

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Diseño de Elementos Mecánicos
Clave de la asignatura:	MTF-1010
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Mecatrónica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del ingeniero la capacidad para explicar comportamientos de elementos mecánicos tanto estática y dinámicamente.

Para integrar este programa se ha hecho un análisis de física, en particular las áreas de: ciencia de los materiales, estática, dinámica y resistencia de materiales que tiene una mayor aplicación en el quehacer profesional del ingeniero.

Esta materia es la culminación para el área de diseño y se inserta después de haber cursado las dos terceras partes de la trayectoria escolar. Se sugiere complementar dichos conocimientos con un diseño asistido por computadora.

Esta materia es la conjugación y culminación de las áreas mencionadas. De manera particular, lo trabajado en esta asignatura se aplica en el estudio de los temas: teoría de fallas, sujetadores, elementos de transmisión y diseño de ejes.

Intención didáctica

Se organiza el temario en cinco unidades, en la primera unidad se agrupan los conceptos generales de la asignatura; como teoría de fallas, fatiga y concentración de esfuerzos.

La segunda unidad trata sobre el diseño de ejes en los que se conjugan los temas anteriores. En esta parte se analiza el procedimiento para el diseño de un eje en cuanto a carga estática y dinámica; verificando su velocidad crítica y sus diversas aplicaciones.

La tercera unidad aborda los temas de elementos roscados y soldaduras como elementos de sujeción. La cuarta unidad trata los temas de los diversos tipos de engranes referentes a los tipos de carga a que son sometidos los dientes, así como su análisis en cuanto a esfuerzos.

La quinta unidad hace referencia a los elementos de transmisión como son: bandas, poleas, catarinas, cadenas, etc. Para poder aplicarlo, se da importancia primordial a la forma de seleccionar dichos elementos ya que son necesarios por la forma de aplicación en transmisiones.

Se recomienda el manejo de manuales y software proporcionado por los proveedores de dichos elementos.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, del 24 al 28 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Celaya, Ciudad Cuauhtémoc, Cuautla, Durango, Guanajuato, Hermosillo, Huichapan, Irapuato, Jilotepec, Jocotitlán, La Laguna, Oriente del Estado de Hidalgo, Pabellón de Arteaga, Parral, Reynosa, Saltillo, San Luis Potosí, Tlalnepantla, Toluca y Zacapoaxtla.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de Mexicali, del 25 al 29 de enero del 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Celaya, Ciudad Cuauhtémoc, Cuautla, Durango, Guanajuato, Hermosillo, Huichapan, Irapuato, Jilotepec, Jocotitlán, La Laguna, Mexicali, Oriente del Estado de Hidalgo, Pabellón de Arteaga, Reynosa, Saltillo, San Luis Potosí, Toluca y Zacapoaxtla.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de la Laguna, del 26 al 29 de noviembre de 2012.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Celaya, Chapala, Cd. Cuauhtémoc, Colima, Culiacán, Huixquilucan, La Laguna, León, Nuevo Laredo, Nuevo León, Oriente del Estado de Hidalgo, Querétaro, Tlalnepantla, Uruapan, Veracruz y Zacapoaxtla.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Celaya, Mérida, Orizaba, Puerto Vallarta y Veracruz.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.
Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua,	Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.

	<p>Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiaro, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec. Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).</p>	
--	---	--

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<p>Aplica teorías de fallas para seleccionar elementos mecánicos a partir de una metodología de diseño.</p> <p>Calcula e integra elementos mecánicos en el diseño de máquinas, equipos y sistemas mecánicos para desarrollar sistemas mecatrónicos.</p>

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Analiza, calcula e interpreta los esfuerzos y deformaciones en elementos y estructuras mecánicas sujetos a diferentes tipos carga estática para realizar la selección de materiales en función de sus propiedades mecánicas y dimensionar las secciones transversales de piezas mecánicas. • Interpreta y aplica los diferentes sistemas de unidades y sus conversiones para los cálculos a desarrollar. • Interpreta y esquematiza dibujos de elementos mecánicos para su análisis en los diferentes simuladores de esfuerzos y deformaciones, como en los ejercicios tipo. • Conoce la nomenclatura y aplicación de los engranes rectos, cónicos y helicoidales para el diseño y selección de los mismos.
--

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Teorías de falla, concentración de esfuerzos y fatiga	<p>1.1 Modos de fallas.</p> <p>1.2 Factores de concentración de esfuerzos.</p> <p>1.3 Factores de concentración de esfuerzos por carga cíclica.</p> <p>1.4 Teorías de falla.</p> <p> 1.4.1 Materiales de comportamiento dúctil.</p> <p> 1.4.2 Materiales de comportamiento frágil.</p> <p>1.5 Fatiga</p>
2	Ejes de transmisión	<p>2.1 Procedimiento para el diseño de un eje.</p> <p>2.2 Diseño bajo carga estática y dinámica.</p> <p>2.3 Velocidad crítica.</p> <p>2.4 Aplicaciones de los ejes de transmisión.</p>

3	Diseño de sujetadores	<p>3.1 Nomenclatura para roscas</p> <p>3.2 Fuerzas, par de torsión, parámetros de rigidez y resistencia en tornillos</p> <p>3.3 Precarga de pernos y selección de tuercas</p> <p>3.4 Juntas soldadas</p>
4	Engranés.	<p>4.1 Nomenclatura y clasificación de engranes.</p> <p>4.2 Estandarización y normalización de engranes.</p> <p>4.3 Diseño de engranes (rectos, cónicos y helicoidales)</p> <p>4.4 Esfuerzos en dientes.</p> <p>4.5 Transmisión de potencia</p>
5	Selección de elementos	<p>5.1 Poleas y bandas</p> <p>5.2 Catarinas y cadenas</p> <p>5.3 Cojinetes y rodamientos</p> <p>5.4 Aplicación de Software en la selección de elementos</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Teorías de falla, concentración de esfuerzos y fatiga	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Determina el estado de esfuerzo y utiliza el modo de falla correspondiente al tipo de carga (estática o dinámica) en que se encuentra solicitado un elemento mecánico para predecir el comportamiento de dicho elemento mecánico.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Busca y analiza información proveniente de fuentes diversas. • Aplica los conocimientos en la práctica. • Capacidad de organizar y planificar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar las teorías de fallas que son aplicables a los elementos mecánicos en su análisis. • Discutir cuales teorías se utilizan con más frecuencia en el análisis de componentes mecánicos y concluir determinando cuál de ellas es más conservadora para su aplicación. • Investigar los modos de falla que afectan a los diversos componentes de las máquinas. • Comparar y discutir la forma de falla que presentan diversos elementos mecánicos. • Reconocer los efectos de la fatiga en elementos de máquinas. • Resolver problemas relacionados con la resistencia a la fatiga no corregida y corregida. • Resolver problemas relacionados con teorías de falla a la fatiga. • Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración, y la colaboración de y entre los estudiantes. • Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.

2. Ejes de Transmisión	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Diseña y/o selecciona el eje adecuado para cualquier aplicación de transmisión de potencia o movimiento.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Busca y analiza información proveniente de fuentes diversas. • Aplica los conocimientos en la práctica. • Capacidad de organizar y planificar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y explicar la importancia y aplicaciones del diseño de ejes, así como los procedimientos y análisis que esto involucra. • Investigar, elaborar un resumen y explicar el procedimiento general para el diseño de un eje. • Dibujar un eje donde se puedan observar las cargas y esfuerzos a los que se encuentra sujeto y los diagramas de par torsional – momento horizontal – momento vertical. • Resolver problemas de diseño de ejes sujetos a carga estática, tanto de momento flexionante – torsión, como de momento flexionante – torsión – carga axial, aplicando la teoría de la energía de distorsión y del esfuerzo cortante máximo. • Resolver problemas de diseño de ejes sujetos a carga cíclica, tanto de momento flexionante alternante – torsión continua, como de momento flexionante alternante – torsión alternante, aplicando las teorías de: <ul style="list-style-type: none"> Para materiales dúctiles: <ul style="list-style-type: none"> • Energía de distorsión • Esfuerzo cortante máximo • Criterio ED – Elíptico • Criterio ED - Gerber Para materiales frágiles: <ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo normal máximo • Explicar la importancia del cálculo de la primera velocidad crítica de un eje, sus causas, análisis, medición, prevención y efectos en el diseño y funcionamiento del eje.
3. Diseño de sujetadores	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Selecciona los tornillos, pernos y/o tuercas para ser utilizados como elementos de sujeción, en base a la resistencia y rigidez de los elementos roscados al ser aplicadas fuerzas externas o un torque inicial.</p> <p>Determina la cantidad adecuada de soldadura para resistir cargas externas estáticas y dinámicas en uniones soldadas, en función de las diferentes formas de aplicación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar los diferentes tipos de elementos roscados utilizados en la sujeción de elementos mecánicos. • Conocer y aplicar las técnicas para analizar la resistencia de los elementos de sujeción roscados cuando son sometidos a cargas de axiales, torsión y corte. • Comparar la resistencia de los elementos roscados cuando se tiene empaquetadura y sin ella.

<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de comunicación oral y escrita • Solución de problemas • Habilidades interpersonales • Capacidad de investigación • Trabajo en equipo 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar las diferentes formas de aplicación de soldadura y tipos de electrodos de uso más común. • Determinar los momentos de inercia que corresponden según se aplique la soldadura.
---	---

4. Engranajes

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Determina las fuerzas que afectan a los dientes de un engrane para seleccionar y diseñar estos elementos con base a normas estandarizadas internacionalmente.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de comunicación oral y escrita • Solución de problemas • Habilidades interpersonales • Capacidad de investigación • Trabajo en equipo 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar las diferentes partes geométricas que componen a los engranes, como diámetro de paso, addendum, dedendum, etc. • Determinar las fuerzas radial, tangencial, etc., y los efectos que causan en los engranes. • Investigar en una transmisión el efecto que causa dichas fuerzas en los ejes. • Determinar los esfuerzos de un diente de engrane por medio de la fórmula de Lewis. • Investigar la relación que existe con el paso diametral y el número de Lewis para la determinación del esfuerzo admisible en el diente. • Investigar en que normas y códigos se basa el diseño de engranes y discutir sobre ello.

5 Selección de elementos

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Calcula y selecciona elementos de los sistemas de transmisión por bandas y poleas, cadenas y catarinas, rodamientos y acoplamientos para el diseño de máquinas, equipos y sistemas mecánicos en el desarrollo sistemas mecatrónicos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de comunicación oral y escrita • Solución de problemas • Habilidades interpersonales • Capacidad de investigación • Trabajo en equipo 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar la importancia que tienen las transmisiones flexibles • Conocer los diferentes manuales existentes de proveedores en poleas, bandas • Mostrar el manejo adecuado de un manual de bandas y poleas dando un ejemplo práctico. • Conocer los diferentes manuales existentes de proveedores de catarinas y cadenas. • Mostrar el manejo adecuado de un manual de catarinas y cadenas dando un ejemplo práctico. • Investigar los tipos de cojinetes de fricción que existen en la industria y su uso. • Investigar los diferentes tipos de cojinetes por rodamiento. • Determinar los parámetros más importantes

	<p>involucrados en la selección de un rodamiento, como: la capacidad y vida útil.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar los softwares que tiene los proveedores en su página de internet para la selección.
--	--

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> • Analizar concentraciones de esfuerzos en diferentes elementos mecánicos aplicando métodos experimentales, tales como: extensometría y fotoelasticidad (desarrollar prototipos didácticos). • Investigar, analizar y resolver problemas de concentraciones de esfuerzos en elementos mecánicos aplicando software (CAD, CAM, CAE, Solidwork, Catia, NX). • Elaboración de modelo físico para demostrar el comportamiento de los ejes sometidos a cargas. • Elaboración de muestrario de diferentes elementos mecánicos usados en la transmisión de potencia. • Selección de materiales para la manufactura de diferentes elementos de máquinas, considerando factores como: funcionalidad, economía y sustentabilidad. • Realizar ensayos para ver los efectos de concentradores de esfuerzos estáticos utilizando ensayos de tensión, flexión y torsión. • Realizar ensayos para ver los efectos de la fatiga utilizando ensayos de tensión, flexión y torsión. • Investigar y analizar la aplicación de ejes de transmisión, juntas soldadas y atornilladas, rodamientos, bandas y cadenas, en laboratorios e instalaciones de la institución o en el sector industrial. • Determinar y analizar experimentalmente la resistencia y esfuerzos en uniones soldadas y atornilladas (desarrollar prototipos didácticos)

9. Proyecto de asignatura

<p>El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundamentación: marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo. • Planeación: con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo. • Ejecución: consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar. • Evaluación: es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.
--

Se sugiere:

El siguiente ejemplo especifica un formato de cómo puede ser un proyecto integrador que permita al alumno desarrollar las competencias y conocimientos adquiridos durante el curso.

Este es un ejemplo para la aplicación de conocimientos teóricos cuyo resultado es un reporte o memoria de cálculo, sin embargo, existe la posibilidad de generar además el prototipo.

Tema: reductor de velocidad

Existe en el mercado una gran variedad de diseños y arquitecturas válidas para la construcción de un reductor. El objetivo de este proyecto es el diseño y cálculo de uno de tipo trocooidal, de modo que pueda ser prototipado por una empresa en el desarrollo de impresoras de gran formato e industrial.

Se pretende dar salida a problemas de espacio en la distribución interna de las máquinas, así como de mejorar su calidad. Los reductores de tipo trocooidal tienen un tamaño muy compacto y son capaces de transmitir elevadas cargas. Su arquitectura es relativamente sencilla, basándose en tres componentes móviles básicos, un eje de entrada con una leva excéntrica que gira a alta velocidad, una o varias coronas de perfil trocooidal y un eje de salida de velocidad de rotación inferior a la del eje de entrada.

La construcción de este tipo de reductores tiene una serie de ventajas que los diferencia de los basados en ruedas dentadas. La geometría de las coronas permite que la transmisión de par se deba al contacto entre caras que ruedan con deslizamiento mínimo. Esto a su vez, permite que no haya discontinuidades de par y por lo tanto ruido o vibraciones. Por otra parte, cabe destacar su gran capacidad de soportar cargas de choque. Por último, dada su arquitectura, con la que se consigue tener fricciones prácticamente nulas, poseen un rendimiento muy elevado.

El proyecto consta de dos partes bien diferenciadas.

En la primera, se pretende estudiar la geometría que permite el funcionamiento del reductor, así como escoger el perfil que mejor cumpla las expectativas.

En la segunda, se procede al diseño y cálculo empleando unas condiciones iniciales y desarrollando las bases funcionales de la primera parte.

Una vez realizados todos los cálculos y análisis pertinentes, se pretende también hallar toda aquella información necesaria para poder seleccionar el reductor como si éste formase parte de un catálogo comercial. Información como, por ejemplo:

la capacidad de transmisión de carga, la velocidad máxima admisible o la inercia reducida al eje de entrada, de modo que un proyectista interesado pueda escogerlo si el reductor se adecua a sus condiciones de diseño.

Por último, presentar el conjunto de planos necesarios para la fabricación de todas las piezas, así como para realizar el montaje del reductor.

Para llevar a cabo este proyecto es necesaria la utilización de los siguientes programas.

ADAMS, para el análisis dinámico.

One Space Designer, Solidwork, etc. para el diseño de los sólidos 3D, así como los análisis de elementos finitos.

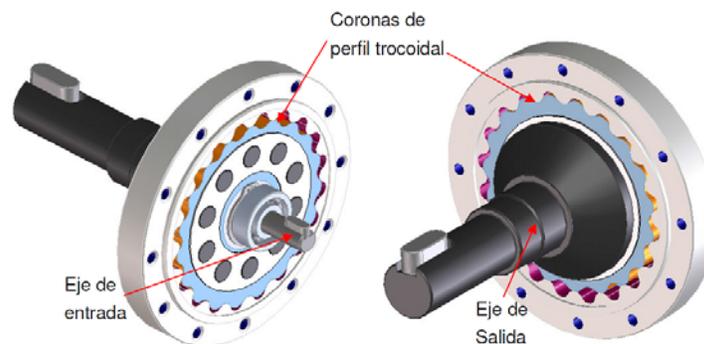
Excel, para el cálculo general, y MathCad, para el cálculo del radio de curvatura del perfil trocooidal de las coronas.

Dadas las características mecánicas de los reductores trocoidales, nace en la empresa Hewlett-Packard la necesidad de obtener la tecnología necesaria para la producción e implantación de este tipo de reductores en impresoras de gran formato.

El objetivo principal de este proyecto es obtener la tecnología necesaria para producir un reductor trocoidal que cumpla unas condiciones de diseño adquiridas de un caso práctico en una impresora comercial de gran formato.

Para ello se prevé:

- Diseño de un reductor de 1 kW de potencia con una velocidad de entrada de 1500 min⁻¹ y de reducción 19:1.
- Cálculo de los parámetros de referencia que se obtendrían de un catálogo de reductores estándar.
- Fabricación de un prototipo de carácter constructivo con el que demostrar la funcionalidad del mecanismo.



La evaluación será acorde al reporte y fecha de entrega.

10. Evaluación por competencias

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

- Mapa conceptual
- Examen
- Esquemas
- Representaciones gráficas o esquemáticas
- Mapas mentales
- Ensayos
- Reportes
- Resúmenes
- Rúbrica
- Lista de cotejo
- Matriz de valoración
- Guía de observación

ABP (Aprendizaje basado en proyectos) método de evaluación formativa y formadora que permite al profesor y, también al alumno, conocer activa y directamente el progreso y proceso seguido en el aprendizaje de los conocimientos y competencias adquiridas y así poder llevar a cabo una auténtica construcción conjunta de significados.

11. Fuentes de información

1. Budynas, R., & Nisbett, K. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. D.F., México: Mc Graw Hill.
2. Collins, J. A., Busby, H. R., & Staab, G. H. (2010). *Mechanical Desing of Machine Elements and Machines*. Estados Unidos de América: Wiley.
3. Hamrock, B. J., Jacobson, B., & Schmid, S. R. (2000). *Elementos de máquinas*. D.F., México: Mc Graw Hill.
4. Mott, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. Naucalpan de Juárez, Edo. de México: Pearson Educación.
5. Norton, R. L. (2013). *Machine Design*. Estados Unidos de América: Prentice Hall.
6. *Productos TIMKEN*. (27 de Febrero de 2014). Obtenido de <http://www.timken.com/es-es/products/Pages/Catalogs.aspx>
7. SKF. (27 de Febrero de 2014). *Rodamientos, unidades y soportes SKF*. Obtenido de <http://www.skf.com/mx/products/bearings-units-housings/index.html>
8. Spotts, M. F., Shoup, T. E., & Hornberger, L. E. (2003). *Design of Machine Elements*. Estados Unidos de América: Prentice Hall.
9. Catálogos y manuales de fabricantes. DONGE, TIMKEN, FALK, SKF, GATES, LINK BELT, TORRINGTON, y KOYO.