

LAS CARRERAS DE INGENIERIA EN LOS ESTADOS UNIDOS

INTRODUCCIÓN

Hace apenas un siglo los Estados Unidos eran todavía un país eminentemente agrícola, cuyo potencial industrial, por lo demás concentrado en los seis Estados de Nueva Inglaterra y los de Nueva York y Pennsylvania era inferior, tanto cualitativamente como cuantitativamente, al de las grandes naciones industriales del otro lado del Atlántico. En efecto, en 1850, únicamente el 6 por 100 del potencial industrial norteamericano estaba mecanizado, mientras que el 79 y el 15 por 100 restantes dependían, respectivamente, del trabajo de los animales y del hombre. Por otra parte, las tres cuartas partes del país estaban integradas por tierras vírgenes o por regiones escasamente pobladas por un puñado de agricultores y aventureros.

A raíz de aquella fecha, sin embargo, los acontecimientos que han contribuido a convertir a Norteamérica en la mayor potencia industrial del mundo se sucedieron vertiginosamente. La gran República del Norte acababa de incorporarse, a raíz de su guerra con Méjico, los enormes y ricos territorios que se extienden desde Tejas a California y desde el Colorado al Río Grande, y, trece años después, la guerra de Secesión entre los Estados del Sur y del Norte aceleró la industrialización de los Estados comprendidos entre los Grandes Lagos y los ríos Ohío y Mississippi.

Terminada la guerra, en el año 1865, se intensificó la explotación de los grandes yacimientos de hierro y carbón de los Estados de Pennsylvania, Ohío e Illinois, y la gran corriente inmigratoria europea, así como la procedente de los Estados del Este, contribuyó a abrir a la civilización los extensos territorios comprendidos entre el río Mississippi y el Océano Pacífico, donde poco después se descubrieron los enormes yacimientos petrolíferos, riqueza que la invención y aplicación industrial del motor de explosión había revalorizado hasta límites insospechados.

Desde entonces la revolución industrial, que constituye la característica más señalada de la evolución histórica de los Estados Unidos, ha proseguido a pasos acelerados, de tal modo que, hoy en día, la situación es exactamente la inversa de la de 1850, pues las últimas estadísticas señalan que el 84 por 100 del trabajo realizado en la industria norteamericana está basado en medios mecánicos, mientras que tan sólo el 12 por 100 y 4 por 100 restantes corren a cargo de la energía animal y humana. En este desarrollo han influido decisivamente las dos grandes gue-

rras de este siglo y la actual situación del mundo, que exigieron que los Estados Unidos redoblasen su esfuerzo para conquistar la supremacía industrial y militar del orbe.

Como consecuencia de este estado de cosas, el ingeniero, o sea el hombre que con una formación científica fundamental orienta su actividad a la aplicación a fines industriales de la ciencia y de la tecnología, es, junto con el científico, el pilar primordial sobre el que descansa la organización económica de la gran República del Norte. Así, mientras que entre 1890 y 1950 la población de los Estados Unidos ha aumentado en un 250 por 100, el número de ingenieros ha saltado desde 25.000 hasta 400.000, o sea que el índice de crecimiento de los titulados en estas profesiones es más de seis veces mayor que el que registra el crecimiento total de la población. Tanto es así, que la profesión de ingeniero es la más nutrida de todas aquellas cuya formación tiene su sede en Universidades e Institutos tecnológicos del país. La proporción de obreros e ingenieros, que en 1900 era de 290 a 1, había disminuido a 80 a 1 en 1940, y en la actualidad se encuentra en las proximidades de 60 a 1. De estos 400.000 ingenieros, 300.000 están empleados en la industria; 60.000 en las fábricas e instalaciones, dependiendo de diversos organismos federales y estatales; 30.000 desempeñan cargos burocráticos en la Administración, y los 10.000 restantes figuran en el censo del profesorado de las Universidades e Institutos tecnológicos.

Es decir, que, como es lógico, el desarrollo industrial ha ido acompañado de otro paralelo en las carreras de ingeniería. Efectivamente, el gran número de estas carreras, que se cursan en Norteamérica en más de cien escuelas especializadas, ha aumentado a un ritmo acompasado al de la industrialización del país, desde que en 1828 se inauguraron, en el Instituto Politécnico de Rensselaer (Nueva York), los estudios de la carrera de Ingeniería civil, que es, por lo tanto, la decana de todas las especialidades tecnológicas de los Estados Unidos.

No obstante, el factor decisivo en el desarrollo de la enseñanza tecnológica superior norteamericana fué la ley Morrill de 1862 (Federal Land Grant Act), por la que se cedían terrenos y se otorgaban toda clase de facilidades, por parte del Gobierno, para la fundación y desarrollo de las Escuelas de Tecnología. De aquella fecha, o poco después, datan docenas de Centros superiores donde se concedía una preferencia indiscutible a los estudios de Ingeniería.

Hoy en día se cursan más de dos docenas de

especialidades en ciento y pico de Escuelas de Ingeniería, universitarias y de los Institutos tecnológicos, distribuidos por toda la extensión del país; especialidades en las que, en el año escolar 1949-50, estaban matriculados 185.971 estudiantes. De éstos, más del 75 por 100 cursaban una de las cuatro carreras de ingeniería mecánica, eléctrica, civil y química, que, numéricamente, son las más importantes. Aparte de estas cuatro especialidades existen las de industrial y general, que, aunque con designaciones distintas, según las Universidades en que se cursan, fundamentan su formación en una combinación de estudios básicos de ingeniería, ciencias económicas, administración de empresas y sociología; las de aeronáutica, navales, agrónomos, minas, textiles, cerámica, metalúrgica, geológica, del petróleo, de combustibles, de arquitectura o construcción (que únicamente varían en su denominación según los Centros donde se cursen) y sanitaria. En la Universidad de Illinois, exclusivamente, se cursan las tres especialidades de ingenieros mecánicos de ferrocarriles, ingenieros eléctricos de ferrocarriles e ingenieros civiles de ferrocarriles. Existe también una Facultad de mecánica ingenieril (*engineering-mechanics*), que, aun presentando una gran analogía con la ingeniería mecánica, se diferencia de esta última en que en ella se concede preferentemente atención a los estudios de las ciencias fundamentales, y, por último, la carrera de física ingenieril (*engineering-physics*), que puede considerarse como una especialidad de carácter intermedio entre los estudios de Física de las Facultades de Ciencia y los que cursan en las de ingeniería en la rama de mecánica.

INGRESO EN LAS CARRERAS DE INGENIERÍA

De todo ello se deduce la gran importancia y la enorme difusión de los estudios de Ingeniería en los Estados Unidos, para cursar los cuales es condición previa haber terminado los ocho y cuatro años, respectivamente, de enseñanza primaria y secundaria. Una vez en posesión de este último título, los candidatos a las Escuelas de Ingeniería de las Universidades e Institutos tecnológicos deben cumplir los requisitos exigidos para su ingreso, que varían, dentro de ciertos límites, algo entre sí.

Sin embargo, en términos generales, se exige, en primer lugar, que el candidato haya cursado con aprovechamiento sus estudios secundarios, y muy especialmente, con elevada puntuación, en las disciplinas de Lengua inglesa, Algebra, Geometría, Trigonometría plana y esférica, Física y Química. Por lo tanto, y como primera medida, todo candidato debe presentar, al solicitar su admisión en uno de estos Centros, el expediente de sus estudios secundarios. Si las autoridades del Centro estiman que dicho expediente es satisfactorio, el candidato verificará un examen que versa sobre Lengua inglesa, Física, Química y Matemáticas (Algebra, Geometría y Trigonometría), y, una vez superada la prueba, deberá concurrir

posteriormente a una serie de entrevistas personales con diversos miembros de la Facultad. Estas entrevistas tienen por objeto calibrar las aptitudes del estudiante y sentar las bases para su orientación científica de acuerdo con aquéllas y sus particulares aficiones.

Los estudiantes que hayan ingresado en una Universidad o Instituto tecnológico, y cursado satisfactoriamente sus estudios en una Escuela de Ingeniería, pueden ser admitidos al curso correspondiente de su carrera en otra cualquiera, sujetándose a ciertas condiciones, incluso la aprobación de un examen en determinadas materias, aunque éstas figurasen como ya aprobadas en su expediente universitario. Ninguno de estos Centros se atiene a normas rígidas, y la admisión del alumno está condicionada por su expediente, categoría científica de la Facultad técnica de que proceda, asignaturas que haya cursado, especialidad, etc. Teniendo en cuenta todos estos factores, la Facultad deniega la petición o la acepta, aunque generalmente a condición de la previa demostración de suficiencia en una o varias disciplinas.

Una vez aprobado el examen de ingreso, el alumno cursa los estudios correspondientes a los títulos de Licenciado (*bachelor, master* y *doctor*) en su respectiva especialidad. Hay que hacer constar que estos títulos tan sólo le permiten ejercer su carrera si han sido otorgados por un Centro de prestigio reconocido.

LAS ESCUELAS NORTEAMERICANAS DE INGENIERÍA

Ahora bien, ¿cuáles y cuántos son estos Centros de prestigio? Aún en los propios Estados Unidos reina bastante confusión en cuanto a la definición de lo que constituye la enseñanza superior, ya que Centros que están allí englobados en esta categoría nunca serían considerados como tales en Europa. De las 1.749 instituciones norteamericanas registradas como Centros de enseñanza superior, únicamente en 96 se había concedido el título de doctor en alguna o algunas de las especialidades de Ciencias, Ingeniería o Humanidades durante el período comprendido entre 1939 y 1949. En 557 se pueden cursar tan sólo los estudios correspondientes al *Bachelor's Degree*, equivalente a nuestra licenciatura, o al de *master*, que constituye un grado intermedio entre el de licenciado y doctor; mientras que en 468 (los llamados *junior Colleges*) los estudios se limitan exclusivamente a los dos primeros años de los cuatro de que consta el período para la obtención de la licenciatura en cualquier especialidad. En esta cifra están incluidos también 101 Centros Superiores para personas de la raza negra, y 287 Escuelas técnicas y profesionales, comprendidas entre la categoría de los Institutos tecnológicos superiores y la de los Centros de enseñanza de capacitación profesional (tecnología, comercio, artes manuales, enfermeras, etc.).

Por lo tanto, en lo que al estudio de la Ingeniería se refiere, y lo mismo puede decirse de los es-

tudios de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales, la Enseñanza Superior norteamericana se divide en dos períodos bien definidos. El primero consta de un período de cuatro años, que culmina en la concesión de *Bachelor's Degree*, y el segundo, que abarca un período de tres a cuatro años de estudios en las "Graduate Schools" de las Universidades e Institutos tecnológicos, que conceden el título de doctor en alguna o algunas de estas especialidades científicas o tecnológicas. Sin embargo, en esta fase final, al cabo de uno o dos años de estudios, el estudiante puede optar por dar fin a sus estudios superiores una vez en posesión del título intermedio de *master*.

Únicamente aquellos Centros que conceden los títulos de licenciados *master* o doctor pueden revestir algún interés en lo que al estudio de las carreras de Ingeniería en los Estados Unidos se refiere. Los *junior Colleges* limitan sus estudios a una preparación superficial en el campo de las Humanidades o de la Ciencia, preparación que puede considerarse como mero complemento a ampliación de los estudios cursados durante el período de la enseñanza secundaria.

En líneas generales, pues, el poseedor del título equivalente al de nuestro bachiller que desee cursar una carrera de Ingeniería ingresa en alguno de los ciento treinta y dos Centros donde se pueden cursar los correspondientes estudios de la licenciatura. Conviene señalar aquí que tanto los Centros donde se cursa el doctorado, como aquellos en que únicamente conceden el título de licenciado, constan fundamentalmente de un núcleo central denominado "College of Liberal Arts", "College of Arts and Science" o "College of Literature, Science and Arts", denominado familiarmente "The College", donde se cursan los estudios de la licenciatura en ciencias exactas, físicas, químicas, naturales y económicas, humanidades y comercio, en todas o algunas de sus especialidades, y el denominado "College of Engineering", "School of Architecture", "College of Engineering and Architecture" o "School of Engineering", donde se cursan los estudios de las licenciaturas en Ingeniería y Arquitectura. Las Universidades y ciertos Institutos tecnológicos poseen, además, la "Graduate School", donde se cursan los estudios del doctorado o *mastership*. En ellas, el "College" y las Escuelas de Ingeniería se engloban bajo el nombre genérico de "Undergraduate Schools". En los "Colleges" cursan sus estudios preliminares los médicos, farmacéuticos y abogados, que forzosamente tienen que completar su formación profesional durante un período de cuatro años en las secciones de la "Graduate School", denominadas "Medical School", "Law School" y "School of Pharmacy", respectivamente.

Por ello, tanto los estudiantes de Medicina, Farmacia y Leyes, como los de Ciencias, Ingeniería y Humanidades, que deseen cursar estudios superiores en las "Graduate Schools", pueden, o ingresar directamente en la "Undergraduate Schools" correspondiente a una Universidad que posea este Centro de estudios de la poslicenciatura, o hacerlo en cualquier "College" o Escuela de Ingeniería que únicamente ofrezca el curso co-

rrespondiente al título de licenciado, a la obtención del cual deberán solicitar su ingreso en la "Graduate School" de una Universidad o Instituto tecnológico.

En los Institutos tecnológicos, a diferencia de las Universidades, toda actividad está orientada hacia la enseñanza técnicocientífica, ya que, a pesar de su denominación, las carreras de las ciencias puras están equiparadas y desempeñan un papel en nada inferior a los estudios tecnológicos propiamente dichos. Sin embargo, dentro de este campo limitado del saber, su organización es análoga a la de las Universidades. Existen Institutos tecnológicos en que únicamente se cursan los estudios correspondientes a la licenciatura en una o varias especialidades de la ciencia y de la técnica, mientras que en otros se ofrecen los estudios correspondientes a los grados superiores de *master* o doctor. En las "Graduate Schools", en los Centros que las poseen, pueden ingresar no sólo los licenciados del propio Instituto o Universidad, sino también los procedentes de otros Institutos o de las "Undergraduate Schools" de las Universidades o de aquellos "Colleges" donde no se cursan los estudios correspondientes al doctorado o al título de *master*.

De lo dicho, pues, se observa que existe una gran disparidad entre aquellos Centros catalogados bajo el epígrafe común de Enseñanza Superior, no sólo en cuanto a la categoría científica o humanística de sus estudios, sino también en lo que se refiere a su organización y características. Existen los "Junior Colleges", los "Colleges" las Universidades y los Institutos tecnológicos. Algunos están controlados por las autoridades de los diversos Estados de la Unión; otros, la mayoría, son Centros privados regentados por Consejos de Administración propios, o están controlados por diversas instituciones religiosas. Existen Centros coeducacionales, otros exclusivamente para hombres o exclusivamente para mujeres; Centros donde únicamente se cursan los estudios de las humanidades y de las ciencias fundamentales, y Centros donde se concede preferencia al estudio de la ciencia aplicada.

El Gobierno federal no ejerce ningún control sobre el establecimiento de estos Centros superiores o sobre su funcionamiento, excluyendo el Distrito de Columbia, las Academias Militares y Navales de West Point y Annapolis y la Academia de Guardacostas de New London. La actitud adoptada por los diversos Estados de la Unión difiere, también, radicalmente en lo que se refiere al control de la Enseñanza Superior. En algunos Estados, como el de Nueva York, se exige, para la creación de una nueva Universidad, "College" o "Junior College", que el nuevo Centro se ajuste a unos requisitos muy estrictos en lo referente a programa de enseñanza, categoría del profesorado, edificios, laboratorios, alojamientos de los estudiantes, etc. En muchos Estados, sin embargo, no se ejerce ningún control sobre la Enseñanza Superior, y, mediante el mero cumplimiento de los requisitos exigidos por la Hacienda, se puede crear una Universidad o "College" facultado para conceder toda clase de títulos académicos.

Debido al fracaso o desgana de muchos Estados de emprender los pasos conducentes a garantizar la calidad de la enseñanza que se cursa en sus Centros superiores, las más grandes y prestigiosas Universidades del país, como Harvard, Yale, Princeton, Columbia, California, Chicago, Illinois, Pennsylvania, etc., y los principales Institutos tecnológicos, como Carnegie, California, Drexel, Georgia, Massachusetts, etc., han recurrido a la formación de Asociaciones de Universidades destinadas a velar por la pureza y la seriedad de la Enseñanza Superior en todos los campos de las ciencias, de la tecnología y de las humanidades. Estas Asociaciones únicamente permiten el intercambio estudiantil entre sus miembros constituyentes o entre éstos y aquellos Centros de enseñanza cuyos programas de estudios estén conceptuados como de categoría equivalente.

Existe una Asociación nacional principal, la "Association of American Universities", integrada por treinta y dos "Graduate Schools" de los Estados Unidos y dos del Canadá, y las cinco Asociaciones regionales siguientes: la "North Central Association of Colleges and Secondary Schools", la "Middle States Association of Colleges and Secondary Schools", la "New England Association of Colleges and Secondary Schools", la "Southern Association of Colleges and Secondary Schools" y la "Northwest Association of Secondary and Higher Schools". Estas cinco Asociaciones regionales abarcan todos los Estados de la Unión, menos California, donde la misión que desempeñan está confiada al Consejo Estatal de Educación. Estas organizaciones poseen datos muy completos de aquellos Centros de enseñanza secundaria y superior cuya categoría se considera plenamente satisfactoria. Los graduados de las escuelas secundarias así catalogadas tienen preferencia para ingresar en los Centros de enseñanza superior, y únicamente los graduados de estos últimos pueden ejercer la función docente en las escuelas que son miembros o están reconocidos por dichas Asociaciones.

Todas estas Asociaciones funcionan basándose en normas o criterios a las que debe ajustarse cualquier institución de enseñanza superior antes de ser aceptada como miembro reconocido por ellas. En 1923, el Consejo Americano de Educación ("American Council of Education"), a través de su Comisión de Normas ("Committee of Standards"), adoptó y recomendó a las varias Asociaciones regionales las ocho normas fundamentales que deberían observarse en la valoración de la categoría docente de un "College" o Universidad. Estas normas regulan los requisitos mínimos en cuanto a los siguientes puntos: admisión de estudiantes; concesión de títulos; calidad y cantidad del profesorado; requisitos de ingreso; edificios e instalaciones; escuelas preparatorias, y sistemas de enseñanza e inspección.

Aunque el sistema no ha dejado de ser objeto de algunas críticas que lo tachaban de demasiado rígido, en líneas generales las Asociaciones, así como las normas a que se ajustan, han ejercido una enorme y beneficiosa influencia en mejorar la calidad de la enseñanza superior en los Estados Unidos. Han estimulado hasta límites insospecha-

dos la financiación de este tipo de enseñanza, y han conseguido mejorar la calidad del profesorado, así como la de los estudiantes, a la vez que han permitido que cada Centro gozará de un amplio grado de libertad en el desarrollo de sus programas y métodos de enseñanza.

Hoy en día existen en los Estados Unidos un total de 562 Departamentos de Ingeniería, repartidos entre las 132 escuelas especializadas de otras tantas Universidades, "Colleges" o Institutos tecnológicos, donde se puede cursar la licenciatura correspondiente a alguna o algunas de las 22 ó 23 especialidades de Ingeniería. En un número muy reducido de "Colleges" e Institutos, el número de especialidades se limita a una o a dos; mientras que en los principales Institutos tecnológicos y Universidades, tales como M. I. T., Carnegie I. T., California I. T., Illinois I. T., Columbia, Pennsylvania State, Illinois, Harvard, etc., el número de carreras de Ingeniería que se ofrece a los estudiantes asciende a 10, 11, incluso 12. Sin embargo, en la inmensa mayoría de estos Centros los estudios se limitan, por lo general, a las carreras de Ingeniería mecánica, civil, eléctrica, química y, a veces, a una o dos especialidades más.

En cuanto a su distribución por especialidades, en 1949 existían en el país los siguientes Departamentos de Ingeniería: 118 de Ingeniería eléctrica; 117 de Ingeniería civil; 114 de Ingeniería mecánica; 63 de Ingeniería química; 32 de Ingeniería metalúrgica; 30 de Ingeniería de minas; 15 de Ingeniería de petróleo; 15 de Ingeniería aeronáutica; 14 de Ingeniería arquitectónica; 14 de Ingeniería industrial; 10 de Ingeniería de cerámica; 10 de Ingeniería general; 4 de Ingeniería sanitaria; 3 de Ingeniería naval; 3 de Ingeniería geológica; 3 de Ingeniería agronómica; 2 de Ingeniería de transportes, y uno de cada una de las especialidades de Ingeniería de construcción, Ingeniería de comunicaciones, Ingeniería mecánica de ferrocarriles, Ingeniería civil de ferrocarriles e Ingeniería eléctrica de ferrocarriles, además de las de física ingenieril y mecánica ingenieril.

Todos estos departamentos están reconocidos por la Comisión de Escuelas de Ingeniería del Consejo de Ingenieros ("Engineer's Council"), Comisión que tiene la misión de examinar la categoría de estas Escuelas desde los puntos de vista cualitativo y cuantitativo, y dictaminar si procede a considerarlas como de indiscutible solvencia en todo lo concerniente a la enseñanza de las disciplinas tecnológicas. El Consejo de Ingenieros está integrado por las siguientes Agrupaciones profesionales: "American Society of Civil Engineers", "American Institute of Mining and Metallurgical Engineers", "American Society of Mechanical Engineers", "American Institute of Electrical Engineers", "American Institute of Chemical Engineers", la Sociedad Americana para la Enseñanza de la Ingeniería, el Consejo Nacional de los Consejos Estatales de Examinadores de Ingeniería y el Instituto de Ingeniería del Canadá.

Como las especialidades de Ingeniería de ferrocarriles, en sus tres ramas (de Ingeniería sanitaria e Ingeniería arquitectónica y de la construcción), están integradas en la "American Society of Civil Engineers", el "Council" representa al

90 por 100 de los ingenieros norteamericanos. Además, en estas cuestiones, cuenta con el apoyo de las otras Asociaciones profesionales de ingenieros que no forman parte de él.

En la valoración de la función docente de los 562 Departamentos de Ingeniería reconocidos, valoración que se efectúa periódicamente, la mencionada Comisión procede tanto desde el punto de vista cualitativo como del cuantitativo. Cualitativamente se tienen en cuenta los siguientes factores: 1), títulos, experiencia profesional docente, intereses intelectuales, méritos y productividad profesional de los miembros integrantes del claustro de profesores; 2), nivel y calidad de la instrucción en los Departamentos de Ingeniería, así como en aquellos otros Departamentos científicos y no científicos a los cuales necesitan recurrir para su formación los estudiantes de Ingeniería; 3), labor escolar de los estudiantes; 4), actividades y méritos contraídos en el ejercicio de su profesión o en los estudios del doctorado por los licenciados, *masters* y doctores en Ingeniería de sus Departamentos; y 5), posición adoptada por las autoridades del Centro respecto a sus Departamentos de Ingeniería y a la misión docente de investigación.

Cuantitativamente se consideran los siguientes puntos: 1), control y organización del Centro y de sus Departamentos de Ingeniería; 2), estudios que se cursan y grados conferidos; 3), tiempo del que data la creación del Centro y de cada una de las carreras en la Escuela de Ingeniería del mismo; 4), requisitos para el ingreso; 5), número de estudiantes enrolados en cada uno de los Departamentos de Ingeniería y en la Escuela; 6), requisitos para la obtención del *Bachelor's Degree*; 7), cifra total del profesorado y proporción de profesores a alumnos; 8), edificios e instalaciones dedicados a la enseñanza de Ingeniería; y 9), situación económica del Centro.

Las Sociedades profesionales de Ingeniería, que están integradas o cooperan con el "Engineers Council", únicamente admiten en su seno a los graduados de los Centros por ella reconocidos, y lo mismo puede decirse de la industria. Por lo tanto, para ejercer la profesión de ingeniero en la industria, en las organizaciones del Estado o como profesor en las Escuelas de Ingeniería, es indispensable ingresar y cursar la licenciatura en alguno de los Departamentos de las Escuelas reconocidas por el "Engineers Council".

Esta reglamentación, que podríamos llamar extraoficial, ha tenido como consecuencia inmediata que tanto los requisitos para el ingreso, como los programas de estudio en las Escuelas de Ingeniería de los "Colleges", Universidades e Institutos tecnológicos, se ajusten a un patrón común, que, no obstante, está dotado de cierta flexibilidad.

PLANES DE ESTUDIO

La brevedad de este trabajo, aparejada al hecho de la enorme difusión de la enseñanza de Ingeniería en los Estados Unidos, sólo nos permite ofrecer una idea muy general de los estudios de Ingeniería en aquel país, bosquejando muy a la ligera

los planes de estudios de tres Centros, cuya bien merecida fama ha rebasado las fronteras norteamericanas para alcanzar un indiscutible prestigio internacional. Esto no quiere decir, ni mucho menos, que no existan en el país unas treinta o cuarenta Universidades cuyas Escuelas de Ingeniería no tengan nada que envidiar en absoluto, tanto en lo que se refiere a los estudios de la licenciatura como a los del doctorado, a las Escuelas de Ingeniería de estos tres Centros, que son: el "Massachusetts Institute of Technology" (Cambridge, Massachusetts), el "California Institute of Technology", en Pasadena (California), y el "Carnegie Institute of Technology", de Pittsburgh (Pennsylvania).

Sin embargo, el hecho, antes apuntado, de orientar toda su actividad hacia las disciplinas técnico-científicas nos ha movido a tomarlos como exponentes a la educación tecnológica superior norteamericana. Los siguientes datos reflejan con toda claridad su importancia científica. El "California Institute of Technology" contaba, en el curso 1948-49, con un censo estudiantil total de 2.000 estudiantes, de los cuales 1.400 cursaban los estudios de la licenciatura y 600 los correspondientes a los grados de *master* y de doctor. El número de profesores, aparte de unos 250 a 300 ayudantes, ascendía, en aquella misma fecha, a 265, entre los cuales merecen mención especial a los premios Nóbel de Física y Química: profesores Robert Andrews Millikan y Linus Pauling. El sabio jesuita español Padre Antonio Due Rojo, director del Observatorio de la Cartuja de Granada, desempeñó hace poco la cátedra de Seismología. El M. L. T contaba en el mismo año con un censo total de 3.400 estudiantes (1.000 cursaban el doctorado), 500 profesores y más de 500 ayudantes. Su presidente es el físico Karl T. Compton, mundialmente conocido. El censo del "Carnegie Institute of Technology" ascendía, durante ese mismo curso de 1948-49, a 200 profesores, 150 ayudantes y un cuerpo estudiantil total de 1.200. La mitad, aproximadamente, del censo de estos Institutos cursaban las distintas especialidades de Ingeniería.

Ahora bien, el 90 por 100, aproximadamente, de licenciados norteamericanos en Ingeniería optan por concluir su formación científica y tecnológica una vez en posesión del título respectivo, y únicamente el 10 por 100 restante prosigue sus estudios en las llamadas "Graduate Schools", donde, después de un programa combinado de estudios e investigación durante dos a cuatro semestres, obtienen el título de *master*, o el de doctor después de un período de tres a cuatro años. Las tres cuartas partes de los alumnos de las "Graduate Schools" ponen punto final a su formación universitaria al obtener el título de *master*.

La "Graduate School" constituye, pues, el signo distintivo de las Universidades norteamericanas y de ciertos Institutos tecnológicos, ya que únicamente en estos Centros se conceden los títulos superiores al de licenciado. Esto no quiere decir que todas las grandes Escuelas de Ingeniería concedan el título de doctor, ya que en muchas de ellas el título máximo que se otorga es el inmediato inferior a *master*, mientras que en otras el doctorado se concede tan sólo en algunas especia-

lidades de Ingeniería que se cursan en la Escuela, siendo muy pocas aquellas en que los estudios de todas las especialidades que se cursan en los distintos Departamentos de la Escuela de Ingeniería culminan en el doctorado. Aunque hoy son muchos los Institutos tecnológicos y Universidades en que se pueden cursar estos estudios, el desarrollo de este tipo de enseñanza no se inició hasta 1876, siendo la Universidad de Johns Hopkins la primera en adoptarla. A continuación de esta Universidad, los principales Centros superiores los Estados Unidos la aceptaron uno a continuación de otro. En líneas generales, el programa de estas "Graduate Schools" está basado sobre el sistema alemán, ya que precisamente en Alemania y Suiza se habían formado los profesores más brillantes de la última mitad del siglo pasado y de los primeros años del nuestro; profesores que tanta influencia ejercieron en la adopción de esta nueva orientación de la enseñanza superior en los Estados Unidos.

La diferencia de los métodos empleados en las "Undergraduate" y "Graduate Schools" es sorprendente, pues mientras que en aquéllas impera el libro de texto, la rutina y la asistencia obligatoria a clase, estas últimas se distinguen por la libertad académica de los alumnos, que gozan de una extraordinaria independencia en lo referente a la selección de aquellas disciplinas científicas y tecnológicas que la Escuela les ofrece, así como por la extraordinaria importancia y la cantidad considerable de tiempo que el alumno ha de conceder a la investigación fundamental y aplicada.

LOS ESTUDIOS DE LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA

Los estudios de la Licenciatura en Ingeniería civil (construcción), mecánica y eléctrica, comunes a los tres Institutos, están organizados con vistas a una formación básica, presentando en los programas el mínimo de especialización. Comprenden una formación muy completa en las ciencias básicas de Química, Física y Matemáticas, y un cierto número de asignaturas humanísticas y científicas de tipo general. Hasta el segundo año de carrera inclusive, los estudiantes de estas tres especialidades se ajustan al mismo plan de estudios, que, además de las ciencias básicas mencionadas, incluye las asignaturas de Topografía, Mecánica, Resistencia de Materiales, Corrientes Directas y Alternas e Hidráulica.

En el tercer año de la Licenciatura se inician los estudios especializados en cada una de las especialidades. Carreteras y Aeródromos, Organización Industrial, Ingeniería de Transportes, Teoría de las Estructuras, Hormigón Armado, Resistencia de Materiales, Hidráulica y Topografía son asignaturas distintivas de la Licenciatura de ingeniero civil. Termodinámica, Ingeniería Eléctrica, Motores Eléctricos, Electricidad y Magnetismo, Circuitos Eléctricos y Medidas Eléctricas figuran entre las asignaturas fundamentales de los dos últimos años de la carrera de ingeniero eléctrico. En la especialidad de Ingeniería Mecánica

se cursan Mecánica Aplicada (Resistencia de Materiales, Dinámica), Termodinámica y Mecánica de los Flúidos, Diseño de Máquinas, Metalurgia, Termodinámica e Hidráulica. Los estudios humanísticos y de cultura general (Economía, Literatura, Historia, Idiomas, Derecho Industrial, etc.) se cursan también a lo largo de estos dos últimos años. En Massachussets, en el último año de los estudios de Ingeniería eléctrica el estudiante puede decidirse por una formación de tipo general o por la especialización en Electrónica, Telecomunicación o Energía Eléctrica.

En el mismo Centro, el cuarto año de la carrera de ingeniero mecánico está dedicado a la especialización en Ingeniería general, Ingeniería automovilística o Ingeniería mecánica general. También puede cursarse allí la carrera de Ingeniería general, que no se ajusta a un programa predominado, sino que permite al alumno, asesorado por sus profesores, seleccionar aquellos temas que le permitan adquirir una formación básica en especialidades bien definidas, como son las industrias cerámica, textil, de los colorantes, etc., y procesos generales de fabricación.

El M. I. T. ofrece, asimismo, cuatro años de estudios en la especialidad de Ingeniería de la Construcción. El curso es muy similar al de ingeniero civil, pero limitándose estrictamente a los problemas relacionados con la construcción de edificios y estructuras, y se subdivide, en el último año, en las especialidades de Construcciones Ligeras y Construcciones Pesadas.

Los estudios de la Licenciatura en Ingeniería Química (en California sólo existe el doctorado de la especialidad, ya que los estudios correspondientes de la Licenciatura se denominan de Química Aplicada) son, durante los tres últimos primeros años, casi idénticos a los de la Licenciatura en Química, con menos trabajo de laboratorio, e iniciando al alumno en las generalidades de la Ingeniería (Resistencia de Materiales, Termodinámica). El último año acentúa el aspecto industrial de la especialidad, profundizándose los conocimientos ya adquiridos en Mecánica y Electricidad.

Los estudios de Metalurgia, que se pueden cursar en el "Carnegie" y el M. I. T., ofrecen al estudiante una formación básica en todo aquello relacionado con la preparación de minerales, purificación de metales y la obtención y empleo de aleaciones. En Massachussets la carrera se divide en las especialidades de Metalurgia y Preparación de Minerales. Esta última estudia, principalmente, la preparación física, química y mecánica de los minerales, combustibles sólidos, materias primas empleadas en cerámica y otros minerales no metálicos. Los estudios de Metalurgia abarcan la metalurgia férrea y no férrea.

En ambos Institutos se cursan también los estudios que podrían titularse de Ingeniería de la Producción, denominados "Business and Engineering Administration" en M. I. T., y "Management Engineering" en "Carnegie". Estos cursos tienen por objeto preparar los técnicos industriales de Administración. Los dos primeros años apenas se diferencian de los demás cursos de Ingeniería; pero en el tercero y cuarto se introducen en el plan de estudios temas especiales de Organización y Admi-

nistración de Empresas Industriales, Estadística, Economía y Contabilidad de Empresas. En el M. I. T., el estudiante matriculado en este curso de Ingeniería de la Producción puede optar por especializarse en temas de Ingeniería basados ya en las ciencias físicas, ya en las químicas.

El "Carnegie" ofrece también la Licenciatura en Imprenta y Grabado, después de concluido el curso normal de cuatro años. Asignaturas típicas de la carrera, aparte de las fundamentales que se cursan en las demás especialidades tecnológicas, son Tipografía, Economía, Composición de Tipos, Impresión, Hecograbado, Publicidad Fotolitografía y Administración de Empresas.

Muy semejante a estos cursos es el denominado de Economía e Ingeniería, cuyos estudios se cursan en el M. I. T. El curso ofrece estudios generales de Ingeniería Mecánica, Eléctrica o Química, completados por los de Economía, Psicología Industrial, Racionalización del Trabajo, Contabilidad, Economía y Administración de Empresas. El alumno puede optar por la Licenciatura en las especialidades de Relaciones Humanas o Economía Industrial.

Además de todos los cursos mencionados, el Instituto de Massachusetts otorga los grados de licenciado en Ingeniería Naval. Durante los dos primeros años estos estudios se limitan a las asignaturas fundamentales de Física, Química, Matemáticas, Humanidades e introducción a la Técnica de la Construcción Naval. Los dos últimos años están dedicados a proyecto y construcción de buques, Ingeniería Mecánica y el estudio de materias afines, tales como Mecánica Aplicada y de los Flúidos, Ingeniería Eléctrica y Termotecnia. El curso culmina en el título de licenciado en "Construcción Naval e Ingeniería Marina".

Massachusetts ofrece también un curso de cuatro años denominado de Transporte Marítimo. Los estudios para la Licenciatura en esta materia, análogamente a lo que ocurre en la Licenciatura en "Economics and Engineering", ofrecen un programa complementario de estudios de construcción naval y temas económicos y administrativos (Seguros, Fletes, Aduanas, Hacienda, Contabilidad, etcétera, que preparan al estudiante para cargos de responsabilidad en las zonas portuarias y en las Compañías de navegación.

En este mismo Instituto y en el de California pueden cursarse los estudios de Ingeniería Aero-náutica. En California se otorgan únicamente los títulos de *master* o doctor en esta especialidad (a la que pueden concurrir ingenieros licenciados en Ciencias Físicas y Matemáticas, cualquier licenciado que durante su carrera hubiese cursado con intensidad los estudios de Física y Matemáticas). En M. I. T. se concede también el título de licenciado en la especialidad después del curso normal de cuatro años. Los tres primeros están exclusivamente dedicados a las ciencias básicas. En el cuarto año estudian, entre otros temas, Diseño de Aeronaves, Estabilidad, Estructuras, Aerodinámica, Instrumental, Hélices, Ingeniería Eléctrica, etcétera. Algunas de estas asignaturas son obligatorias, y otras electivas.

Los estudios de Arquitectura y Planificación ur-

baña se pueden cursar también en el M. I. T., durante cuatro años, para la obtención del título de licenciado en estas especialidades.

EL DOCTORADO EN INGENIERÍA

Los requisitos para la obtención del título de doctor en cada una de las especialidades tecnológicas son idénticos a los exigidos en el doctorado de Ciencias. Los trabajos de investigación y preparación de la tesis se coordinan con el estudio de un número de temas de la especialidad elegida por el candidato entre varios grupos de asignaturas, de cada uno de los cuales forzosamente ha de seleccionar una o más. El alumno debe aprobar, además, varias asignaturas de tipo científico y tecnológico que no caen exactamente dentro de la especialidad en que se doctora.

Sólo los licenciados en las diversas especialidades ya descritas, que hayan cursado los estudios de la Licenciatura con elevada puntuación, pueden optar por el título de doctor, o después de dos años de estudios, por el de categoría inferior de *master*. Aparte de estas especialidades, en California los licenciados en Ciencias o Ingeniería que reúnan ciertas condiciones de preparación durante los estudios de la Licenciatura, o se sometan a un previo examen de las mismas, pueden optar por el título de doctor en la Técnica de Propulsión a Reacción.

Una vez terminados los estudios de la Licenciatura o el Doctorado, los Servicios de Colocación de los Institutos colaboran con los graduados en la tarea de situarlos en un puesto académico o industrial. Aquellos doctores o *masters* que sean merecedores de ello pueden ser designados para realizar actividades de investigadores docentes en las Escuelas de Ciencias o Ingeniería de los Institutos. En muchos casos los trabajos de investigación están subvencionados por fondos privados o por la industria.

Este breve resumen no intenta abarcar en toda su extensión la enseñanza científica y tecnológica superior en los Estados Unidos. Existen, aparte de las Facultades universitarias y de los ya citados, otros importantes Institutos tecnológicos, como el de "Georgia Institute of Technology" (Atlanta, Georgia), el "Drexel Institute", de Filadelfia, y el "Rensselaer Polytechnic" (Troy, Nueva York), por citar tres de los más conocidos. La Ingeniería de Minas se cursa en las "Schools of Mines" estatales y en algunas Universidades, mientras que la Agronomía se estudia en ciertas Escuelas de Ingeniería universitarias, y es la materia fundamental en los llamados "Agricultural and Mechanical Colleges". No obstante, los tres Institutos reseñados reflejan claramente la importancia que estos estudios se atribuye en los Estados Unidos, y los enormes avances registrados por la enseñanza norteamericana en el dilatado campo de la ciencia y la tecnología.