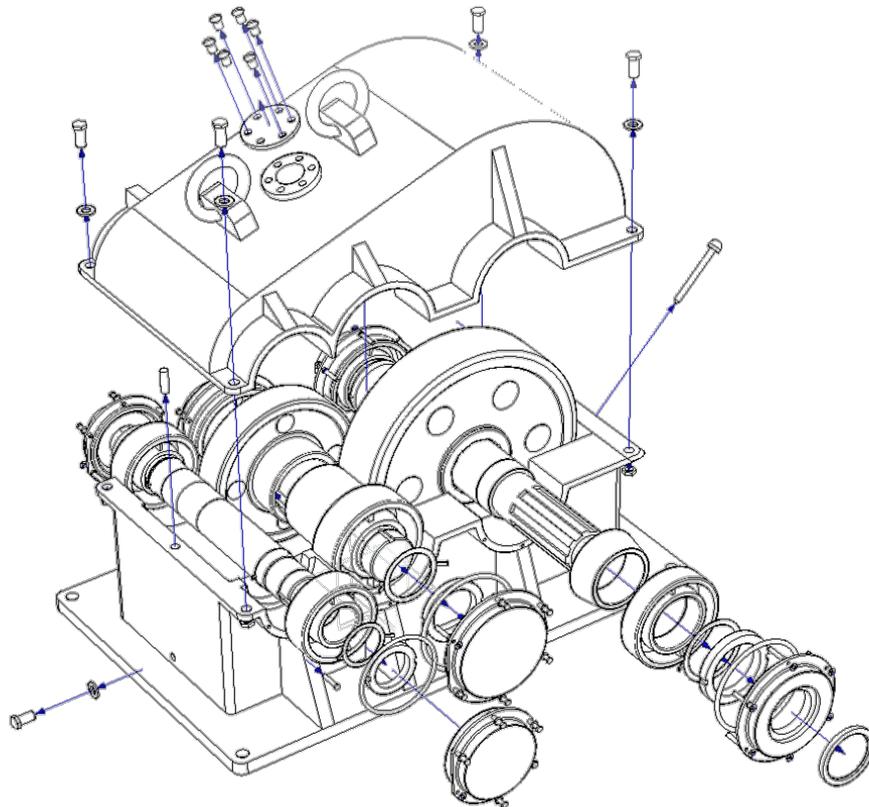


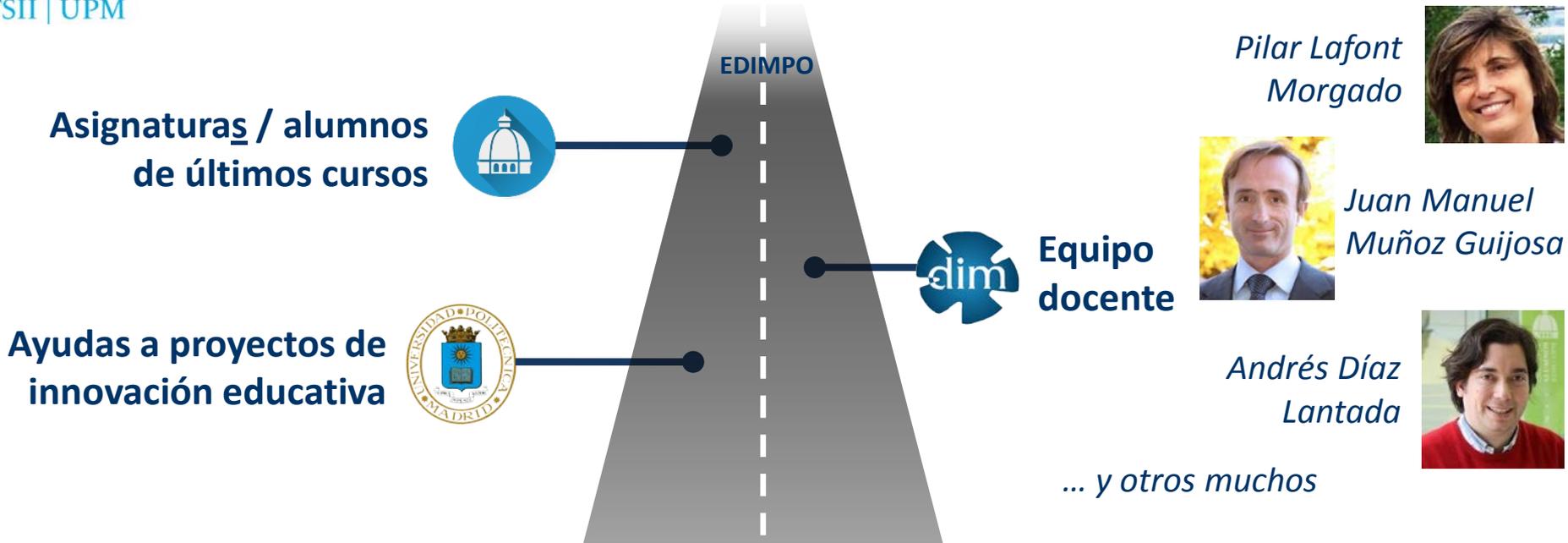


"Diseño Integrado de Máquinas por ordenador:
*cuatro décadas de aprendizaje basado en proyectos
colaborando entre asignaturas*"



Ponente:
Enrique Chacón Tanarro
e.chacon@upm.es

13 de Enero 2017



PBL – Aprendizaje basado en proyectos

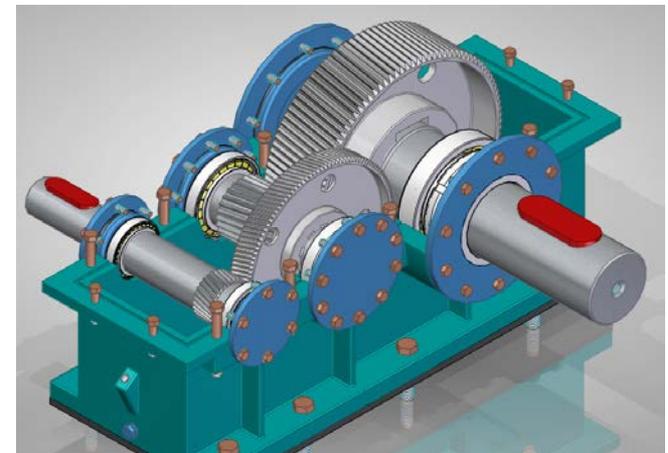
EDIMPO



EDIMPO – Enseñanza del Diseño Integrado de Máquinas por Ordenador

🎯 **Objetivo:** grupos de alumnos (3→4) diseñan un reductor de velocidad tomando decisiones conformes a los conocimientos adquiridos en dos asignaturas (el trabajo se desarrolla dentro de las prácticas de las mismas)... *y durante el resto de la carrera*

Año:	1979	(plan de 6 años)	2000	(5)	2010	(4+2)
	Cálculo, Construcción y Ensayo de Máquinas I y II (OB)		Cálculo de Máquinas I y II (OB) (4º)		Diseño de Máquinas I (OB) y II (OP) (4º grado)	



¿Qué les estamos enseñando?

Diseño de Máquinas I

70% de la nota

- Descripción del reductor (problema)
- Selección rodamientos
- Diseño árboles
- Diseño uniones (chavetas, ejes nervados,...)
- Consideraciones de ejecución: tolerancias, ajustes, elementos de fijación, sellado, fabricación, montaje,....
- 3D y planos (simulación FEM)

Teoría de máquinas y mecanismos (3º)

Resistencia de materiales y materiales (3º)

Dibujo industrial (1º)

Optativas:

- Aplicación del Análisis por Elementos Finitos (FEA) al Diseño de Máquinas con CATIA y NX
- Diseño Asistido por Ordenador – CAD

Fabricación (3º)

- Fabricación
- Montaje y desmontaje
- Lubricación
- Mantenimiento
- Calidad
- Pliego de condiciones

Diseño de Máquinas II
Asignaturas Máster en Ing. Mecánica
Asignaturas en Máster en Ing. Industrial

¿Qué les enseñaremos?
¿Qué les motiva?

Autoaprendizaje



30% de la nota

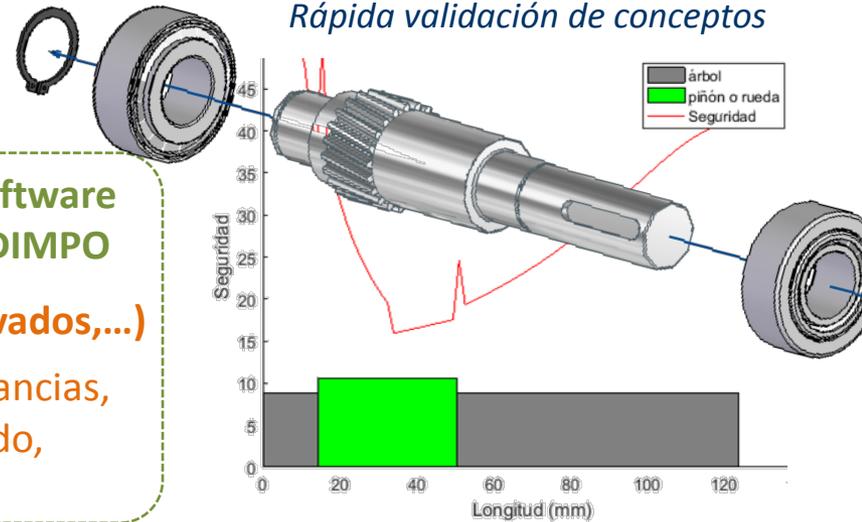
¿Qué lo diferencia de un software comercial?

¿Qué les estamos enseñando?

70% de la nota

- Selección rodamientos
- Diseño árboles
- Diseño uniones (chavetas, ejes nervados,...)
- Consideraciones de ejecución: tolerancias, ajustes, elementos de fijación, sellado, fabricación, montaje,....

Software
EDIMPO

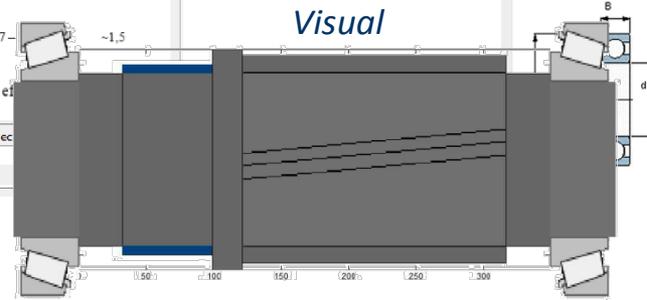


Tabla

Efecto de entalla	Forma	Flexión β_{kb}	Torsión β_{kt}
Perfil multichaveta o perfil de árbol dentado		1.3	2.7 2.0 1.5
Chaveta fresada con bailana (ajuste prensado)		1.7 (2.5)	1.9
Ajuste prensado ($\bar{u}/d = 1,5$ a 2×10^3) véase también la figura 3/27		1.7	~1.5

Figura 1.19.- Índices del efecto de entalla β_{kb} (flexión) y β_{kt} (torsión) para diferentes efectos de entalla. Datos para acero S150 ($\sigma_B = 50 \text{ daN/mm}^2$). (Fuente Niemann).

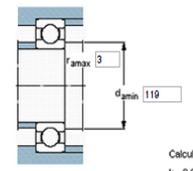
	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5	Sección 6
β_{kt}	1	2	1	1	2.7000	1.3000
β_{kb}	1	1.3000	1	1	1.3000	1.3000



Nota:
Los diámetros del árbol d (sección 1) = 125 y d (sección 4) = 125 deben estar entre el diámetro mínimo y el diámetro máximo del rodamiento elegido

Principal dimensions	Basic load ratings		Speed ratings		Designation
d	D	B	C	Reference speed	Limiting speed
mm			kN	r/min	
105	225	49	182	153	46646

* SKF Explorer bearing



Diámetro máximo del eje: $d_{max} = 126$

Calculation factors:
 $k_f: 0,015$
 $k_a: 13$

Aceptar

Adaptado a los contenidos teóricos.
Efecto de decisiones visibles

Adaptado al material de consulta
(fabricante SKF) y otras asignaturas



Programa EDIMPO. Evolución y mejoras



INDUSTRIALES
ETSII | UPM

división de ingeniería de máquinas

Programa **EDIMPO**: software de desarrollo propio

Versión	Código del programa	Sistema operativo	Ordenadores	Diseño 2D/3D	Mejoras
1989-1994 Colaboración IBM (1986)	Fortran	UNIX	IBM-5080-RT y PCs	MicroCADCAM (2D)	Modelado paramétrico
1999-2002	Pascal-C	Windows 95	PCs	Solid Edge (3D)	Elementos 3D normalizados
2003-2011	Pascal-C	Windows XP	PCs	Solid Edge	Interfaz, documentación
2012-actualidad	Matlab	Windows	PCs	Solid Edge (FEM)	Interfaz, documentación

Mejoras buscadas:

- Mejora de rendimiento en el aprendizaje del alumno :
 1. Integración resto asignaturas – análisis de dificultades en el aprendizaje ↔ Encuestas.
 2. Interfaz gráfica y sistemas de ayuda al diseño ↔ actualizaciones continuas
 3. Reductor paramétrico (en desuso).
 4. Motivación ↔ caso “real”, FEM,...
- Sostenibilidad programa → Matlab, ¿beca?, trabajo fuera del aula
- Mejora competencias transversales alumno: lectura técnica crítica (potenciar búsqueda en internet, trabajos de años anteriores),...



Estación de trabajo IBM-5080-RT

12/01/2017

III Jornada Innovación Educativa

Cálculo, Construcción y Ensayo de Máquinas I y II

Diseño de Máquinas I y II

- 16 sesiones (I y II) de 3,5h cada una (56h)
- Equipos de 3 alumnos
- 2 monitores (novato y veterano), 2 años de beca



- 8 sesiones (I y II) de 2h cada una (16h)
- 4 alumnos
- Profesor de prácticas

1	Presentación. Edimpo y Solid Edge
2	Ensamblaje reductora con Solid Edge
3	Modelado de sólidos y edición de dibujos en Solid Edge. Planos.
4	Modelado de sólidos y edición de dibujos en Solid Edge. Planos.
5	EDIMPO (V2.0). Introducción de datos iniciales y cálculos de engranajes
6	EDIMPO. Cálculo engranajes - distancia normalizada
7	EDIMPO. Predimensionado carcasa y árboles. Cálculo engranajes - método general
8	EDIMPO. Diseño uniones, selección de rodamientos
9	EDIMPO. Diseño árboles.
10	Modelo tridimensional.
11-16	Trabajo en planos y memoria



2h

• Coordinación dibujo I, ejemplo "optimizado", documentación

12h

• Coordinación diversas asignaturas, documentación, interfaz gráfica "didáctica y amigable"



• Documentación, guías interactivas, trabajos de años pasados disponibles, reunión particularizada de seguimiento,...



1	Bastante desacuerdo
2	Parcialmente en desacuerdo
3	Parcialmente de acuerdo
4	Bastante de acuerdo
5	Completamente de acuerdo

	Año	2016	2013
3	El trabajo supone un buen complemento a las clases teóricas	4,3	4,2
4	Considero que se trabaja un problema de diseño real en ingeneiría	4,6	4,5
6	El procedimiento, información y herramientas usadas y/o aprendidas en las prácticas resultan útiles de cara a la futura actividad profesional del alumno	3,9	4
7	Debería incrementarse el número de horas de prácticas en el aula	3,5	3,1
8	Sabiendo que el peso de la nota de prácticas es del 50% sobre el total de la asignatura, considero adecuadas las horas dedicadas a las prácticas de la asignatura sumando el tiempo dedicado fuera del aula	3,1	3,2
9	Horas de trabajo del alumno fuera del aula de prácticas	46,4 h	33,7 h
10	Carga de trabajo entre los componentes del grupo ha estado bien equilibrada	3,6	-
11	El grupo ha funcionado bien trabajando en equipo	4,1	-
14	Las prácticas resultan interesantes para el alumno	4,4	4
16	El seguimiento del trabajo por el profesor de prácticas debería ser mayor	3	2,5
17	Desarrollan habilidades de trabajo en grupo	3,9	3,8
18	Motivan al alumno a cursar la asignatura de Diseño de Máquinas II	3,5	2,5
19	Considero importante el manejo de programas CAD, de cara a mi futuro profesional	4,7	4,5
20	Ayudan a introducir al alumno en el manejo de un programa CAD, SolidEdge	4,1	4,1
21	Se valora que se muestren elementos reales (reductor, engranajes, rodamientos, ejes,...)	4,5	4,4
22	NO es formativo exigir contenidos que no son explicados ampliamente en clase	2,2	2,7
23	Valoración general de las prácticas	4,1	4,5

(1) Buena valoración de PBL "reales"

(2) Búsqueda equilibrio: rendimiento – trabajo fuera del aula – aprendizaje

(3) Buenos resultados de trabajo en equipo

(3) 
(4) Sostenibilidad

(5) Buen complemento a asignaturas de CAD básicas

(6) Motivación

(7) ¿Motivación?, 



- Seguir potenciando el PBL → CDIO
- Mejorar coordinación con trabajos de otras asignaturas
- Mejorar coordinación con asignaturas relacionadas
- Equilibrio en la dedicación del alumno
- Sostenibilidad: actualización software
- Evitar el copiado
- Extensión a otros tipos de máquinas
- Apoyo al profesor de prácticas
- Financiación
- ...
- Motivación del profesorado involucrado



Muchas gracias por su atención!

¿Preguntas?