

EL MODELO FRANCÉS DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL



Pr. Franck GIROT
Catedrático, Ingeniero ENSAM

1. ORÍGENES DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL EN FRANCIA

La evolución hasta lo que es hoy en día la Ingeniería Industrial en Francia, se caracteriza por dos épocas: la primera, que marca un largo desarrollo hasta el s.XVIII, y la segunda, correspondiente a la Revolución Industrial (de 1750 hasta hoy)

1.1-Nacimiento

Como para buena parte de los países europeos, la Ingeniería Industrial tiene sus orígenes en Grecia (Arquímedes, inventor de máquinas de guerra y de sistemas de todo tipo) y Egipto (Ctésibios, fundador de la Escuela de Alejandría en el siglo III (a. C. y a sus discípulos Filón de Bizancia (tratado de levas), y Heron de Alejandría (teoría mecánica, teoría de engranajes, física de fluidos, ...)). La transmisión de estos conocimientos se hace posible gracias a los imperios romano y bizantino, y al mundo árabe.

Durante este periodo, hay poca innovación técnica por parte del mundo romano y bizantino. El principal mérito de esos ingenieros es la transmisión del Saber de generación en generación hasta la Edad Media.

Por el contrario, el mundo árabe completa esos conocimientos con desarrollos importantes en Matemáticas, Química, autómatas, Mecánica hidráulica (bombas con sistema biela/manivela, norias, árbol de levas, ...). Esos conocimientos llegan a Francia y Europa occidental a través de España. Por lo tanto, los árabes han desempeñado un papel importante en la transmisión de esos conocimientos siendo el puente entre Oriente y Occidente, y entre las Edades Antigua y Media.

Hasta la Edad Media, el ingeniero es un técnico y científico tanto militar (máquinas bélicas, sistemas para atacar o defender una plaza fuerte) como civil (sistemas industriales, obras civiles, edificios, ...).

A partir de la Edad Media, se diferencia el ingeniero militar del ingeniero civil y éste construye, por ejemplo, las catedrales de Europa.

Aparece también la palabra "ingeniero" derivada de "ingenio". La Ingeniería aparece entonces como el Arte de poner la Ciencia al servicio del bienestar de la Humanidad. Se le pide al ingeniero ingeniosidad. Las dos palabras tienen la misma raíz latina *ingeniare*. El ingeniero es entonces un especialista en la utilización de ciertas aplicaciones de la Ciencia.

El ingeniero medieval más representativo es seguramente Villard de Honnecourt (1270). Deja sus notas y dibujos a la gente de su entorno para que les sirvan en temas de Ingeniería. Entre los sistemas más interesantes que ha desarrollado destacan el gato de rosca, la cierra hidráulica, el trabuco, autómatas... Su homólogo militar es Guy de Vigavano (1320). Deja libros sobre máquinas de guerra y es el iniciador de la noción de prefabricado y desarrolla investigación tecnológica.

A partir del Renacimiento, la influencia italiana se hace importante en Francia sobre todo gracias a Francesco di Giongio Martín (1439-1502), que deja un Tratado de Arquitectura, fortificaciones y de máquinas, y a Leonardo da Vinci (1452-1519) a quien no es necesario presentar (ver para eso el muy buen libro editado por Andoni Iriondo y la Fundación Escuela de Ingenieros de Bilbao con motivo del Centenario de la citada Escuela.

Esa época se caracteriza en la formación de los ingenieros por el nacimiento de una literatura técnica especializada, con sus investigaciones y sus logros espectaculares (a partir de 1500), la evolución notable de los conocimientos en nuevos campos (minas, metalurgia, textil,...), la movilidad en la Formación de las personas (se va a estudiar en las grandes universidades europeas, lo que siglos después nos hemos propuesto hacer a través de los programas *Erasmus*).

Toda esa agitación intelectual va preparando el "*Siglo de las Luces*" (siglo XVIII) y la Enciclopedia. El ingeniero que termina este ciclo tiene una Formación generalista y humana que le capacita para trabajar en temas de Ingeniería muy diversos (civil, industrial, naval, minas, ...).

1.2.-La revolución industrial

A partir de 1750, se desarrolla desde Inglaterra una primera Revolución industrial: la Revolución de la Energía (1760-1850). En un primer tiempo, es el hecho de artesanos, inventores, aficionados en contacto con la ciencia y la tecnología. En un segundo tiempo, es el hecho de ingenieros y científicos. A partir de ese momento, se necesitarán profesionales con Formaciones específicas para responder a la demanda de la naciente industria francesa.

Así, aparecen las primeras Escuelas de Ingeniería en Francia que, desde el principio, son Instituciones independientes de la Universidad y que forman a los ingenieros según un sistema como el siguiente:

- Formación de ingenieros de distintas ramas: *Ponts et Chaussées* (1747- Ingeniería Civil), *Genie Militaire* (1748- Ingeniería Militar), *Mines*

de Paris (1778- Ingeniería de Minas), *Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers* (1780- Ingeniería Industrial), *Polytechnique* (1796- Ingeniería Militar), *Ecole Centrale des Arts et Manufactures de Paris* (1829- Ingeniería Industrial), ...

- Formación continua: *Conservatoire National d'Arts et Métiers* (1798),

- Formación de personal docente: *Ecole Normale Supérieure* (1795).

Este modelo es el que perdura hoy en día.

Esta primera Revolución será seguida por otras como la Revolución del Transporte (1890-1930), la Revolución del átomo (1940-1990) y la Economía global (1990-). La incidencia sobre la formación de ingenieros industriales se traduce por la aparición de nuevas asignaturas, la utilización de nuevas herramientas (como la Informática), el desarrollo de asignaturas existentes hacia un mayor contenido, la desaparición de otras asignaturas. La aportación de los ingenieros es importante: G. Eiffel y J. Dutheil (Teoría de estructuras metálicas), N. Esquillan (Teoría de estructuras de hormigón y hormigón armado), P. Angenieux (Óptica), E. Delahaye y L. Delage (Automoción), P. Bézier (Superficies paramétricas utilizadas en CAD/CAM)...

Hoy día, el contenido de la Formación en Ingeniería Industrial se divide en partes iguales en un primer bloque de asignaturas científicas, un segundo de asignaturas técnicas, y un tercero de asignaturas de Ciencias Humanas (idiomas, economía, administración de empresas, ...).

2. EL INGENIERO INDUSTRIAL EN FRANCIA

2.1. Definición

El ingeniero industrial es un ingeniero generalista capaz de diseñar productos o sistemas de producción

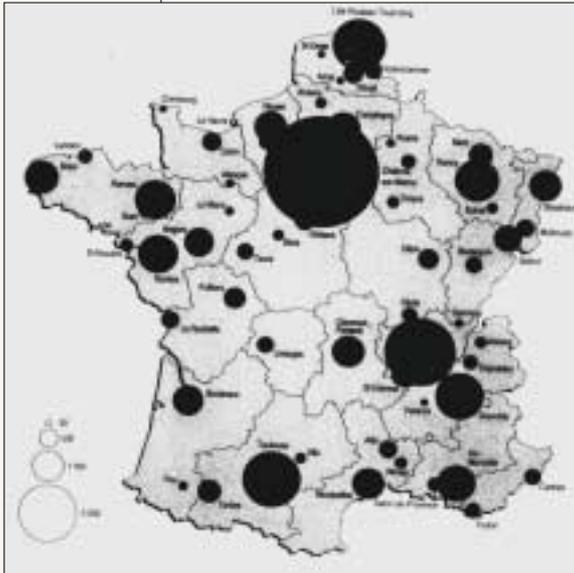
y de controlar, optimizar y mejorar esos sistemas.

Su perfil de generalista en Ingeniería de sistemas le permite ejercer su actividad en sectores tan diversos como los de la Mecánica, Electricidad, Automoción, Aeronáutica, Siderurgia, Ingeniería Civil, Informática, servicios, ...

Aprecian su competencia técnica, su adaptabilidad a las evoluciones tecnológicas, su polivalencia, y su aptitud para trabajar en equipo.

2.2. Las Escuelas

Actualmente, existen 250 Escuelas de ingenieros en Francia de las cuales unas 50 se dedican a Ingeniería Industrial. Se titulan unos 25.000 ingenieros de los cuales unos 8.000 son industriales. Las Escuelas de In-



Localización de las Escuelas de ingenieros en Francia

geniería Industrial más prestigiosas son:

- *L'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers* (ENSAM),
- *L'Ecole Centrale des Arts et Manufactures de Paris* (ECP),
- *Les autres Ecoles Centrales*: Lyon (ECL), Lille (ECLi) y Nantes (ECN),
- *Les Instituts Nationaux de Sciences Appliqués* (INSA) de Lyon, Rennes, Rouen y Toulouse,
- *L'Université Technologique de Compiègne* (UTC),
- ...

Se obtiene el título de Ingeniero tras cinco años de estudios en una Escuela habilitada por la Comisión del Título de Ingeniería (CTI) según un plan de estudios homologado. Ser ingeniero significa ejercer una profesión con un alto nivel de competencia técnica. La palabra "Ingeniero" no está protegida pero el título "Ingeniero titulado de (una determinada Escuela)" está controlado y protegido por ley.

Los establecimientos llamados "Grandes Escuelas" pueden dar el título de Ingeniero únicamente cuando la CTI les haya habilitado para hacerlo.

La carrera profesional de un Ingeniero titulado se orienta más hacia el *management*, así que un ingeniero se podría definir como un *Manager de industria*.

En la gestión de estas Escuelas coexisten dos estatutos jurídicos diferentes:

1.- Escuelas públicas de Ingeniería, controladas por el Gobierno a través de los Ministerios, y organizadas de manera independiente de las Universidades o no.

2.- Escuelas privadas controladas, por ejemplo, por las Cámaras de Comercio, ...

La homologación de las Escuelas (seis años) depende de la CTI (creada por ley en 1934 y dependiente del Ministerio de Educación). Está constituida con paridad de representantes del sector académico y del sector industrial, estudia los problemas relativos a la Formación de ingenieros, analiza las homologaciones de las Escuelas, averigua la buena ejecución de los programas autorizados de Ingeniería e interviene para preservar la calidad, y puede, a demanda de un gobierno, homologar una formación en Ingeniería de un país extranjero.

2.3. El modelo francés

La duración de los estudios es de cinco años distribuidos de la siguiente manera:

- Dos años de Clases Preparatorias (CPGE) y tres años en una Escuela de Ingeniería (50% del alumnado),
- Cinco años en una Escuela de Ingeniería (30%),

- Directamente los tres años en una Escuela de ingenieros para quienes tengan el título de Ingeniero Técnico o equivalente, o los dos últimos años en una Escuela de Ingenieros para quienes tengan la licenciatura o equivalente (20%).

Las características comunes de los estudios son:

- Una fuerte selección de los estudiantes (uno de cada cuatro entran en las clases preparatorias; uno de cada ocho a diez de los estudiantes de las clases preparatorias entra en una Escuela como la ENSAM),

- De 2.500 a 3.000 horas de docencia durante los tres últimos Cursos (unas 5.000 en total para los cinco años),

- Una vinculación fuerte con las empresas para complementos de Formación y prácticas,

- Una vinculación fuerte de la docencia con la investigación,

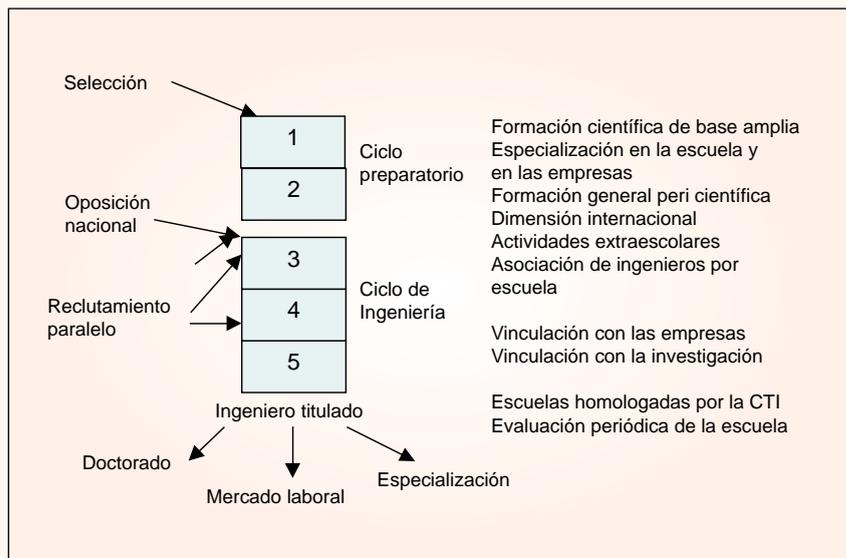
- Actividades extra-escolares de los estudiantes muy desarrolladas.

En las Escuelas de Ingeniería durante los tres años se desarrollan:

- Asignaturas científicas de base de interés general o específicas a la carrera (Física, Matemáticas, Informática, Química, Electrónica, diseño, ...),

- Asignaturas de base en idiomas, Economía y administración, en Comunicación, Recursos humanos, ...

- Asignaturas tecnológicas (hasta 50%) en laboratorios.



- Un proyecto final de carrera. En las empresas se hacen:

- Prácticas de tipo ejecutante, técnico e ingeniero,
- De dos a cuatro meses y hasta seis meses para la práctica como ingeniero,
- Ésta última trata del estudio de un problema industrial.

Una parte de los estudios o de las prácticas se puede hacer en el extranjero y se convalidan para la obtención del título.

3. EL INGENIERO INDUSTRIAL DEL TERCER MILENIO

De los estudios de prospectiva desarrollados últimamente para definir el perfil del Ingeniero Industrial

Esquema de los estudios de Ingeniería Industrial en Francia

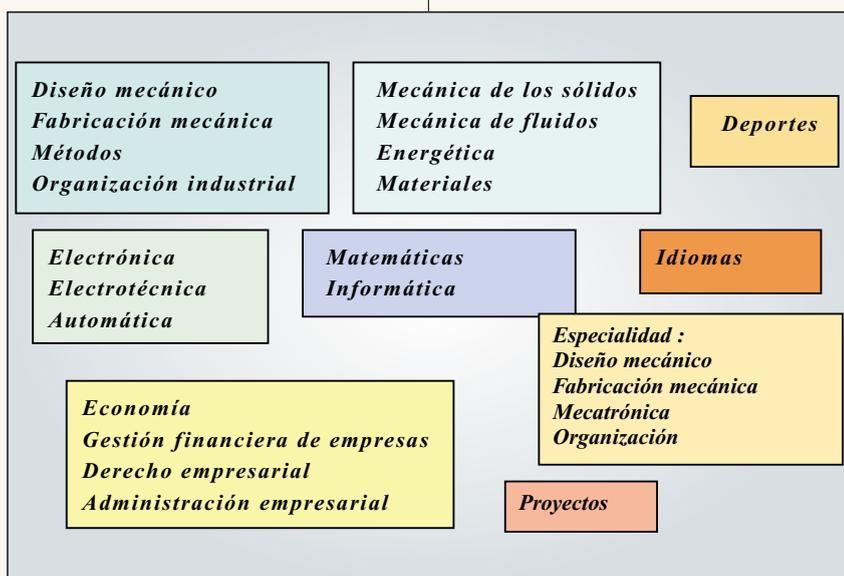
dentro de 15 a 20 años, destaca que este profesional tendrá que abordar cada vez más los problemas de una manera sistémica y no analítica al considerar el sistema en su globalidad y tratar de definir las leyes macroscópicas a las cuales obedece su comportamiento para determinar los parámetros influyentes y proceder por integración a niveles de complejidad creciente.

Tendrá que evolucionar también hacia un ingeniero industrial humanista:

- Con una educación científica amplia, al contacto de la investigación, una tolerancia activa a la escuela de los demás,
- Sabiendo escuchar, proponer y convencer.

Como complemento de esa Formación, tiene que aprender otros idiomas y culturas para poder comprender y respetar a los extranjeros con quienes trabajará.

Necesitará tener una cierta movilidad, gestionar su carrera y los periodos de Formación continua, e incluso ser capaz de desarrollar su propia actividad. ■



Principales grupos de asignaturas que se imparten en la ENSAM