tribunal que lo haya de juzgar.

Criterios de evaluación

Ponderación de la PEC en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

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 que otorgue el tribunal a partir de :
La memoria del TFM entregada.
La presentación oral.
El informe del director del TFM.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

La bibliografía básica para el desarrollo de un TFM será, como es natural, diferente para cada caso en particular. El equipo docente pondrá a disposición de los alumnos toda la bibliografía que se necesite para el desarrollo de sus respectivos trabajos de investigación, siempre en formato electrónico.

Sin embargo, todos los trabajos de investigación que se realicen en esta línea de *Transmisiones avanzadas de engranajes* estarán muy directamente fundamentados en los conocimientos adquiridos en la asignatura de *Diseño avanzado de transmisiones por engranajes*, de tal manera que toda la bibliografía básica de esta asignatura se considera bibliografía de referencia para el trabajo de investigación. Por ello, esta bibliografía, que se referencia a continuación, estará disponible también, como siempre en formato electrónico, en el curso virtual del TFM.

BIBIOGRAFÍA DE REFERENCIA

•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.
•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.
•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.
•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 COMPLEMENTARIA

Si en el caso de un TFM no tiene mucho sentido recomendar una bibliografía básica, pues habrá de depender fuertemente del trabajo a desarrollar, menos sentido aún tiene referenciar una bibliografía complementaria, que difícilmente podría tener relación con las diversas líneas de investigación que se desarrollen.

Sin embargo, puede resultar de interés el acceso a algunos de los resultados de la investigación desarrollada en esta línea por los integrantes del equipo docente, alumnos y colaboradores. En este sentido, en el curso virtual estará disponible un enlace al repositorio de publicaciones del grupo de investigación. Aquí se incluye una lista de trabajos desarrollados bajo la dirección de los miembros del equipo docente, que también se hallarán disponibles en el curso virtual. Algunos de ellos ya han sido mencionados en el apartado de Metodología de esta guía por haber dado lugar a alguna publicación.

- JA Antona, Modelo de potencial elástico de deformación en engranajes cilíndricos de perfil de evolvente, Proyecto Fin de Carrera, UNED, Madrid, 2007.
- II Vallejo, Modelo de cálculo resistente de engranajes cilíndricos de alto grado de recubrimiento transversal, Proyecto Fin de Carrera, UNED, Madrid, 2008.
- S Aguiriano, Modelo de cálculo resistente de engranajes cilíndricos de dentado interior, Proyecto Fin de Carrera, UNED, Madrid, 2009.
- V Yagüe, Modelo de cálculo a presión superficial de engranajes cilíndricos con interferencia de tallado y engrane en vacío, Proyecto Fin de Carrera, UNED, Madrid, 2010.
- A Casajús, Modelo de reparto de carga en engranajes rectos interiores incluyendo deformaciones de Hertz, Proyecto Fin de Grado, UNED, Madrid, 2017.
- P Serradilla, Optimización de la caja de engranajes para servicios auxiliares del avión de combate EF-18, Proyecto Fin de Grado, UNED, Madrid, 2019.
- R García-Berezo, Optimización en volumen de una reductora de dos etapas, Proyecto Fin de Máster, UNED, Madrid, 2020.
- D Martínez-López, Optimización del rendimiento de la caja multiplicadora de un aerogenerador, Proyecto Fin de Grado, UNED, Madrid, 2020.
- E Vicente, Diseño de una transmisión para un vehículo eléctrico con motor en rueda, Proyecto Fin de Grado, UNED, Madrid, 2020.

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Como se ha indicado ya con anterioridad, el curso virtual de la asignatura se ha completado con información relativa al grupo de investigación y a su línea de investigación en engranajes, así como con recursos que pueden facilitar la realización del trabajo de investigación, incluso para orientarlos hacia la futura realización de una tesis doctoral. 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.

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.