

## **7. Recursos materiales y servicios**

### **7.1 Justificación de la adecuación de los medios materiales y servicios disponibles**

El Máster en Ingeniería Industrial se imparte en el Campus de Alberto Aguilera de la Universidad Pontificia Comillas. El número de plazas ofertadas en la memoria de verificación en el año 2013 a partir del 2º año era de 200 alumnos.

En la actualidad la Escuela Técnica Superior de Ingeniería dispone de un total de 34 aulas, con capacidad de entre 40 y 65 alumnos, equipadas con ordenador de profesor y cañón de proyección, así como sistema wi-fi para la conexión a Internet tanto en las aulas como en el resto del recinto del campus. De estas aulas, 31 están equipadas con conexiones eléctricas en cada puesto para que se puedan usar los portátiles y otros dispositivos electrónicos en las clases.

Esto es un incremento de 8 aulas y aproximadamente de unos 300 puestos respecto a lo referido en memoria de 2013. Para el máster que aquí se propone, está previsto utilizar 5 aulas electrificadas con capacidad de entre 50 y 60 alumnos en cada turno de mañana o tarde.

El número de aulas dotadas con ordenadores es 6, con una capacidad total de 160 puestos. El porcentaje de utilización de estas aulas, en el máster que aquí se propone, es del 20%. Adicionalmente se dispone de un stock 200 ordenadores portátiles en carros electrificados para usarse en las aulas o en prácticas cuando sea necesario.

También se ha implantado un proyecto de virtualización del software para que cada alumno pueda descargar en su ordenador portátil los programas necesarios. Se han instalado 13 módulos de taquillas electrificadas (780 taquillas en total) para que los estudiantes puedan guardar y cargar sus portátiles.

Las sesiones prácticas de las asignaturas que lo requieran se llevarán a cabo en los diferentes laboratorios implicados (Laboratorios de Ingeniería mecánica, Eléctrica o Electrónica) ampliamente equipados y donde también se desarrollan las sesiones prácticas de los títulos de grado en ingeniería. Existen 23 laboratorios en total con una capacidad superior a 600 puestos. El porcentaje de utilización de estos laboratorios, en el máster que aquí se propone, se especifica en el siguiente punto.

Al final del curso los alumnos manifiestan su grado de satisfacción con los medios materiales y servicios disponibles. Toda la información recogida pasa a la Comisión de Seguimiento del Título y a la Dirección de la Escuela, quienes podrán elaborar una lista de propuesta de mejoras. En todo caso, la aprobación de las mejoras dependerá de la decisión de la Junta de Escuela, y el seguimiento y evaluación de estas mejoras será responsabilidad de la Comisión de Seguimiento. Todas las instalaciones cumplen con los criterios de accesibilidad universal y diseño para todos, según lo dispuesto en la Ley

51/2003, de 2 de diciembre, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad.

### 7.1.1 Laboratorios

En sus instalaciones, la ETSI ICAI dispone de 23 laboratorios dedicados a la docencia con una capacidad superior a 600 puestos de trabajo. A continuación, se describe brevemente el objetivo de cada uno de ellos, su equipamiento y su capacidad.

A modo de resumen, en la siguiente tabla se especifica el porcentaje de utilización de cada uno de ellos en las cuatro titulaciones impartidas por la ETSI-ICAI dentro de los programas de Ingeniería Industrial e Ingeniería de Telecomunicaciones:

- Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (GITI)
- **Máster en Ingeniería Industrial (MIIND), al que hace referencia esta memoria**
- Grado en Ingeniería en Tecnologías de Telecomunicación (GITT)
- Máster en Ingeniería de Telecomunicación (MITL)

<b>LABORATORIOS ETSI-ICAI</b>	<b>Capacidad (nº alumnos)</b>	<b>GITI (%)</b>	<b>MIIND (%)</b>	<b>GITT (%)</b>	<b>MITL (%)</b>	<b>Otros (%)</b>
Mecánica de Fluidos	36	95				5
Máquinas Volumétricas	48	80	15			5
Turbomáquinas	48	80	15			5
Termotecnia	36	80	15			5
Tecnologías Energéticas	36		90			10
Química	24	60	30			10
Medio Ambiente	24	95				5
Materiales	24	75	20			5
Metrología	24	95				5
Técnicas de Fabricación	24	75	20			5
Sistemas Integrados de Fabricación	24	75	20			5
Aula polivalente	17	70	25			5
Máquinas Eléctricas Rotativas	21	80	10			10
Transformadores	16	75	20			5
Circuitos eléctricos y electrotecnia	48	75	10	10		5
Protecciones y Automatismos	16	70	20			10
Electrónica General	16	30	20	25	15	10
Electrónica de Comunicaciones	20	30	15	30	15	10
Electrónica de Potencia	20	85		5		10
Control	20	65	25			10
Automatización	16	50	25	20		5
Sistemas Digitales	20	85		5		10
Lenguajes y Sistemas Informáticos	30			60	30	10
Comunicaciones	16		10	50	30	10
<b>Total</b>	<b>622</b>					

## INGENIERÍA MECÁNICA

A continuación, se describen los laboratorios gestionados por el Departamento de Ingeniería Mecánica:

- \* Mecánica de Fluidos. (36 alumnos). Dispone de bancos diversos para mostrar experimentos básicos de Mecánica de Fluidos (Osborne, pérdidas de carga, flujo en canales abiertos, cantidad de movimiento, ...) así como programas de simulación de redes hidráulicas y mecánica de fluidos computacional (CFD). Existen además elementos singulares de medida de caudal para llevar a cabo calibraciones de los mismos y comprobar las ecuaciones que los rigen (diafragmas, depósito gravimétrico, molinete, vertedero, toberas, tubo de Prandtl, anemómetro de hilo caliente, ...).
- \* Máquinas volumétricas (48 alumnos). Consta de tres secciones: oleohidráulica, neumática y motores alternativos. En Oleohidráulica se dispone de un banco universal de ensayo de componentes, de una transmisión hidrostática y de componentes montados en metacrilato con los que se pueden realizar circuitos reales y verificar su funcionamiento mediante simulación. En Neumática se cuenta con dos bancos de ensayos de compresores y varios compresores seccionados, así como con diversos elementos para realizar circuitos. En ambas secciones existe una batería de componentes seccionados. En Motores existen cuatro celdas de ensayo (dos diésel y dos gasolina), junto con un motor Stirling transparente. A nivel descriptivo cuenta con diversos motores y componentes seccionados. También se dispone de bancos e instalaciones para la medida de las magnitudes mecánicas asociadas a los motores (temperaturas, ruido y vibraciones).
- \* Turbomáquinas (48 alumnos). Dispone de diversos bancos de ensayo de bombas con capacidad para ensayos completos, cavitación y acoplamiento serie/paralelo. Así mismo hay 3 bancos de turbinas hidráulicas (Pelton, Francis y Kaplan) y diversos componentes y bombas seccionadas. En cuanto a turbomáquinas térmicas se dispone de diversos elementos seccionados.
- \* Termotecnia (36 alumnos). Dispone de equipos para verificar experimentalmente las leyes de la Transmisión del calor (conducción, convección y radiación), así como fenómenos físicos asociados (condensación/ebullición y transferencia de masa).

Dispone además de programas de simulación de mecánica de fluidos computacional con transferencia de calor.

- \* Tecnologías Energéticas (36 alumnos). Cuenta con equipos diversos de conversión y aprovechamiento energético como una pequeña central de vapor por ciclo de Rankine, varias bombas de calor aire/agua y agua/agua, tubo de Ranque-Hilsch, pila de combustible, bomba calorimétrica, motor de micro-cogeneración y programas de simulación de procesos energéticos.
- Química (24 alumnos). Este laboratorio está equipado con las instalaciones necesarias para la realización de prácticas de Química General, Química Analítica Elemental, Química industrial. Para ello, esta instalación dispone de, entre otros, los siguientes equipos: Absorción Atómica, Espectroscopia UV-Vis, Espectroscopia FTIR, Potenciostato y Analizador de respuesta en frecuencia (EIS), HPLC, etc. Equipo de purificación de agua MilliQ. 2 Sonicadores. Viscosímetro. Software ChemCAD para la asignatura Ingeniería química.
- \* Medio Ambiente (24 alumnos). Este laboratorio está equipado con las instalaciones necesarias para la realización de prácticas de Tecnología Medioambiental. Para ello, esta instalación dispone de, entre otros, los siguientes equipos: Espectroscopia UV-Vis, Espectroscopia FTIR, Turbidímetros, Analizadores de gases NOx, SOx, COV, etc. Medidores de partículas en dispersión. Conductividad y oxígeno disuelto, DQO, DBO, etc. Software de dispersión de contaminantes. Cámara de flujo laminar. Incubadora de CO<sub>2</sub> Thermo. Microscopio de fase inversa Leica.
- \* Materiales (24 alumnos). En este laboratorio se realizan los ensayos de caracterización de materiales. Equipos para ensayos mecánicos de tracción, compresión, flexión. Equipos de fatiga. Péndulos metales y polímeros. Así mismo, este laboratorio dispone de hornos de tratamientos térmicos (con y sin atmósfera controlada), equipos para la preparación de probetas para metalografía. Microscopia de fuerza atómica, (AFM), Microscopía de efecto túnel (STM), Microscopios ópticos. Dilatometría y Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC). Ensayos no destructivos (ultrasonidos, corrientes inducidas, partículas magnéticas, líquidos penetrantes, etc.). Equipos de Ultrasonidos GE Phasor XS y de corrientes inducidas GE Mentor EM. Extensometría óhmica (puentes de extensometría, prototipos, galgas extensométricas.. Nanovoltímetro Keithley 2182A y mesa de puntas Everbeing . Prensa de platos calientes Fontijne LabEcon 300. Cuenta además con programas de simulación de comportamiento de materiales
- \* Metrología (24 alumnos). El laboratorio de metrología dimensional es utilizado en las asignaturas de Metrología e Ingeniería de Fabricación. Las prácticas van dirigidas

al control dimensional, geométrico y superficial de los elementos que se fabrican habitualmente como parte de los bienes de equipo y consumo, p.e.: engranajes, elementos roscados, ejes, etc. Los equipos disponibles son: brazos de medición por coordenadas, máquina de formas, perfilómetro, rugosímetro, escáner para realizar ingeniería inversa, controladora de engranajes, banco de calibración de comparadores, instrumentos de medición convencional (pie de rey, micrómetros, comparadores, calibres, bloques patrón, etc.). Mesa de visión Mitutoyo.

\* Técnicas de Fabricación (24 alumnos). Este laboratorio se emplea en las asignaturas donde la Ingeniería de Fabricación tiene incidencia. Está estructurado para que los alumnos trabajen individualmente y en grupo en cuatro áreas de trabajo:

- Área de arranque de material: tornos, fresadoras, rectificadoras, electroerosión, roscadora.
- Área de deformación y corte: prensa excéntrica, cizalla hidráulica, curvadoras, escantonadora, plegadora hidráulica y manual, clinchadora.
- Área de fundición: bancos de fundición por gravedad y a la cera perdida.
- Área de soldadura: cabinas de soldadura TIG, MIG, SMAW y por resistencia.

\* Sistemas Integrados de Fabricación (24 alumnos). Este laboratorio se emplea en las asignaturas donde la Ingeniería de Fabricación y la Automatización tienen incidencia. Está estructurado para que los alumnos trabajen individualmente y en grupo en dos áreas de trabajo:

- Área de máquinas de CNC: centro de torneado y centro de mecanizado vertical.
- \* Área de inyección de plástico: dos máquinas de inyección de plástico.
- \* Aula polivalente (17 alumnos). Esta aula dispone de 17 ordenadores personales para el desarrollo de simulaciones requeridas en diversas prácticas de Ingeniería Mecánica. Así mismo, también es utilizada para el desarrollo de proyectos fin de carrera en el área mecánica, ya que dispone de todas las aplicaciones de software disponibles en la escuela. En esta aula está integrada el área de prototipado rápido con tres máquinas de impresión 3D mediante tecnologías basadas en FDM (“Fused Deposition Modeling”) y DLP (“Direct Light Projection”). Se han incorporado tres nuevas impresoras 3D: SLA Formlabs, SLS Sinterit LISA y FDM DT600+.

## INGENIERÍA ELÉCTRICA

Los laboratorios que se enumeran son gestionados por el Departamento de Electrotecnia y Sistemas:

- \* Máquinas Eléctricas Rotativas (21 alumnos). Laboratorio equipado para realizar prácticas de Máquinas Eléctricas (generadores y motores de corriente alterna y corriente continua) y Accionamientos Eléctricos en el que se dispone de 7 grupos polimórficos de potencia típica de 10 kVA.
- \* Transformadores (16 alumnos). Laboratorio equipado para realizar prácticas de Electrotecnia, Máquinas Eléctricas en el que se dispone de transformadores monofásicos de potencia superior a 2 kVA y de transformadores trifásicos.
- \* Circuitos eléctricos y electrotecnia (48 alumnos). Laboratorio equipado para realizar prácticas de Electrotecnia y Circuitos eléctricos. Dispone de 16 puestos de trabajo con ordenador tipo PC, osciloscopio, fuente de alimentación, generador de señal, multímetro y otros aparatos de medida.
- \* Protecciones y Automatismos (16 alumnos). Laboratorio equipado con equipos de protección industrial de centrales, subestaciones y líneas, junto con maletas de simulación y ensayo de protecciones.

## INGENIERÍA ELECTRÓNICA

A continuación, se presentan los laboratorios del Departamento de Electrónica y Automática, que se han dotado con material para diferentes asignaturas, de tal forma que pueden ser polivalentes. Así, por ejemplo, una asignatura de Electrónica de Potencia puede tener sesiones en el laboratorio de ese nombre, pero también en otros.

- \* Electrónica General (16 alumnos). Laboratorio equipado con 8 puestos de trabajo con osciloscopio, fuente de alimentación, generador de señal, multímetro y otros aparatos de medida. Dispone además de ordenador personal y del software necesario para la simulación de circuitos electrónicos.
- \* Electrónica de Comunicaciones (20 alumnos). Laboratorio equipado con 10 puestos de trabajo con osciloscopio, fuente de alimentación, generador de señal, multímetro y otros aparatos de medida. Dispone además de ordenador personal y del software necesario para la simulación de circuitos electrónicos. También dispone de instrumentación propia de comunicaciones, como generadores de funciones y analizadores de espectro.

- \* Electrónica de Potencia (20 alumnos). Laboratorio equipado con 10 puestos de trabajo con convertidores electrónicos de potencia (rectificadores, convertidores CC/CC, e inversores) y bancos de motores, además de fuentes de alimentación, osciloscopios, sondas de tensión y corriente, etc. El laboratorio dispone de un sistema de desarrollo que permite a los alumnos simular y controlar en tiempo real convertidores electrónicos.
- \* Control (20 alumnos). Está dotado con 10 puestos de trabajo con plantas a escala, donde el alumno puede analizar y diseñar diferentes controles de tipo analógico y digital. Se utilizan herramientas informáticas para la identificación de sistemas y la simulación y diseño del control de plantas. Equipos Quanser Q-Aero, simulando un helicóptero, muy apropiado para probar técnicas de control avanzado.
- \* Automatización (16 alumnos). Laboratorio equipado con 8 puestos de trabajo ordenador tipo PC, autómatas programables, entrenador lógico, osciloscopio, fuente de alimentación, generador de señal y multímetro. Además, 4 de los puestos disponen de un robot que actúa sobre una cinta transportadora, emulando una pequeña fábrica. Sistema de realidad virtual para Automatización Avanzada
- \* Sistemas Digitales (20 alumnos). Laboratorio equipado con 10 puestos de trabajo con ordenador tipo PC, sistema de desarrollo para microprocesador, entrenador con FPGA y analizador lógico y diversas tarjetas para la realización de prácticas, que van desde el manejo de memoria hasta la RS232 y diferentes programas de software para el análisis y diseño de sistemas digitales. También está dotado con equipos de comunicaciones industriales.
- \* Laboratorios de proyectos (16 alumnos). Laboratorio equipado con 10 puestos de trabajo con osciloscopio, fuente de alimentación, generador de señal, multímetro y otros aparatos de medida. Dispone además de ordenador personal y del software necesario para la simulación de circuitos electrónicos.

## INGENIERÍA TELEMÁTICA Y COMPUTACIÓN

A continuación, se enumeran los laboratorios del Departamento de Sistemas Informáticos:

- \* Lenguajes y Sistemas Informáticos (30 alumnos). Este laboratorio está compuesto por 31 ordenadores tipo PC con distintos sistemas operativos (nativos y

virtualizados), entornos de desarrollo complejos basados en tecnologías de comunicaciones y herramientas de computación distribuida.

Infraestructura de computación distribuida de 384 cores, 1TB de RAM y 60 TB de disco duro, con la siguiente arquitectura:

- 3 Master Nodes: 2 Name nodes + 1 Management Node
  - 1 Edge Node
  - 4 Worker Node (2U)
- \* Comunicaciones (14 alumnos). Este laboratorio está equipado de 8 puestos doble basados en tecnología de comunicaciones CISCO. Cada puesto cuenta con 2 estaciones de trabajo, 1 switch, 1 router y 2 puntos de acceso inalámbricos con capacidad de switching. En él se pueden realizar todas las tareas llevadas a cabo en cualquier red empresarial, desde su diseño y puesta en marcha hasta su simulación, monitorización y gestión de la misma. Además, es posible recrear escenarios de cualquier tipo de red: WAN, LAN y WPAN.

## **7.2 Convenios con instituciones y/o empresas para la realización de las prácticas externas**

Las prácticas externas en el máster que aquí se propone no son obligatorias, aunque se recomienda que los alumnos las realicen para completar su formación. Las prácticas externas tienen los siguientes rasgos característicos:

- \* Existencia de Convenios de cooperación educativa para la realización de prácticas con entidades seleccionadas. Hay más de 450 convenios vigentes con empresas afines a la Ingeniería, la Consultoría y los Servicios. En la siguiente tabla situada al final de este apartado se concretan las empresas en las que los alumnos del máster en Ingeniería Industrial pueden realizar prácticas. El número de plazas de prácticas supera los 250 alumnos.
- \* Las prácticas no son obligatorias. Si se realizan, pueden tener reconocimiento académico en ECTS (ver apartados 4.4 y 5.2.1.18).
- \* Tutoría y seguimiento de un profesional de la empresa y de un profesor de la Escuela, con evaluación posterior del aprovechamiento.
- \* Los convenios y la bolsa de prácticas son gestionados por la Oficina de Prácticas y Empleo de la Universidad en coordinación con la Dirección de la Escuela.
- \* Posibilidad de realización de las prácticas en el extranjero.

Al final del curso los alumnos manifiestan su grado de satisfacción con las prácticas mediante encuestas normalizadas. Toda la información recogida pasa a la Comisión de Seguimiento del Título y a la Dirección de la Escuela, quienes podrán elaborar una lista de propuesta de mejoras. En todo caso, la aprobación de las mejoras dependerá de la decisión de la Junta de Escuela, y el seguimiento y evaluación de estas mejoras será responsabilidad de la Comisión de Seguimiento.

## **EMPRESA**

A.T. Kearney, S.A.  
Accenture, S.L.  
Acciona Construcción  
AF Mercados Energy Markets International S.A.  
Agere infrastructure partners S.L.  
Aguirre Newman Madrid, S.A.U  
Alantra Capital Privado SGEIC, S.A.U.  
Alantra Corporate Finance, S.A.U  
ALL TRADING EUROPE ASSETS & MARKETS SOCIEDAD DE VALORES SA  
Alpiq Energía España S.A.U.  
Alqua Digital SL  
Alstom  
Altran Innovación, S.L.  
Amovens Soluciones S.L.  
Armen Technology, S.L.  
Arthur D. Little, S.L.  
Asea Brown Boveri, S.A. (ABB)  
Bain & Company Ibérica Inc.  
Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, S.A. (BBVA)  
Banco Santander, S.A.  
Básico Advisory & Valuation  
Berlimed, S.A.  
BNP Paribas Sucursal en España, S.A.  
CAF Signalling  
Cemex España Operaciones SLU  
Cemex Research Group  
Cofely España SA (GDF Suez)  
Colgate - Palmolive España, S.A. (Colpal)  
Colt Technology Services, SAU  
ComAp a.s.  
Comeresa Prensa, S.L.(Grupo Vocento)  
Compañía Española de Petróleos, S.A.U. (CEPSA)  
Computadoras, Redes e Ingeniería, S.A.U. (CRISA)  
Consulting Informático de Cantabria (CIC Consulting)  
Consultoría, integración y virtualización (Civir)  
Coverwallet Innovations SLU  
Creara

Credit Suisse AG, Sucursal en España  
Deloitte Financial Advisory S.L.U.  
Deloitte S.L.  
Demeter Partners Oficina de Representación en España\*  
Eiffage Energie Systemes IDF  
Elecnor, S.A.  
Empresarios Agrupados, A.I.E.  
Ernst & Young Abogados, S.L.P.  
Everis Spain, S.L.U.  
Evoluciona Estrategias de Transformación, S.L.  
Fenie Energía, S.A.  
Finenza Inversión Alternativa, S. L  
Fluideco Equipos Industriales, S.L.  
Fundación Ingenieros del ICAI para el desarrollo  
Fundación Salvador Soler - Mundo Justo  
Fundación Universidad-Empresa (FUE)  
Funespaña, S.A.  
Gas Natural SDG, S.A.  
GEA Process Engineering, S.A.  
Geo Alternativa, S.L. (Podo)  
Geoblink  
Gestamp Servicios, S.A.  
GMS Management Solutions Deutschland GMBH  
GMS Management Solutions, S.L.  
GMV Aerospace and Defence, S.A.U.  
GRI Renewable Industries, S.L.  
Grupo Antolin-Ingeniería, S.A.  
Grupo Antolín-Irausa, S.A.  
Hemav Technology  
Iberdrola España, S.A.U.  
Ignis Energía, S.L.  
Impact Rating, S.L. (Clarity)  
Imperial College of Lin  
Inditex Logística S.A.  
Ingeniería y Economía del Transporte, S.A. (INECO)  
International Business Machines, S.A. (IBM, S.A.)  
International Trucks and Tractors SL  
Invesyde, S.L.  
IPS SPAIN, S.A.  
ITRB Group  
Jacobs Spain, S.L.  
Kelvin, S.A.  
Kyocera Document Solutions España, S.A.  
Lazard Asesores Financieros, S.A.  
Management Solutions France SARL  
Masikini SI (5punto5)  
Minsait by Indra

MRC Consultants and Transaction Advisers S.L  
Navantia, S.A.  
Neboola Startups, S.L.  
Neinver, S.A.  
OMI-Polo Español, S.A. (OMIE)  
Osprel, S.L.  
Phoenix Recovery Management, S.L.  
Piedmont Asesoramiento de negocio y Dirección, S.L.  
Plai Ingenieros, S.L.  
Plenum Instalaciones y Proyectos, S.L.  
PricewaterhouseCoopers Asesores de Negocios, S.L.  
PricewaterhouseCoopers Auditores, S.L.  
Procter & Gamble España, S.A.  
Procter & Gamble Technical Centres  
Profielectra (Selectra)  
Repsol, S.A.  
Réseau de Transport d'Électricité (RTE)  
Rivergo Advisors S.L.  
Rothschild España, S.A.  
Royal Sun and Alliance (RSA España)  
S3Transportation  
Sachem Partners, S.L.  
Saeta Yield, S.A.  
Saint-Gobain Isover Ibérica, SL  
Santander Investment Bolsa, Sociedad de Valores  
Sanz Clima, S.L.  
Savia Financiación S.A.  
Securitas Direct B.V.  
Securitas Direct España, SAU  
Sener Ingeniería y Sistemas, S.A.  
Servicios Técnicos Cepretec, S.L.  
Sigrun Partners SL  
Sofia Square Technologies  
TCR International nv  
Tecnológica Ecosistemas, SAU  
The Boston Consulting Group (BCG)  
Tráfico y Transporte Sistemas, S.A. (TTS)  
TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH  
Universal Diagnostics, S.L.  
Universidad Pontificia Comillas  
Valoriza Servicios Medioambientales, S.A,  
Vasalto, Tech and Talent  
Vestas Eólica, S.A.U.  
Vidrala, S.A.  
Wedge Global SL  
Zugel Capital Partners, S.L. (Spring Capital)  
Zurich Insurance PLC

