

**ESTUDIOS
18**

**LA FORMACIÓN DEL
INGENIERO PROFESIONAL
PARA EL TIEMPO ACTUAL
TESIS DE LAS INGENIERÍAS DE BASE**

Marcelo Antonio Sobrevila



ACADEMIA NACIONAL DE EDUCACIÓN

ADVERTENCIA AL LECTOR

Este volumen de la serie Estudios se basa en el trabajo presentado por el académico Marcelo Antonio Sobrevila al 4º Congreso de Políticas de la Ingeniería, organizado por el Centro Argentino de Ingenieros y celebrado en Buenos Aires en diciembre de 1998. El trabajo original, que mereció el Primer Premio y Diploma de Honor para el área Enseñanza de la Ingeniería, se tituló «Tesis de las ingenierías de base». Para esta edición, al autor añadió un capítulo nuevo y también introdujo varios agregados en el texto premiado, pero conservando el lineamiento general dado al escrito primero.

PRÓLOGO

Un hombre que expresa ideas muy claras respecto de formas de actuar tradicionales, haciendo notar que están equivocadas, es un valiente. Si esas formas de actuar tradicionales y equivocadas están enquistadas, por razones ajenas a la excelencia de los resultados que deberían buscarse, es muy valiente y además presta un servicio importante a su país.

Tradicionalmente se enseña mal la ingeniería en nuestro país, con métodos que tal vez podrían haber sido aceptados el siglo pasado cuando la meta era formar *ingenieros científicos* para actuar profesionalmente. Hoy la situación es diferente y ya está claro que puede haber *ingenieros científicos* e *ingenieros profesionales*, con objetivos bien diferentes.

Sobrevila se refiere a la formación de *ingenieros profesionales* para lo cual, con lenguaje claro, debe afrontar algunos temas fundamentales, tales como:

- Ciencia e ingeniería, objetivos de cada una.
- Ingeniero profesional e ingeniero científico.
- Cómo se forma un ingeniero profesional.
- Posición, importancia y falta de protagonismo de la ingeniería hoy, justamente cuando estamos viviendo la *edad de la ingeniería*, como bien llama Sobrevila a nuestros días.

- La ingeniería es cultura y debe reconocerse como tal.
- La ingeniería genera temas de investigación para la ciencia.

No falta en este valioso trabajo el tratamiento de la organización de la enseñanza, incluyendo «currículos» y formas de gobierno de las facultades y universidades. También aparecen las ideas sobre la investigación, la tecnología y la técnica (esta última es la ingeniería).

El lenguaje es claro, las citas oportunas y el buen sentido y el humor campean a lo largo del texto, que una vez comenzado a leer es difícil de abandonar, pero que, terminado, requiere volver sobre él para pensar cómo llevarlo a la práctica, de acuerdo con el deseo que uno siente fuertemente al terminar su lectura.

Arturo Bignoli
Presidente de la
Academia Nacional de Ingeniería

*No hay nación grande,
si su educación no es buena.*
José Ortega y Gasset

PREFACIO DEL AUTOR

*Confieso que soy un vicioso de la educación,
y un sobreviviente del sistema educativo.*

Luego de este pensamiento tan particular para el inicio, nos debemos apresurar a declarar que el presente ensayo sobre la formación de los ingenieros está directamente dirigido a las universidades de nuestro país, por las que sentimos un respeto absoluto; a nuestros queridos colegas educadores, a quienes entendemos en sus problemas y acompañamos en su sentir; y a todos los ingenieros profesionales argentinos que, silenciosamente, nos proporcionan lo que la vida moderna requiere en una sociedad desarrollada.

Pero nuestro paso en los últimos años por varios lugares del mundo muy desarrollado —tecnológicamente hablando— nos ha permitido apreciar que muchas de las tribulaciones aquí expuestas tienen una validez que va más allá de las fronteras de la Argentina. No somos, entonces, los argentinos los únicos depositarios de las inquietudes que aquí vamos a exponer. Son hechos naturales de nuestro tiempo y como tales los tomamos.

Puntualizando un poco más, es necesario declarar, de antemano, lo que sigue:

- Muchas de las reflexiones y afirmaciones de este ensayo deben estar amparadas por una prudente provisoriedad. Son simples etapas, estaciones de un largo camino iniciado hace muchos años,

cuando durante las pausas del trabajo cotidiano en la profesión, en medio de un grupo de proyecto, o en las duras condiciones de una dirección de obra, o percibiendo las complicaciones de la conducción industrial, nos preguntábamos con insistencia qué era eso de ser ingeniero y qué era eso de hacer ingeniería. Porque en la universidad —a causa de la libertad de cátedra y de la herencia de muchos mitos y fetiches anticuados que debíamos reverenciar sin saber porqué— *nos habían enseñando disciplinas aisladas*, sin tener la precaución de iniciarnos con una explicación bien profunda de los fines de la profesión buscada. Faltó —y sigue faltando aún— el concepto integrador de todo ese universo intelectual, tan necesario para alcanzar una práctica profesional equilibrada, que debimos ir descubriendo poco a poco y por cuenta propia, con el pasar del tiempo: ideas que debieron de inculcarnos en alguna forma más específica y con el rigor necesario.

- Pero además de preguntarnos una y otra vez qué era eso de ser ingeniero, subyacía otra incógnita más trascendente, más profunda, más amplia, más cultural: cómo debíamos ver y considerar a la ingeniería argentina dentro del cuadro total de la educación; cómo nos habían formado a nosotros y cómo debíamos nosotros formar ahora a los ingenieros en las universidades para que las escuelas de esta disciplina se integrasen armoniosamente dentro del conjunto educativo y cultural, dado que la intelectualidad actual debe reconocer que *la ingeniería es un componente más de la cultura del hombre contemporáneo*. El concepto de ingeniería y el papel del ingeniero en las sociedades modernas ha cambiado y esto no puede ser ignorado por los educadores de la ingeniería.
- Finalmente, es menester observar que esta hermosa profesión se ha transformado, para la humanidad, en *una solución y un peligro* al mismo tiempo. Puede resolver muchos de los problemas del ser humano en este minúsculo planeta perdido en la inmensidad del Universo que Dios ha creado; o puede llevarlo a la desaparición total, según la forma como usemos los poderes que esa ingeniería genera día tras día.

Cerremos agregando que una de las misiones de la universidad es la búsqueda del conocimiento a través de la investigación. Otra misión es la divulgación de ese conocimiento por medio de la enseñanza. Pero la parte que en este ensayo habremos de enfatizar, es la tercera misión de la universidad, la que consiste en actuar

como *academia de profesiones* intelectuales, parte que habremos de tratar con más detalle.

Marcelo Antonio Sobrevila
Buenos Aires, setiembre de 1999

CAPÍTULO INTRODUCTORIO

0.1. RESUMEN DE LOS CAPÍTULOS

Capítulo 1: La cibercultura y la globalización

Los dos fenómenos que está viviendo intensamente la Humanidad —que se han dado en llamar «cibercultura» y «globalización»— son tan abarcativos que incluyen inclusive al desempeño profesional del ingeniero y a la formación académica del mismo. Por esta causa, se procede primero a un breve repaso del momento que vivimos, visto desde la ingeniería.

Capítulo 2: La ingeniería en la cultura contemporánea

Trata de la ingeniería en el mundo actual e indaga ligeramente las razones de su falta de protagonismo en las sociedades modernas. Comenta a varios autores y destaca la extrañeza que causa el desconocimiento de lo que es la ingeniería como actividad del ser humano en la sociedad.

Capítulo 3: La identidad de la ingeniería actual

Efectúa un recordatorio de lo que debe entenderse por ingeniería en el mundo moderno, y su naturaleza como disciplina intelectual asistida por diversas ciencias como simples herramientas, a

la vez que como nuevo componente de la cultura contemporánea, empleando un enfoque poco estudiado hasta ahora.

Capítulo 4: El ejercicio profesional de la ingeniería

La cibercultura y la globalización están variando la forma de ejercer la profesión de ingeniero en todo el mundo, a tal punto que debemos revisar aspectos aceptados hasta hace no más de diez años atrás. Lo que fue una profesión estable, identificada por la sociedad como técnica y de base científica, encerrada en sí misma, se ha convertido ahora, además, en una profesión que engloba muchas más cosas y que se ocupa también de la conducción general.

Capítulo 5: Las ingenierías de base

La ingeniería se fraccionó a lo largo del tiempo en especialidades y orientaciones, con sus correspondientes titulaciones y diplomas. Se llega así a la tesis principal de este ensayo, que consiste en proponer un nuevo enfoque para la formación de los ingenieros, basado en unos pocos caminos, de los cuales se puedan desprender las especialidades y orientaciones necesarias, actuales o futuras. También, lograr una mejor racionalización de los estudios de grado, de posgrado y de la educación continua, como asimismo, encontrar una más acertada legislación para el ejercicio profesional.

0.2. REFLEXIONES DE PARTIDA

Enseñar la ingeniería implica no solo administrar una serie de conocimientos y aptitudes, hábitos y destrezas, sino también reflexionar y hacer reflexionar sobre la trascendencia que adquirió esta profesión en el mundo moderno. *NOS ATREVEMOS A DECIR QUE PARECIERA FALTAR UNA MEDITACIÓN PROFUNDA ACERCA DE LA IMPORTANCIA DE LA INGENIERÍA EN LAS SOCIEDADES CONTEMPORÁNEAS.*

Los últimos treinta años nos han transformado en testigos presenciales de una inmensa eclosión de acontecimientos, todos

ellos relacionados directa o indirectamente con la ingeniería. Muy a menudo se han confundido los avances típicos de la ingeniería con los avances científicos, y esto no ha ocurrido solo a nivel popular, sino en las capas más ilustradas de la sociedad. Se han incorporado velozmente a la vida diaria hechos y productos basados en la tarea de los ingenieros, y esto ha ocurrido en forma irreversible en la sociedad, cambiando actitudes y tendencias en las personas, sobre las que ha influido la ingeniería en forma muy notoria. Pero también, como un duende invisible, la ingeniería está presente vigilando nuestra vida diaria, la que sin darnos cuenta ha quedado en manos de ingenieros que, silenciosamente, en múltiples puestos de trabajo, mantienen en servicio complicados sistemas de ingeniería que nos proporcionan subsistencia, seguridad y confort.

No es en absoluto exagerado afirmar que la cultura contemporánea es predominantemente tecnológica y que el ingeniero profesional es un actor importante.

Basados en esta premisa, y como base de reflexión, expongamos un ejercicio imaginario.

Si todos los ingenieros profesionales del mundo —los que están al frente y operan los medios de producción y de servicios, incluyendo los que están ejecutando la dirección de obras o sus proyectos— se enojasen y se fuesen a sus casas, cerrando con llave sus áreas de trabajo durante tan solo 72 HORAS, todo el mundo civilizado quedaría alterado. Faltaría la energía eléctrica y con ello, la fuerza motriz que acciona todo aquello que tiene un motor, desde un ascensor hasta una simple lavadora. Nos quedaríamos sin alumbrado público y privado. Dejarían de funcionar los hospitales. Se detendrían las industrias de alimentos, medicamentos y de toda otra naturaleza. Faltarían los combustibles y no serían posibles las comunicaciones telefónicas, televisivas, satelitales y de todo otro tipo. Tampoco habría agua potable. Se detendrían los aeropuertos, puertos, ferrocarriles y toda forma de transporte. Las obras se paralizarían, y las oficinas y bancos también. Solo algunas comunidades muy poco desarrolladas, o aisladas por sus principios filosóficos o religiosos, no sentirían sus efectos.

Esta ausencia de energía eléctrica parecería resaltar la importancia de la ingeniería de los sistemas eléctricos de potencia, pero, sin embargo, esto es solo un indicador. Sin energía no funcionan todos los otros elementos que los ingenieros han creado y que las personas necesitan para sus necesidades. Sin energía eléctrica prácticamente todas las otras ingenierías se paralizan, dejando en evidencia a cada una de ellas en particular. *SIN INGENIERÍA —EN TÉRMINOS GENERALES Y PARA TODAS LAS ESPECIALIDADES Y ORIENTACIONES— LAS SOCIEDADES MODERNAS YA NO PUEDEN FUNCIONAR.*

Pero ocurre que lo recién descrito no es una fantasía como suponíamos antes de comenzar la descripción. Lo relata el profesor norteamericano Olle I. Elgerd¹ y ocurrió en la ciudad de Nueva York el día 13 de julio de 1977. Comenzó a las 20.00 horas, cuando se desestabilizó el sistema eléctrico de potencia a causa de una alteración transitoria accidental, en una sucesión de desenganches en cadena de los principales cables alimentadores por acción automática de los relevadores de protección, a las 21.36 horas la ciudad y sus condados de los alrededores quedaron absolutamente a oscuras. Todo detenido en una de las más grandes ciudades del mundo, y a la peor hora del día. Sobre el grave accidente luego se hizo un conocido film, en el que se dramatizaba lo ocurrido. Algunos meses después —en ese mismo año— ocurrió algo semejante en la ciudad de Buenos Aires, aunque de muy menores consecuencias. A principios de 1999, otra vez Buenos Aires vivió un corte energético total en una limitada superficie a causa de la salida de servicio, por un incendio, de un cable alimentador a un barrio de la ciudad, pero sirvió para tomar conciencia sobre los efectos que podría tener un corte prolongado y total en una gran urbe.

Luego de lo sucedido en Nueva York se debieron realizar profundos estudios de ingeniería para encontrar las causas y prevenir hechos futuros. Casualmente, recordamos que un ingeniero argentino radicado en los Estados Unidos de América colaboró en esos estudios. Se encontró así con que cuanto más

¹ *Electric energy systems theory*; Nueva York: Mc Graw Hill Book Company, 1982.

grande es un sistema eléctrico de potencia, más probable es que pueda ocurrir este tipo de accidentes, porque el sistema en su conjunto evidencia síntomas de inestabilidad debido a su gran tamaño y enorme cantidad de componentes. Sobre esas bases se han desarrollado luego equipos y sistemas para prevenir tales acontecimientos.

0.3. PRESENTANDO LA TESIS

La Grecia clásica dio marco a la filosofía. El mundo de Roma señaló rumbos al derecho. El Renacimiento exaltó el arte y la belleza. La Edad Moderna produjo avances en el pensamiento político. La Edad Contemporánea nos llevó a la intimidad del microcosmos y del macrocosmos a través de las ciencias. Los tiempos que corren están dando lugar al nacimiento de lo que muy bien podemos llamar, la *EDAD DE LA INGENIERÍA*. No es, como erróneamente se supone, la edad de las ciencias, ni son las ciencias necesariamente el epicentro de los cambios.

Usando clasificaciones conocidas, podríamos recordar que en la historia de la humanidad tuvimos «edades». Nótese que, sin proponérselo, los historiadores hicieron una clasificación de la historia en base a hechos técnicos: la «edad de la piedra» (paleolítica), la «edad de la piedra tallada» (neolítica), la «edad de los metales» (oro, cobre, bronce e hierro), y así sucesivamente. Por similitud, no estaríamos desacertados si afirmásemos también que transitamos la «edad de la ingeniería digital». El procesador —o computadora u ordenador, como se lo quiera llamar— es un complejo sistema de circuitos de semiconductores que, asistidos por técnicas digitales, ha producido un salto cualitativo en la forma de vida de la humanidad. No hay producto que tipifique más a la ingeniería electrónica que una computadora. No hay nada más representativo de un cúmulo de especialidades de la ingeniería que la masiva producción industrial de esas computadoras.

Con estos productos típicos de la ingeniería hicieron su aparición la *cibercultura* y la *globalización*, dos fenómenos que la humanidad está asimilando rápidamente (por lo menos, el mundo

adelantado y sus regiones más desarrolladas). Justo es reconocer que existe una parte postergada y olvidada de seres humanos que —*por el hambre y el atraso cultural*— no han alcanzado sus ventajas. Se está creando una notoria brecha social y esto es un problema por resolver. Resta, además, saber si la cibercultura y la globalización contribuirán a mejorar los valores esenciales de la persona humana, ya que por ahora solo se vislumbra que se ocupan de la eficiencia funcional de las cosas, en medio de un acentuado *VACÍO DE ESPIRITUALIDAD*, asunto que nos preocupa hondamente.

Tratemos de relacionar las cosas. La globalización es una consecuencia de la cibercultura, la que a su vez *HA LLEGADO TRAÍDA DE LA MANO POR LA INGENIERÍA*, sin la cual no existiría. La situación creada resultó tan englobante, culturalmente hablando, que está afectando la forma en que debemos formar a los ingenieros profesionales en todos los países del mundo, que es nuestra preocupación en esta tesis. Porque la nueva situación reinante variará substancialmente la forma de transmisión del conocimiento. Se habla de la universidad virtual. Se habla de una distinta relación entre el maestro y el alumno. Se habla de la desaparición de la clásica acción *VERTICAL* merced a la cual el conocimiento desciende desde quien lo tiene, el educador, hasta quien lo recibe, el discípulo, para hacer lugar ahora a una especie de difusión caótica *HORIZONTAL*: quien necesita el conocimiento acude a una enorme red de ordenadores interconectados, a una gigantesca base de datos dispersa por todo el mundo adelantado, en donde están los saberes archivados y codificados, mediante un módem y una eficiente red de comunicaciones. Parecería que se desvanece aquel antiguo vínculo humano entre maestro y alumno, porque la misma evaluación del alumno se puede hacer por medio de pruebas automáticas. Pero hay algo más. Todo nuevo conocimiento se generará en múltiples individualidades, colocadas en gran cantidad de lugares del mundo, para reemplazar al viejo conocimiento que antes atesoraban las bibliotecas y los sabios de las universidades. Solo quienes dominen las reglas, íconos y códigos de la comunicación en esta enorme red alcanzarán los cambios y podrán estar al día, y por ello sobrevivirán. Pero lo harán en un *estado de angustia permanente y creciente* por el incesante bombardeo de las nuevas informaciones que van entrando cada vez a mayor velocidad,

codificadas por medio de las técnicas digitales que inventaron los ingenieros. Presentimos, ya en este mundo de la cibercultura y la globalización, algo así como *vivir dentro de un continuo diabólico perpetuo, una especie de delirio colectivo por estar permanentemente «on line», vía satélite y a través del cable de fibra óptica*, que también inventaron los ingenieros, y de todas las instalaciones y aparatos que los ingenieros profesionales fabrican masivamente y mantienen en servicio con una eficiencia asombrosa. Por todo esto, no tiene nada de sobrenatural colocar a la educación del ingeniero en una nueva posición destacada dentro del mundo actual, porque *LA INGENIERÍA HA PASADO A SER UN PROTAGONISTA ESENCIAL EN EL ACTUAL HUMANISMO.*

Expliquemos sintéticamente. La tesis que vamos a presentar propone revisar cuidadosamente la educación del ingeniero profesional universitario de grado. Nos parece que el ordenamiento actual, que se inicia con las ciencias básicas (matemática, física y química), sigue con las llamadas ciencias de la ingeniería (denominación sobre la que tenemos serias dudas, pero la usamos por no haber encontrado todavía otra mejor) y se cierra todo con el amplio y cambiante arco de los conocimientos específicos, está perdiendo vigencia. Debe revisarse, incluso, severamente el tramo clásico inicial de fuerte contenido en ciencias puras, ubicado desde siempre al principio de la carrera. Se ha hecho una especie de vicio curricular a lo largo del mundo colocar todo el conocimiento de las ciencias básicas como «amontonado» al principio de las carreras. Muchos pensadores han dado la voz de alerta y propician la *«education just in time»* (educación justo a tiempo): en lugar de esta aglomeración inicial abstracta, repartir los conocimientos a lo largo de los estudios, a medida que se requieren. Colocar al principio un grupo de conocimientos que, aun conteniendo ellos mismos una dosis importante de ciencias fisicomatemáticas necesarias, se impartan con perfiles propios y predominantemente asociados a los hechos de la ingeniería y del humanismo. Nuestra propuesta es inculcar —desde el principio— una *ACTITUD PROFESIONAL TÉCNICA DE BASE AMPLIA, CON SENTIDO GERENCIAL, ÉTICO Y SOCIAL, EN REEMPLAZO DE LA ANTICUADA ACTITUD CIENTÍFICA ABSTRACTA*, como se ha venido haciendo desde hace un siglo a esta parte. La preocupación es dotar al candidato a ingeniero profesional, desde el principio, de una *personalidad precisamente profesional para el ejercicio de la inge-*

nería real y concreta, tal cual es hoy y tal como, ya se vislumbra, será en los tiempos próximos. Luego del primer tramo, en que se forma la personalidad profesional, dar al estudiante la opción para que seleccione entre unas pocas *ingenierías de base*, las suficientes como para que el recién graduado pueda canalizar sus vocaciones y ubicarse dentro de un espectro amplio de empleos. Mediante cursos de especialización, maestrías o doctorados, avanzará luego por los caminos de su preferencia o vocación, en los campos de las especialidades y tal vez se transforme en ingeniero científico.

En síntesis, la formación, nos parece, debería tener dos ciclos y un epílogo, alcanzando el título —nada más y nada menos— de *INGENIERO*, tal vez con la sola mención de la orientación de base. El cuadro que sigue resume la idea:

<i>Primer ciclo</i>	☪	FORMACIÓN DE LA PERSONALIDAD PROFESIONAL
<i>Segundo ciclo</i>	☪	FORMACIÓN EN UNA DE LAS INGENIERÍAS DE BASE
<i>Epílogo de los estudios</i>	☪	PRUEBA FINAL DE MADUREZ
<i>Diploma único a otorgar</i>	☪	INGENIERO

Estamos proponiendo que el estudiante egrese de la universidad con el título de *INGENIERO*, para cancelar de una vez y por todas el interminable rosario de especialidades y orientaciones actuales que desvalorizan a la profesión, confunden a la opinión pública y desorientan a los comitentes. En la Argentina no parece justificarse la existencia de más de 70 carreras diferentes de ingeniería, como nos indica el ingeniero Ernesto Bendinger². El ingeniero debería egresar con una serie de habilitaciones y responsabilidades básicas de tipo general, susceptibles de ser ampliadas o variadas por medio de cursos del cuarto nivel académico o por la educación continua.

² *Boletín del Consejo Profesional de Ingeniería Industrial* 53; Buenos Aires, marzo-abril de 1999.

Si el graduado cumple posteriormente cursos de posgrado adquiriendo una *especialización*, un *máster* (la palabra «máster» se está castellanizando en España) o un *doctorado*, es asunto personal que agrega habilitaciones adicionales en un área determinada. Igual que el médico, el ingeniero debe egresar de la universidad como *ingeniero* y su especialización u otras contingencias, son hechos posteriores de su vida profesional, que no han de cambiar su *condición intrínseca de ingeniero*. Además, en el tiempo actual, pueden ser hechos variables. Debemos —con esto— cerrar un capítulo de la historia que ha perdido vigencia, que lleva implícito, también, separar nítidamente al *ingeniero profesional* del *ingeniero científico*, conforme se explicará más adelante.

Volviendo a lo dicho un poco más arriba, una parte no cuantificada de la cibercultura —o por lo menos no bien explicada— resulta consecuencia de la ingeniería informática del *hardware*, de la ingeniería de las comunicaciones, de la ingeniería del control automático y de la ingeniería del empleo racional de la energía. Cobra nuevamente vigor el pensamiento del filósofo español José Ortega y Gasset cuando sentenció: «Hoy, la humanidad no puede vivir sin la técnica a la que ha llegado»³. Muchos años más tarde, a nosotros nos agrada decir, parafraseando al maestro con el debido respeto: «HOY, LA HUMANIDAD NO PUEDE VIVIR SIN LA INGENIERÍA A LA QUE HA LLEGADO».

Recordemos que, históricamente, la forma de educar a los ingenieros profesionales se fue ramificando y, manifiestamente en el transcurso de las décadas del veinte y del treinta, fue conduciendo a la especialización. Al concluir la Segunda Guerra Mundial, el ingeniero profesional altamente especializado era el modelo preferido y la educación universitaria se adaptó a ello.

Pero ahora la cibercultura y la globalización hacen que los conocimientos especializados adquiridos en la etapa de la formación universitaria de grado envejecan rápidamente y se conviertan en obsoletos durante la trayectoria profesional de un ingeniero, dejándolo desarmado frente a una realidad que no puede alcanzar

³ *Meditación de la técnica*; Madrid: Alianza Editorial, 1957.

con sus herramientas iniciales. Esto no pretende afirmar que debamos dar vuelta las cosas bruscamente y entregarnos, por contraste, a una generalización medieval y enciclopedista a ultranza. Tampoco creer ingenuamente, como ocurre ahora, que con las bases fisicomatemáticas clásicas se dispone de plataforma suficiente para la reposición de los conocimientos. Ahora hay que girar hacia nuevas formas y componentes, que debemos investigar y encontrar.

En consecuencia, no conviene dilatar más la etapa que nos encontramos transitando. En la Argentina contamos en los catálogos con cerca de 70 títulos de grado y pregrado, a los que se suman cerca de 60 para los posgrados. Parece aconsejable abordar el trabajo nada sencillo de encontrar un núcleo de conocimientos, las *INGENIERÍAS DE BASE*, que constituyan un soporte sólido para lo que dura una vida profesional. Ese núcleo debe hacer posible no solo descartar los conocimientos que se van tornando obsoletos y reponerlos por los nuevos que aparecen, sino también constituir base suficiente como para aprender las *INGENIERÍAS PERIFÉRICAS*, que serían las actuales especializaciones. Dicho recambio se puede hacer consolidando la educación de posgrado. La reposición de conocimientos, por medio de la educación continua.

Antiguamente, cuando se creía que la ingeniería era ciencia aplicada, la solución venía fácil. Entregar al estudiante de grado una sólida base científica fisicomatemática abstracta en las asignaturas de las ciencias básicas. Hoy esto ha cambiado. La ingeniería profesional se perfila —dentro de un humanismo maduro, moderno y extendido— como un nuevo componente de características propias que es menester poner en evidencia. Emplea —mejor decimos, se sirve de— las ciencias básicas (matemática, física y química), *pero ya no depende en absoluto de ellas para lograr su identidad y su estabilidad en el tiempo*. Hoy las cosas comienzan a ser al revés y muchos avances científicos son consecuencia de los progresos de la ingeniería. Los papeles parecería que se están invirtiendo, como si avanzásemos hacia una situación extraña en que la ciencia sea, algún día, ingeniería aplicada.

El presente ensayo procura entonces indagar acerca de la *EDUCACIÓN BÁSICA DEL INGENIERO PROFESIONAL DE GRADO*, en la etapa en que

se modela su *PERSONALIDAD PROFESIONAL*, entregándole los cuatro componentes esenciales que indicamos ahora:

- *PRIMERO*, las herramientas que le permitan desempeñar las tareas que usualmente se le confían a un joven recién graduado en el mercado ocupacional.
- *SEGUNDO*, las cualidades de personalidad que le permitan ir asumiendo durante su carrera, responsabilidades crecientes en los caminos más corrientes. Como dirigente y gerente, en el sistema de producción de bienes y servicios de su país, si prefiere ese tipo de desempeño profesional. También, como especialista destacado, si prefiere ese otro camino.
- *TERCERO*, las bases intelectuales y culturales para un desempeño social armónico, alegre, feliz y solidario como ser social en el medio que le toque vivir.
- *CUARTO*, la actitud para adquirir con naturalidad el incremento o la reposición de los conocimientos durante toda su vida, por medio de los posgrados o la educación continua.

Insistimos en que hablamos del *INGENIERO PROFESIONAL DE GRADO*, porque sobre esto suele haber no pocas confusiones. Excluimos de este estudio al pequeño grupo de ingenieros que en las universidades, institutos de ciencia y técnica y empresas con fuerte compromiso innovativo, están entregados a la importante tarea de hacer investigación pura o aplicada, desarrollo de nuevas ingenierías, materiales y componentes, y docencia, dado que esa es otra profesión, muy diferente, como demostraremos más tarde. Examinemos un poco —ahora ligeramente— las diferencias más notorias. El *INGENIERO CIENTÍFICO* que se dedica a investigación y desarrollo, por lo regular *CREA Y PONE A PUNTO PROTOTIPOS Y NOVEDADES*. El *INGENIERO PROFESIONAL*, en vez, *CONCIBE, PROYECTA, DIMENSIONA, CONSTRUYE, FABRICA, OPERA, MANTIENE, DIRIGE Y GERENCIA LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE BIENES Y SERVICIOS DE UN PAÍS*, satisfaciendo necesidades de la sociedad. Para esto debe cumplir sus tareas por lo regular en el ámbito de las empresas, lugar que nada tiene de parecido con la investigación y desarrollo, ni con el clima recoleto y sosegado de una universidad. Se lo debe preparar para la vida profesional y así adaptarlo al ritmo veloz y competitivo, exigente y multifuncional, ejecutivo y concreto, de la actividad empresaria.

El ingeniero profesional y el ingeniero científico tienen mundos relacionados, pero absolutamente diferentes, por lo que la educación de unos y otros no puede ser igual. Si se nos permite la expresión y recordando a Aristóteles, el ingeniero profesional se asemeja al *homo faber* y el ingeniero científico al *homo sapiens*. Si a la ciencia, con su elemento característico, la investigación, se la toma como una distracción intelectual, se asemeja también al *homo ludens*. La diferencia es que el *homo faber* de la actual edad de la ingeniería ha destruido el sentido dialéctico con que los humanistas teóricos lo han señalado peyorativamente por siglos. Ahora está pasando al frente de la escena como protagonista intelectual y cultural de la vida diaria. Por lo tanto, su educación debe ser diferente. Hay entonces que admitir que en la actualidad tenemos dos modelos de ingeniero, el profesional y el científico, y no sentirnos perturbados por esto.

Debemos aceptar que existe una marcada confusión —aun en los ambientes académicos— sobre la diferencia entre estos dos tipos de ingeniero, duda que proviene de la misma universidad y sus claustros. Está muy postergado un debate profundo sobre la misión de la universidad en el mundo de hoy, debate que debe estar descargado en lo posible de evocaciones tradicionales o históricas. El medioevo ya pasó. La universidad argentina —luego lo explicaremos mejor— está cumpliendo un triple papel. Por una parte, es centro de excelencia, buscadora del saber por medio de la investigación y, por otra, es diseminadora de ese saber por medio de la docencia. Pero a la vez es academia de profesiones, acción que repercute sobre una abrumadora mayoría de sus alumnos. Sin lugar a dudas, la primera y segunda misión alimentan a la tercera, pero sus papeles en la sociedad son muy distintos y sus métodos, también. Sin investigación no hay avances posibles, pero sin profesiones hoy los países no funcionan.

No será sencillo encontrar las bases seguras para la educación del ingeniero profesional, eso que pretendemos llamar las *INGENIERÍAS DE BASE*, de duración razonablemente estable y que sean basamento suficiente como para estudiar siempre, sin dejar de ejercer su función específica de ingeniero. Para la formación del ingeniero científico pensamos que los métodos deben ser otros y sostenemos que se logra con los estudios de posgrado, que no son

el objeto primordial de este ensayo, aunque trataremos de presentar sus lineamientos más salientes. La cantidad de ingenieros profesionales de un país es abrumadoramente mayor que la de los ingenieros científicos. Del uso con criterio ético, moral, social, espiritual, solidario y ecológico de esos conocimientos, la humanidad obtendrá elementos para vivir mejor y en paz.

CAPÍTULO 1

LA CIBERCULTURA Y LA GLOBALIZACIÓN

1.1. LA CIBERCULTURA

Como hemos afirmado antes, nos encontramos ya transitando la *edad de la ingeniería*, tiempo que ha dado lugar a la aparición de la cibercultura y la globalización. Hay una interesante relación entre la ingeniería y la cibercultura que es conveniente poner de manifiesto. Esta afirmación podría resultar sorprendente a quien, apoltronado en el universo de las humanidades clásicas, ha visto a la ingeniería como una simple profesión tecnológica, una artesanía avanzada, un oficio de poco valor intelectual. La ingeniería tiene, por otra parte, para quien está ajeno a ella, algo de sentido mágico, debido a que atesora un fuerte componente científico no explícito. Por más culta que sea una persona —humanísticamente hablando— la ingeniería le despierta no pocas dudas y algún oculto temor. No es tan simple comprender esa cuota de misterio que encierran las turbinas de un avión, los circuitos integrados de una computadora, las redes de energía eléctrica de las ciudades, los sistemas de comunicaciones, las centrales nucleares, las fuerzas que soportan los esbeltos puentes y estructuras de los edificios, las máquinas automáticas de envasado y empaquetado, los robots que ensamblan automóviles, todo al conjuro de inentendibles consolas con cifras en colores, luces pequeñas que titilan y botones que obedecen extrañas órdenes dadas por operadores entendidos. El ingreso de la ingeniería al mundo de la cultura, resistido todavía, se hace más razonable si nos pregunta-

mos: «¿Es hoy culta una persona que ignora porqué se mantiene en el aire un avión, o que no comprende las bases de la técnica digital, o que ignora cómo se convierte la energía en el automóvil que está conduciendo?». Volveremos repetidamente sobre esta idea.

Como todo concepto nuevo —todavía no asimilado y consolidado— la cibercultura merece alguna forma de definición. No es sencillo hacerlo, dado que aún no se ha escrito lo suficiente sobre ella ni existe una bibliografía generosa en donde apoyarnos. No obstante, revisando los varios escritos sobre este tema publicados por el profesor Pierre Lévy⁴, de la Universidad de París VIII, podemos suministrar algunas guías con criterio de divulgación:

Cibercultura es una nueva relación entre el hombre y el conocimiento.

Esta definición procura demostrar que el hombre, en la búsqueda del saber, sigue indagando nuevos caminos de encuentro que lo ilustren cada vez más en su continuo progreso. Dentro de esta nueva forma de pensar, trabajar es ahora también aprender, transmitir y producir conocimientos. Esta forma de ver las cosas toca certeramente a la educación superior universitaria y posuniversitaria, y por lo tanto es completamente razonable que, al tratar la educación del ingeniero profesional para los tiempos que vienen, debemos tener en cuenta esa cibercultura y todos sus efectos y consecuencias. A su vez, si de términos nuevos se trata, aparece asociado el concepto de «ciberespacio», que podemos definir así:

Ciberespacio es el soporte para las tecnologías intelectuales.

Repasando la forma en que el ser humano se relaciona con el conocimiento, debemos necesariamente tener en cuenta ciertas funciones vitales del mismo. Veamos en forma de cuadro sintético las funciones cognitivas del ser humano y su relación con la cibercultura:

⁴ *L'intelligence collective*; París: La Decouverte, 1994

MEMORIA	Bases de datos, hiperdocumentos, archivos numéricos
IMAGINACIÓN	Procesos de simulación
PERCEPCIÓN	Sensores numéricos, telepresencia, realidad virtual
RAZONAMIENTO	Inteligencia artificial, modificación de fenómenos

El resultado de todo esto sobre la educación es importante. Como escuchamos al pensador Raymond Aron en una de sus conferencias, «La característica central de la Era de la Información es su extraordinaria potencia horizontalizadora, que quiebra todo lo vertical, jerárquico y burocrático. En primer lugar, los Estados. Es una fuerza que democratiza ineludiblemente a las sociedades, las achata y disemina las estructuras de conducción». El gran trauma que provoca la cibercultura al actuar sobre la educación es que la misma hace cada vez más difícil planificar lo que se debe enseñar, por lo menos en la forma en que lo hicimos siempre en la universidad. Las técnicas de enseñanza en la cibercultura pasan a ser los *hipermedios, las redes de comunicación, y la educación a distancia*. Esta tecnología educativa se torna muy eficiente, pero *dificulta la relación entre maestro y alumno*, ese trato en el plano humano, lo que es muy discutible y puede resultar peligroso. Por una parte, *despersonaliza la educación*, pero desde otro punto de vista, la hace mucho más *individual*. Si se nos permite la expresión, aparece una especie de *industrialización del pensamiento, porque hay una enseñanza cooperativa en red*.

Si revisamos a grandes rasgos la historia de la educación en la Argentina, percibimos que la tiza, el pizarrón, el mapamundi, la maestra con su guardapolvo blanco al frente de una clase con alumnos también de guardapolvo blanco y la historia de Grosso configuraron a la escuela argentina de principios del siglo XX. Era una avanzada pedagógica que le debemos a Domingo Faustino Sarmiento, revolución educativa que el ilustre sanjuanino percibió como necesaria siendo cónsul en Boston. Esa brillante escuela primaria argentina basada en la ley N° 1.420 trasladó sus excelencias a la escuela media con la fundación de prestigiosos colegios nacionales y escuelas normales de maestros. Por extensión, la

onda de calidad llegó al nivel superior y tuvimos serias y calificadas universidades y escuelas de nivel terciario. Los efectos de esto no se hicieron esperar. La Argentina comenzó a sobresalir y a convertirse en un país respetado por su cultura, además de su producción primaria que alimentaba a muchos otros países. La era de la tiza sentó también sus reales en la universidad y las clases magistrales a cargo de grandes oradores cautivaron a los jóvenes auditorios. La ingeniería no se salvó de este efecto, enseñándose conforme las reglas de esa escuela brillante.

Pero un día llegó la computadora personal: con su módem conectado a la fibra óptica y los satélites, produjo, junto al retroproyector, la catástrofe de la tiza y el pizarrón. Las computadoras llegaron para quedarse y dieron lugar a una forma de emplearlas que se llama *informática*, como nueva disciplina del pensamiento. La clase magistral, señora y señora de la educación superior universitaria argentina, fue perdiendo el prestigio de otras épocas. En la Argentina hoy hay más de una radio por habitante, situación impensable en la década del veinte. Todavía no, pero llegaremos fácilmente a una computadora personal por habitante y también mucho más, por los usos comerciales, industriales y empresarios. En esta situación, *la ingeniería ha penetrado resueltamente con sus productos y métodos en la educación*, lo que insinúa que la formación misma del ingeniero debe tener en cuenta esta transformación. No es disparatado afirmar que nos invade también una «ingeniería educativa», con una profusión de símbolos, íconos, códigos abstractos y nuevas proposiciones que modifican la forma de aprender. Por ello, la cibercultura que estamos tratando de explicar ya está produciendo una revolución en la educación a causa de la ingeniería.

El profesor clásico de nuestras universidades ha venido siendo el «proveedor de conocimientos». En este sistema, el conocimiento «desciende» en forma «vertical» desde quien lo tiene —el profesor— hasta quien lo necesita —el alumno— en forma presencial y signado por el contacto humano entre ambos. En la cibercultura, en vez, como cada alumno tiene su computadora personal con su módem conectado a la gran red mundial de comunicaciones por satélite y fibra óptica, busca el conocimiento allí donde sabe que está, lo llama y lo usa. Para cada tema puede seleccionar al mejor

profesor, o la mejor bibliografía de la mejor biblioteca, con una gran economía educativa y una eficiencia relevante. Cuando se avance lo suficiente con la técnica del «teledialogo», hasta podrá discutir con el profesor sobre cada asunto en estudio, sin conocerlo personalmente. Los diferentes idiomas no serán obstáculo en un futuro porque se llegará a la traducción automática, simultánea e inmediata de la voz a otro idioma. También el examen o evaluación puede automatizarse, con una acentuada mecanización de la enseñanza, sin posibilidad del contacto humano. Este procedimiento implica actuar en forma «horizontal» dentro de una gigantesca red interconectada y, a su vez, al avanzar en el aprendizaje y encontrar nuevos conocimientos, *suministrar los mismos a la red actuando a un tiempo como alumno y profesor*. En verdad, este procedimiento *estimula la inteligencia colectiva*. La imaginación muchas veces resulta insuficiente para concebir lo que Bill Gates⁵ nos invita a reflexionar como una realidad tangible y otra mayor que se nos viene encima.

Cuando los maestros griegos en la Academia de Platón salían «fuera de muros», como se estilaba decir, con sus discípulos, el saber se expandía en forma oral y se transmitía de ese modo de generación en generación. Luego, el libro permitió dejar un rasgo indeleble del saber en forma permanente y el discípulo podía aprender del maestro sin tratarlo personalmente, con solo leerlo. Hoy, el libro está comenzando a ser discutido a causa de la cibercultura: es tan sencillo acceder por *Internet* a las mejores bibliotecas del mundo e imprimir párrafos o documentos completos, que los hábitos van cambiando. Estamos en presencia de un *diluvio de información* que nos desorienta, una especie de flujo caótico de datos y conocimientos, y nos sentimos como náufragos en un débil bote en medio de la tormenta. Por ello es cada vez más ilusorio que una universidad pueda dominar todo el saber, que está fraccionado y repartido en bases de datos mediante técnica digital y archivado en miles y miles de discos rígidos. Hoy en día, la metáfora clave que simboliza la relación con el conocimiento es la «navegación por la red», como se ha dado en decir, lo que implica nuevas capacidades para soportar olas, vientos y turbulencias en

⁵ *Camino al futuro*; Madrid: Mc Graw Hill, Interamericana, 1996.

una extensión llana, sin fronteras bien visibles y en un estado de agitación y cambio. *La interconexión de todos los ordenadores del mundo tiende a convertirse en la infraestructura más importante de la producción, la gestión y la comunicación humana. Y, en consecuencia, de la cultura.*

El desafío que afronta ahora la universidad es buscar nuevos conocimientos y nuevas formas de transmitirlo, dentro de una estructura de comunicación totalmente nueva, con tecnologías diferentes a las clásicas, y procurando no solo el «saber-saber», sino también el «saber-hacer», para contribuir a resolver los problemas de la comunidad. La universidad es rígida, mientras que la sociedad se ha tornado flexible.

Esto implica *formar al hombre para el cambio permanente*, y aun para la eventual crisis, producto del continuo estado de transición en que vamos a vivir. Si estos criterios los aplicamos a la formación de ingenieros, es claro que debemos hacer una profunda reflexión, de la que se desprende que *AQUELLAS VIEJAS Y DESGASTADAS RECETAS DE COMENZAR LA FORMACIÓN DEL INGENIERO POR MEDIO DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS PURAS YA NO SON DE APLICACIÓN*. Esto es uno de los motivos de esta tesis. El ingeniero profesional del mundo que viene debe tener una *capacidad de anticipación* para desempeñarse en una sociedad que avanza a ritmo superior al suyo propio. Las escuelas de ingenieros para el tiempo de la cibercultura deben desarrollar la capacidad para la producción y los servicios.

Esto es una actitud que se debe de inculcar desde el comienzo de la carrera y no malgastar casi la mitad del tiempo de los estudios de ingeniería profesional de grado, como ocurre ahora, en enseñar una superabundancia de ciencias puras abstractas, que retardan y traban la formación de la personalidad profesional o, peor aun, forman una personalidad científica en vez de una personalidad profesional. La matemática, por ejemplo, desarrolla el pensamiento hacia lo exacto y lo abstracto, mientras que la ingeniería es lo aproximado y lo concreto, exactamente al revés.

Volveremos sobre esto más adelante. En definitiva, estamos pensando en una universidad que cambie ella misma, sin esperar los estímulos externos.

1.2. LA GLOBALIZACIÓN

Partamos de una sentencia: la globalización es un proceso irreversible. También advertimos que la globalización no es un fenómeno espontáneo sino estratégico, es decir, producido intencionalmente. Tampoco es una amenaza. Lo mismo que la cibercultura, no es tan sencillo precisar qué es la globalización. Se trata de un fenómeno nuevo, que todavía no ha decantado lo suficiente ni se ha estudiado con rigor como para convertirse en un concepto aceptado. Las definiciones más difundidas, a cargo generalmente de los economistas, pecan de cierta superficialidad porque olvidan que está en juego el ser humano y su misión trascendente en el mundo. Se limitan a presentarla como una simple y fría concentración y coordinación de capitales que, en estrecha asociación con grupos empresarios e industriales, ya no en el ámbito de país sino de todo el mundo como si fuese un solo país, procuran optimizar los resultados y aumentar los beneficios. Estas definiciones —que nos parecen poco aceptables— dejan de lado a los países más atrasados y hambrientos de la humanidad, que forman una parte importante de la población mundial, no teniéndolos en cuenta en sus estimaciones. Sus microeconomías no alteran con sus cifras la macroeconomía general, que es la que interesa y se discute en los foros ilustrados o repercute en las bolsas de comercio del mundo.

Para los países de alto desarrollo y con largas tradiciones de estabilidad, el fenómeno puede ser más sencillo de entender por sus comunidades. Para la República Argentina, de corta historia universal y todavía en trance de resolver múltiples problemas, el fenómeno de la globalización resulta más complicado y nada sencillo de interpretar. Desde 1943, en que se inició un proceso de nacionalización de las fuentes de riqueza, hasta 1991, en que se procedió a las privatizaciones en sentido inverso, la labor de los ingenieros argentinos fue desconcertante. En esa etapa de nacionalización de las fuentes de riqueza y producción de bienes y

servicios se crearon hábitos que hoy no son válidos. Mientras que en las empresas de servicios menguaba la calidad de sus prestaciones a causa del estancamiento, afectando gravemente a toda la comunidad, la industria pasaba de ser taller artesanal a ser empresa, para emplear una expresión suficientemente gráfica, al amparo de las barreras aduaneras y de un sistema social que no alentaba la competencia. Todo parecía resuelto como por arte de magia merced a las acciones de un estado paternalista, al amparo de una política por etapas corporativa fascista y por etapas comunista, ambas negativas y hoy desacreditadas. Dentro de ese esquema, la calidad de la ingeniería no contó con un aliciente suficiente a fin de llegar a la globalización actual preparada como para enfrentarla. La apertura económica a que nos ha obligado la globalización impide que los incrementos de los costos industriales se puedan trasladar simplemente a los precios, como ocurrió por muchos años. El aumento de la productividad se logra ahora por métodos diferentes a los del mercado regulado por el Estado, en el que estuvimos atrapados y obligados a vivir por muchos años. No se creó una cultura del esfuerzo y del ingenio que permitiera desarrollar una ingeniería sólida propia, competitiva a nivel internacional. Hoy, las empresas que han sobrevivido al cambio de la globalización deben replantear su modelo de organización y eso afecta fuertemente a la ingeniería y a los ingenieros. La ingeniería argentina actual no solo debe mirar al pequeño mercado interno —antes cautivo por las reglamentaciones de protección—, sino también ver mucho más allá de las fronteras y los mares y *atender las necesidades de clientes exigentes*, novedad que muchos pequeños y medianos empresarios todavía no han asimilado.

Es muy evidente que la actividad económica argentina se orienta ahora más hacia los servicios que hacia la producción, lo que alarma a los antiguos industriales argentinos. Sin embargo, no debe verse así. Si la economía se desvía hacia los servicios, es porque la calidad de vida general aumenta. Si la gente requiere más servicios, es porque aumenta su sensibilidad cultural y estética y sale a buscar una forma mejor de vivir. Es el progreso y eso no significa la muerte de la producción, la que pasa a estar al servicio de los servicios. La industria debe ser el soporte lógico de los servicios. Esto todavía no ha sido bien entendido.

Frente a tantas dudas que se nos presentan —*la mayor parte de ellas morales y éticas*— nos parece que para comenzar es preferible afirmar provisoriamente que la globalización pretende básicamente tres cosas: *progreso, equidad y participación*. Avanzando sobre la definición, podemos afirmar:

GLOBALIZACIÓN es	Bienestar económico
	Cohesión social
	Libertad política

A través de esta afirmación parecería que la globalización nos acerca un poco al «*american way of life*», lo que conocemos como el estilo de vida norteamericano, basado en la sociedad de consumo como modelo de la felicidad, a través de la acumulación de la riqueza y el respeto por las libertades individuales. Los orígenes de este enfoque podrían buscarse en la Alemania de Otto von Bismarck; por sucesivas transformaciones se llega al «*new deal*» de Franklin D. Roosevelt, con la publicidad como factor determinante de esa felicidad material. Luego, poco antes de la Segunda Guerra Mundial, el brillante pensador inglés Aldous Huxley, en su inolvidable obra escrita en el año 1932⁶, explicó cómo una sociedad imaginaria acepta libremente la estratificación de clases y logra la felicidad cumpliendo la misión que una clase superior le asigna, en una especie de chocante entretenimiento perpetuo. La felicidad de la ficción de Huxley es una especie de idiotez basada en la eliminación total de la vida espiritual para los seres humanos y en la servidumbre de las clases inferiores en medio de una alegría falsa. El dictador de ese «mundo feliz» de Huxley no es un grotesco Hitler sino simplemente una ficción presente en todas partes a través de una colección de productos tecnológicos de represión creados por la ingeniería, productos entre los cuales está, inclusive, el ser humano logrado en el laboratorio a través de la ingeniería genética y en forma racionalmente programada.

⁶ *Un mundo feliz*; México, D. F.: Ediciones del Caribe, 1947.

Pero retornando a lo dicho un poco más arriba al intentar definir a la globalización, en una democracia por muchos años suspendida —como ocurrió en la República Argentina— relacionar el progreso, la equidad y la participación con la ingeniería no parece tan sencillo, pero tampoco es imposible. No debe olvidarse que nuestro país estuvo sometido durante casi medio siglo a la inflación y a las barreras aduaneras, fomentando la sustitución de importaciones, política mediante la cual se amasaron fortunas con una rapidez inadecuada a costa de un mercado cautivo. Nuestra pequeña y mediana industria, cara y de baja calidad, permaneció protegida por el Estado y se acostumbró a vivir de esa manera. Esto no permitió a los ingenieros el desarrollo pleno de la creatividad competitiva y así es que, al llegar la globalización, esa precaria industria fue tomada de sorpresa por un fenómeno nuevo, que todavía no ha terminado de asimilar. En la obra del doctor ingeniero Vittorio Orsi⁷, prologada por el doctor Carlos Cleri, el lector interesado puede encontrar mucho material de lectura, basado en el análisis de la reunión de Davos, Suiza, de 1996. De todos modos, como el fenómeno de la globalización en relación con la ingeniería y los ingenieros no ha sido tratado todavía, es lícito en lo que sigue hacer un intento para encontrar los lineamientos que nos lleven a relacionar este fenómeno económico y social con la preparación académica de los ingenieros, tal como es el objetivo de este ensayo. Hagamos entonces el intento de *relacionar la globalización con la ingeniería* mediante los puntos que siguen.

1.3. EL PROTAGONISMO DEL INGENIERO

Intentamos a continuación encontrar una correlación entre los grandes hechos de la globalización y el protagonismo de la ingeniería dentro de ellos:

1) Han concluido la Guerra Fría y la carrera armamentista, sin que ni los pensadores ni los intelectuales hayan podido predecir la caída de la ex Unión Soviética, que se autodisolvió mansamente con todo su poder militar intacto. Se autodestruyó por no haber

⁷ *Globalización y centrifugación*; Buenos Aires: Universidad de Belgrano, 1996

podido lograr para sus gentes ni libertad, ni calidad de vida. Hay un claro vencedor de esa confrontación, gústenos o no. Nos encontramos en un proceso de reconversión del ex mundo socialista y las otrora naciones cautivas de ese socialismo, con un *equilibrio total* a cargo del formidable poderío militar y económico de los Estados Unidos de América como gran gendarme universal. La victoria de uno de los grupos sobre el otro culminó en un proyecto que se dio en llamar «guerra de las galaxias», el que, examinado con detenimiento, nos demuestra que se trató de una gran victoria de la ciencia y de la ingeniería de uno de los bandos sobre el otro. Todavía la humanidad —aferrada a viejos estilos históricos— creyó que la definición estuvo basada en la habilidad política, cuando, a decir verdad, *la victoria la definieron la ingeniería y los ingenieros* de uno de los dos bandos, con la ayuda y el respaldo de los políticos. Este gran desenlace está produciendo enormes cambios en la ingeniería de todas las naciones del mundo, al desarticular una parte substancial de la industria bélica y obligar a los ingenieros a reconvertirse y emplear sus capacidades para otros fines, con otros medios y otros recursos. El resultado lo estamos viendo y es la desocupación a escala casi universal.

2) Se ha desintegrado la ex Unión de las Repúblicas Socialistas Soviéticas y sus pueblos *están aprendiendo a vivir en democracia y con una libertad que no conocieron*, presentando una acentuada desorganización política y social, y un claro estancamiento tecnológico completamente entendibles. Este proceso demandará tiempo porque son democracias frágiles. Las formas tiránicas, primero de los zares y luego de los burócratas del socialismo —especies bastante similares— han calado hondo, creando formas de autodefensa de los funcionarios desplazados y privilegiados por el sistema socialista para resistir la llegada de la libertad. Al no conocer esos pueblos la *sociedad abierta*, sus valiosos ingenieros todavía no han encontrado adaptación a los nuevos estilos de ejercicio profesional. Estaban habituados a una industria estatal en que los costos tenían poca importancia porque estaba dedicada casi exclusivamente a la defensa y poco habituados a crear y producir elementos para la calidad de vida de las personas. Los grandes logros en la conquista del espacio eran parte de un espectáculo político para las masas, una distracción para que la gente no examinara la calidad de sus utensilios domésticos y de su

comida. Esto se nota claramente escuchándolos exponer en los congresos y seminarios internacionales a los que concurren angustiados.

3) La democracia va sustituyendo a las formas autoritarias de gobierno en casi todas las partes del mundo, salvo islas de tiranía de derecha, de izquierda perimida, de fanatismos tribales o de fundamentalismos religiosos, pero de todos modos en lugares identificados y de poca relevancia por su escasa ingeniería. El establecimiento de la democracia donde no la hubo también demanda su tiempo. El caso de China y de las naciones del Sudeste asiático presenta muchas incógnitas, dado que *no tenemos suficiente información sobre la calidad de sus ingenierías*, aunque sí apreciamos el despertar de un vigoroso espíritu competitivo basado en la mano de obra barata. La posibilidad de *una nueva y peligrosa bipolaridad protagonizada ahora por Estados Unidos de América y China*, abre a las ingenierías y al papel social del ingeniero perspectivas éticas muy relevantes. Podríamos ir hacia una *«nueva guerra fría»*, *si los ingenieros olvidaran sus compromisos éticos y con la paz. Los políticos, por sí mismos, son incapaces de diseñar, construir y operar los elementos bélicos de destrucción en gran escala*. Finalmente, el caso del África negra y sus naciones recientes parece abrigar pocas esperanzas de progreso de sus ingenierías en un futuro próximo, lo mismo que la India, que a 50 años de su independencia está en situación ambivalente con su hambre endémica sin resolver y algunos espectaculares logros técnicos y científicos, un tanto sorprendentes frente al panorama general de ese país.

4) La Europa Occidental ha preferido buscar las soluciones por medio del mercado libre y la unificación de las monedas que, pese al tiempo transcurrido, todavía no está completamente a punto porque las uniones aduaneras son procesos lentos. El tratado de Maastrich es una muestra de ello. La Alemania unificada no ha tenido el éxito esperado al procurar captar al mercado de las naciones de la ex Unión de las Repúblicas Socialistas Soviéticas y está perdiendo posiciones. Pero de todos modos, *para los ingenieros argentinos y sus escuelas de ingenieros, el caso de la Unión Europea constituye un ejemplo a observar para aplicarlo —con reservas y adaptaciones— a nuestro MERCOSUR*. Las uniones

aduaneras son procesos largos y tienen, en su trayecto, muchos momentos de incertidumbre.

5) Se forman grupos de naciones unidas por intereses comunes, bajo la forma de mercados regionales, como son la Unión Europea, el MERCOSUR, el NAFTA, el Japón y su área de influencia con las dos Coreas, Taiwán, Hong Kong y Singapur. Bien cerca de nosotros, el Acuerdo General de Tarifas y Mercados de la Ronda Uruguay, conocido con la sigla GATT (que ahora se llama Organización Mundial del Comercio), etcétera. *Las naciones unen sus fuerzas y dejan de actuar solas. Sin lugar a dudas, las ingenierías y las instituciones formadoras de ingenieros deben llegar a convenios de parecido tipo.* Pero este efecto no se encuentra solo en lo nacional o regional. Las viejas fronteras provinciales argentinas, trazadas por intereses de la época colonial previa al Acuerdo de San Nicolás, muchas de ellas también producto de rudimentarios conflictos entre caudillos, comienzan a ser un impedimento. Muchas provincias argentinas están dejando de tener razón de ser como unidades administrativas independientes y autónomas, con sus elevados costos de funcionamiento, sus poco entendibles obesas legislaturas y sus gobiernos comunales de tamaño desmedido, cargando sobre la comunidad su ineficiencia. Igualmente, los nacionalismos recalcitrantes y militarismos anticuados, que consumen recursos genuinos en la compra de chatarra militar de descarte de los más poderosos, sostienen fronteras poco prácticas y conflictos fronterizos antojadizos. Un síntoma de estas tendencias se puede apreciar, al momento de escribir estas líneas, en la paulatina consolidación de ALCA (Área de Libre Comercio de las Américas, o por su sigla inglesa FTAA, *Free Trade Area of Americas*), entidad que tomará gran importancia en los próximos años. En todas partes las naciones y los grupos regionales unen fuerzas para ser más competitivos. Frente a esto, *la ingeniería deberá racionalizarse y los ingenieros mismos habituarse a la movilidad de un país a otro, o de región en región, pero, sobre todo, a estudiar y formarse con un criterio universalista que antes no era tan necesario.*

6) Van concluyendo las formas de regulación económica interna y *las antiguas fronteras geográficas se desdibujan* para ser sustituidas por las fronteras idiomáticas, culturales, tecnológicas, socia-

les y económicas. El mismo concepto de soberanía se estudia sobre bases nuevas. En nuestra América latina se nota una positiva tendencia hacia el reagrupamiento sobre bases de racionalidad, más que por antiguas situaciones emocionales o viejos conflictos territoriales. Los acuerdos de cooperación *obligan a los ingenieros a trabajar sobre bases comunes de coordinación y mejor aprovechamiento de los recursos humanos y naturales.*

Por todo lo dicho, la ingeniería no puede ya desentenderse de la existencia de estas transformaciones y debe, por fuerza, tenerlas en cuenta *porque ha concluido aquella época en que los países se protegían mediante barreras aduaneras y todos trataban de producirlo todo.* Hoy, la economía de la mayoría de los países más avanzados y de los que desean alcanzarlos tiene reglas prácticamente iguales.

Hemos tratado de mostrar que la ingeniería tiene que ver con la cibercultura y con la globalización. Es parte de ellas. Por estas causas nos preocupa mucho la formación de los ingenieros, porque con su conducta pueden producir cambios sociales.

1.4. LOS INGENIEROS EN EL MUNDO ACTUAL

Si en un pasado relativamente cercano los ingenieros profesionales, con nuestras actitudes y nuestros productos, podíamos influir sobre el contorno social, al crear y operar componentes técnicos que la sociedad requería para sus necesidades esenciales y también para sus necesidades superfluas, hoy la situación se está modificando. La formación del ingeniero moderno se ve también afectada por otros factores. Entre ellos debemos tener en cuenta lo que ocurre en las empresas, las que, a su vez, son influidas por los acontecimientos de una economía globalizada y veloz, que impone un ritmo de cambio que altera toda la estructura social.

1.4.1. Los fenómenos condicionantes

Examinemos cómo el trabajo de los ingenieros en los países de alto o mediano desarrollo está cada vez más enlazado a las

consecuencias de tres factores que ya es imposible dejar de tener en cuenta en las escuelas de ingenieros:

- *LA COMPLEJIDAD Y ABUNDANCIA DE LA TECNOLOGÍA*
Es prácticamente imposible lograr en un solo individuo todos los saberes requeridos en un desempeño normal profesional. La visión de lo que antiguamente se conocía como «*el hombre-orquesta*» es un papel que ha desaparecido.
- *EL IMPACTO DE LA AUTOMATIZACIÓN Y LA INFORMÁTICA*
También ha desaparecido la versión tayloriana del «*puesto de trabajo*» como el lugar de tareas repetitivas. Se avanza en dirección a trabajos polivalentes, organizados en forma de equipos autónomos. El trabajo en grupos es un imperativo.
- *LAS NUEVAS FORMAS DE ORGANIZACIÓN GERENCIAL*
En todo centro de producción de bienes y servicios aparecen organizaciones «en red», organizaciones por proyecto, conjuntos de trabajos policelulares, grupos con responsabilidades parciales integradas a un sistema. La relación entre equipos es esencial.

Los hechos que observamos —indiscutibles en el mundo actual— están imponiendo sus reglas, las que invaden al ejercicio profesional de viejo estilo hasta prácticamente destruirlo. Este fenómeno no ha penetrado fácilmente en las viejas estructuras de las universidades clásicas. No responde al modelo humboldtiano de la universidad alemana, científica, académica y ligada al avance de la cultura. Tampoco responde al modelo napoleónico de la universidad francesa, profesional, académica y ligada a los intereses del Estado. Las universidades no pueden soportar ya la presión de este fenómeno perverso, que las coloca en situación apremiante y perdedora. La universidad, habituada a los cambios lentos que en algunos casos requirieron siglos, ha sido tomada de sorpresa por una sociedad que ya no la mira con la reverencia debida y pretende que se adelante a los hechos que ella vive o, por lo menos, marche a la par.

Estas reflexiones agregan preocupación a los encargados de la formación de ingenieros, debido a que este tipo de profesional se

ve muy afectado por los acontecimientos de cambio. Se ha creado una especie de «estructura técnico-social» dentro de la cual se mueven los ingenieros, con reglas que no fueron anunciadas en las aulas y que los mismos profesores no entienden o no conocen. Es notoria la dicotomía entre el *mundo de afuera* y el *mundo de adentro* de las universidades.

1.4.2. Las responsabilidades preferentes

Si efectivamente tenemos la misión de formar ingenieros para ese «mundo de afuera», y esto es precisamente un ingeniero profesional, debemos necesariamente comprender que hoy estos profesionales pueden estar llamados a desempeñar alguna de dos responsabilidades bien distintas, conforme sus vocaciones, inclinaciones u oportunidades. Veamos cuáles son estas dos responsabilidades:

- **LA GESTIÓN DEL SISTEMA**

Los ingenieros profesionales están siendo convocados —cada día más— a conducir y gerenciar sistemas (de producción, de servicios, contables, administrativos, comerciales, bancarios, sociales, educativos, etcétera) en medio de un torrente de información turbulenta y amenazante. Este saber necesario para desempeñarse eficazmente en sistemas plagados de ambigüedades, con falta de datos precisos y afectados por hechos sociales, no pasa precisamente por la profundización teórica de las ciencias puras.

El sentido necesario para lograr armonizar todo ese conjunto heterogéneo no se adquiere en el viejo claustro hermético de meditación que es la universidad clásica, ni usando el método científico. Tal vez sea al revés. El «*método científico*» *se constituye en un pesado lastre que retarda la toma de decisiones* porque busca un perfeccionismo y una profundidad equivocadas y emplea demasiado tiempo para llegar a sus conclusiones. Hoy se debe aplicar «*EL MÉTODO DE LA INGENIERÍA*», sobre el cual volveremos más adelante. El método científico enseña a penetrar la naturaleza de las cosas y, como esa naturaleza es inconmensurable y de dimensión indeterminada, allí no hay plazos de entrega como en la ingeniería. Es probable, por ello, que muchos graduados ingenieros formados con una fuerte impreg-

nación en el método científico por sus profesores de las ciencias fisicomatemáticas, al ingresar al mundo de la ingeniería profesional, se sientan desconcertados. El mundo que encuentran después de recibir el diploma es muy diferente al que los científicos e investigadores le inculcaron. A causa de ese desconcierto, del que no son culpables, opinan despectivamente de ese mundo real en que se ven zambullidos sin elementos de supervivencia. Muchos de ellos, al ver que no pueden aplicar toda la parafernalia de ciencia que le enseñaron, dan la espalda al mundo de la ingeniería y se refugian en la universidad para terminar sus días como docentes o investigadores. Se lamentan de continuo porque los que están en el mundo real de la ingeniería progresan y alcanzan una mejor calidad de vida y un mayor reconocimiento social. Otros graduados, al percibir su desubicación en el mundo real al que ingresan luego de graduarse, se sobreponen a una formación errónea, adquieren luchando mucho los atributos que les faltan e ingresan al ejercicio profesional de la ingeniería tal cual es. Son los que hacen carrera de ingeniero y muchas veces alcanzan posiciones de relevancia. Son los exitosos.

- *LA ESPECIALIZACIÓN*

Los ingenieros se encaminan también hacia la especialización, abordando áreas o temas puntuales, lo que demanda una profundización del saber técnico, que muchas veces requiere un sólido soporte científico en el campo de las ciencias puras, la matemática, la física y la química, que debe buscarse cumpliendo cursos de alto nivel.

Dentro del camino de alta especialización, el ingeniero trabaja en forma muy distinta a como lo hace el que toma el camino de la gestión de sistemas. En general, trabaja con menos contactos humanos y es responsable más por los resultados de su trabajo que por el resultado de los trabajos de los demás. Precisamente aquí aparece una diferencia substancial entre el ingeniero especializado y el ingeniero de gestión de sistemas, que muchas veces está marcada por la propia personalidad humana. El ingeniero de gestión debe tener una natural predisposición hacia la conducción de problemas y personas, y también debe estar provisto de bases en disciplinas científicas que no pertenecen al campo de las ciencias fisicomatemáticas.

Admitiendo esos dos tipos de responsabilidad más frecuentes en el mundo del desempeño profesional, surge diáfananamente que la formación académica deberá tenerlos en cuenta. La universidad debería adecuarse a esa necesidad de los graduados y proporcionar una formación acorde con esas dos posibles futuras trayectorias.

Debemos reconocer que esto no es sencillo. En primer lugar, porque todo hecho nuevo no aporta todavía la suficiente carga de experiencia y reflexión como para actuar con seguridad. En segundo lugar, porque la resistencia al cambio es un fenómeno que también afecta a la universidad, que se resiste tercamente a dejar sus hábitos medievales. Una tercera razón es la carga de politización que la universidad argentina viene arrastrando, lo que ha creado para la toma de decisiones sistemas colegiados lentos e ineficientes.

Si se pretende una idea para debatir, podemos proponer la que sigue:

El problema inicial que presenta a la universidad la formación de los ingenieros modernos es conferirles una base de conocimientos suficientemente amplia, elástica y rica como para dar libertad de orientación ulterior al graduado, dentro de ese mundo cambiante que presenta el ejercicio profesional, para que pueda cumplir alguno de los dos tipos de responsabilidad más frecuentes que terminamos de explicar.

1.4.3. Las funciones más típicas

Penetrando algo más allá de las responsabilidades recién descritas, procuremos mostrar las cuatro funciones en que más frecuentemente encontramos ahora a los ingenieros profesionales:

- *EL ESPECIALISTA*

Es un técnico en su dominio. Ejecuta una o varias técnicas necesarias en el ejercicio de su profesión de base. Ejerce a diferentes niveles jerárquicos. A medida que progresa, se enriquece con el aprendizaje de técnicas vecinas a la suya que le son necesarias.

- *EL EXPERTO*

Suele surgir de entre los especialistas, pero, a diferencia de ellos, es capaz de hacer evolucionar a su especialidad sobre la base de su propia experiencia, pero más por sus aptitudes intelectuales conceptuales. Crea nuevas técnicas y las pone a disposición de los especialistas. Su nivel es alto y se asemeja al ingeniero científico, pero, a diferencia de este, mantiene una atadura sólida con los medios de producción y el ritmo de trabajo de la vida empresaria.

- *EL GERENTE*

Es un dirigente que busca logros efectivos. Es capaz, en una situación dada, de tener en cuenta las condiciones y competencias de las personas que tienen que ver con él mismo, y de evaluar, igualmente, las características de la organización. Debe adoptar decisiones. Esto implica una serie de aptitudes y predisposiciones personales para conducir favorablemente los hechos dentro de una perspectiva clara. Relaciona las comunicaciones, las decisiones y las relaciones interpersonales.

No existe un perfil típico de gerente sino perfiles adaptados a las diversas realidades. En general, las características suelen ser las siguientes: fuerte adaptación a la ambigüedad, fuerte adaptación a la incertidumbre, sólida estabilidad psicológica, espíritu de síntesis extraído de los detalles.

- *El dirigente*

Surge de entre los gerentes. El aspecto más saliente de su personalidad es que puede afrontar riesgos elevados. Su valor consiste en su capacidad de anticiparse y orientar al conjunto hacia una identidad futura que él percibe claramente. A esto se lo llama *estrategia*, como en la guerra.

La posición de dirigente —a la que se llega en el último tercio de la carrera— implica asumir responsabilidades muy importantes y también admitir una forma de vida particular, en que, muchas veces, las obligaciones se imponen. Esto comporta una cierta adaptación de la vida personal y familiar al ritmo de los negocios, asunto que es necesario compatibilizar para no dañar las dos vertientes.

1.4.4. Las posibilidades de progreso

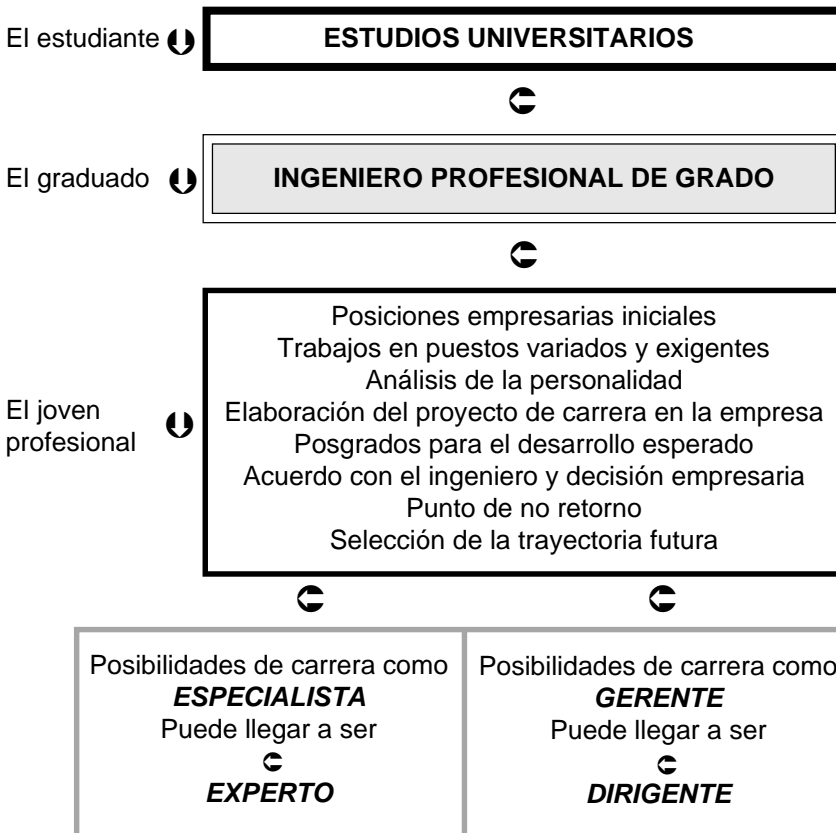
Frente a los dos tipos de responsabilidad posibles antes descriptos y frente a los cuatro tipos de función, es positivo tratar de hacer un balance o síntesis de lo dicho, para esbozar rutas en la vida profesional.

Hay que llamar la atención —sobre todo al recién graduado— sobre el hecho de que las dos trayectorias indicadas, la de especialista y la de gerente, suelen iniciarse juntas. Precisamente las empresas de máxima evolución en materia de recursos humanos proporcionan a los ingenieros jóvenes posiciones dentro de las cuales es posible que manifiesten sus dormidas aptitudes. Asimismo, se hace necesario llamar la atención sobre otro hecho importante: hay un punto de la carrera, a cierta edad, conocido como «*el de no retorno*», en que ya deja de ser posible la opción porque los caminos divergen rápidamente. Por tales causas, el interesado y su empresa deben decidir en cierto momento si el candidato se encamina hacia las posiciones de gerencia o hacia las posiciones de especialización.

Si pretendemos una explicación por la vía gráfica, podemos ensayar el cuadro, que se muestra más abajo, desde que el graduado ingresa al mundo del trabajo profesional. En la primera etapa, lo que hoy se suele denominar «*ingeniero junior*» en la jerga empresarial moderna, se proyecta el futuro, se hacen los posgrados necesarios y se prepara al profesional para ser un gerente o un especialista. Las empresas bien organizadas planean esta etapa cuidadosamente porque saben que de ella han de surgir sus futuros dirigentes o sus grandes expertos.

Antiguamente, cuando se pensaba que ingeniería era ciencia aplicada y se bombardeaba al estudiante con un diluvio de ciencias fisicomatemáticas, la primera etapa de su trabajo en la empresa era —aunque nunca se lo admitía por decoro— una etapa de reconversión. Las empresas pagaban en cierta forma el error universitario de haber otorgado una personalidad científica en vez de una personalidad profesional. Hoy, esto no es posible.

Por ello, la etapa de ingeniero joven debe ser una etapa de producción más un espacio de tiempo para la preparación posterior. Antiguamente era una etapa de corrección de errores. A continuación ensayamos un esquema de carrera para el mundo actual. Muchas empresas importantes en la Argentina tienen programas llamados «jóvenes profesionales», que se aproximan a la idea que ahora vamos a exponer:



Es interesante destacar —para cierre de este tema— que *la carrera de los especialistas es, por lo regular, limitada*. Los topos superiores de las carreras empresarias no están habitualmente ocupados por especialistas.

1.4.5. La diferencia entre ingeniero profesional e ingeniero científico

Como el lector habrá observado, un asunto que mucho nos preocupa —y que la universidad frecuentemente deja de lado— es la realidad de cómo se dividen los ingenieros desde puntos de vista

distintos a los que terminamos de examinar. Por un lado, tenemos al *ingeniero profesional* y, por otro, al *ingeniero científico*. Revisemos este aspecto en forma crítica a través de las *misiones* que se le encomiendan a cada uno de ellos.

MISIÓN DE LOS INGENIEROS PROFESIONALES DE GRADO

**ATIENDEN LOS PROYECTOS,
LA PRODUCCIÓN Y LOS SERVICIOS**
Actúan preferentemente en las empresas y
también como profesionales libres

**LOS INGENIEROS PROFESIONALES DE GRADO
SON LOS QUE HACEN FUNCIONAR LOS PAÍSES**

Más adelante nos habremos de ocupar en detalle de las tareas típicas en que solemos ver a los ingenieros profesionales en el mundo actual.

El grueso de los jóvenes ingenieros que egresan de las universidades toma este camino porque en él están *LAS MEJORES OFERTAS OCUPACIONALES Y EXISTE UNA CARRERA ABIERTA HACIA LAS GERENCIAS Y LAS DIRECCIONES EMPRESARIAS*. La carrera del ingeniero *profesional* tiene *sabor a éxito* y permite a unos pocos, por supuesto, alcanzar las más altas posiciones en la vida empresaria.

Si nos referimos a los ingenieros científicos, conviene recordar lo que nos dice el filósofo y pensador argentino José Isaacson, a la sazón ingeniero, en una de sus conferencias: «Ciencia, designación genérica de actividades que procuran la búsqueda de la verdad, eje central de la cultura en tanto que factor determinante». También nos dice: «A esta altura del proceso cultural es preciso revisar y transformar nuestras ideas sobre el humanismo y la cultura. Por una parte, el humanismo tradicional excluye las actividades científicas y tecnológicas y, por otra parte, científicos y tecnólogos suelen sentirse ajenos a la cultura».

Esa relación entre la ingeniería propiamente dicha y la ciencia nos induce rápidamente a establecer, a grandes rasgos, cuáles son

sus tareas y misiones, que resultan bastante diferentes de las de los ingenieros profesionales.

Tienen mundos relacionados y hasta podríamos atrevernos a decir que los ingenieros científicos son los que proveen de base a la tarea de los ingenieros profesionales.

MISIÓN DE LOS INGENIEROS CIENTÍFICOS

ATIENDEN LAS NUEVAS INGENIERÍAS Y LA DOCENCIA

Actúan preferentemente en:

- **LA UNIVERSIDAD**
- **LOS ORGANISMOS DE CIENCIA Y TÉCNICA**
- **LAS EMPRESAS CON FUERTE COMPROMISO EN DESARROLLOS INNOVATIVOS**

LOS INGENIEROS CIENTÍFICOS SE OCUPAN DE LA PROFUNDIZACIÓN TEÓRICA, LOS NUEVOS DESARROLLOS Y LA DOCENCIA

Las tareas más habituales que ejecutan los ingenieros científicos son las que siguen:

investigación pura o aplicada,
desarrollos innovativos,
nuevos productos,
nuevos métodos,
docencia universitaria.

Queda claro, entonces, que el ingeniero profesional, al graduarse, se encamina hacia la vida empresaria, sea en relación de dependencia, sea como profesional libre con su estudio. En cambio, el ingeniero científico suele quedarse en la universidad para hacer la carrera de docente o investigador, o hace análogas tareas en alguna de las industrias que, por razones comerciales, necesita desarrollos novedosos.

Para cierre, conviene exponer algo sobre la *clasificación de los ingenieros profesionales*, conforme las principales áreas de trabajo. Para ello consultamos una obra de dos catedráticos españoles⁸ y con algunas adaptaciones tenemos lo siguiente:

INGENIERO DE PRODUCCIÓN	<i>Fabrica bienes y productos Mantiene en funcionamiento los servicios</i>
INGENIERO DE DESARROLLO	<i>Diseña productos, servicios y métodos Participa en investigaciones y desarrollos</i>
INGENIERO DE GESTIÓN	<i>Fija y controla los procesos técnico-económicos Fija y controla políticas de producción y servicios</i>

Esta inteligente clasificación —completamente adaptada a la realidad actual— debe llamar a la reflexión de nuestros profesores universitarios. Notamos una acentuada tendencia a glorificar al ingeniero científico, el que, una vez graduado, se queda en la universidad para hacer investigación y desarrollo y docencia. Por momentos, parecería que se piensa que todos los alumnos de las escuelas de ingeniería están llamados a ser —necesariamente— inventores de genialidades. Sin embargo, no se acentúa la trascendencia y valor social de la labor de los ingenieros de producción, de desarrollo y de gestión. Se los tiene como personajes de segunda clase, ajenos a la calidad de vida, cuando no es así.

⁸ Francisco Aparicio Izquierdo y Rosa María González Tirados, *La calidad de la enseñanza superior y otros temas universitarios*; Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Instituto de Ciencias de la Educación, 1994.

CAPÍTULO 2

LA INGENIERÍA EN LA CULTURA CONTEMPORÁNEA

2.1. EL ENFOQUE FILOSÓFICO Y SOCIOLÓGICO

Un principio es una verdad tan evidente que no requiere demostración. Partamos entonces de un principio que ya hemos dicho en las reflexiones de partida y que es imposible negar: *la cultura contemporánea es predominantemente tecnológica*. Pese a ello, debemos admitir un hecho también evidente (para mencionarlo adoptamos dos vocablos del idioma inglés, palabrejas que están de moda):

La ingeniería es una profesión que carece de «rating» y la ingeniería no está colocada en ningún «ranking» de la popularidad.

En los medios de comunicación social y en la misma vida de relación, casi no se emplea la palabra *ingeniería* y las pocas veces que se lo hace es con sentidos torpemente equivocados. Uno de los ejemplos del mal uso de la palabra viene de la suficiencia y elegancia con que se oye hablar de «reingeniería», barbarismo idiomático difícil de digerir y malamente utilizado. Claramente, se advierte que quienes la emplean no se molestaron en estudiar ni la más elemental de las definiciones de ingeniería. Por supuesto, desconocen también el sentido del prefijo castellano «re». Precisamente, queda de manifiesto esta ignorancia colectiva cuando se

oye hablar de las maravillas materiales de nuestros tiempos y al hacerlo nos empalagan con alusiones a los logros espectaculares de la ciencia y de la tecnología. Ni una palabra sobre la ingeniería, que precisamente interviene en forma absoluta en la construcción y operación de todos esos logros que se comentan con asombro. El ignorante colectivo se la toma muy frecuentemente con la ingeniería, al que se suma una elite de ilustrados a medias.

Como, por otra parte, el tema nos va a imponer mencionar a la cultura, nos vemos obligados a ponernos de acuerdo y adoptar —también como introducción— alguna de las muchas definiciones existentes. Para esto recordamos que *cultura es un conjunto de valores, acciones y realizaciones vitales del ser humano*. Nuestra tesis —globalmente hablando— consiste entonces en procurar emparentar a la cultura con la ingeniería o, dicho de otro modo, vincular al hombre con la ingeniería y examinar una nueva serie de relaciones que están un poco abandonadas en la bibliografía de la filosofía y de la sociología.

El primer tropezón en nuestras divagaciones consiste en tratar de comprender por qué un hecho tan estrechamente vinculado al hombre actual, como es la ingeniería —manifestada por medio de uno de sus componentes más significativos, el cambio tecnológico—, carece de *rating*. ¿Cómo explicamos esa falta de interés de la sociedad por algo que, al haber abarcado todos los aspectos de la vida contemporánea, está de moda? Es imposible negar que la ingeniería alteró todos los aspectos de la forma de vivir en las sociedades modernas. Y continúa alterándolos a ritmo cada vez más veloz. Hay una contradicción manifiesta que está allí, lista para ser investigada por los intelectuales y los eruditos. Existe, además, una serie de errores que se han propagado en el tiempo y han ocultado a la sociedad el papel que desempeña la ingeniería en el humanismo de nuestro tiempo. Un poco más adelante, en el punto titulado «Las definiciones solitarias», buscamos difundir conceptos elementales bastante olvidados.

Salvo por el español José Ortega y Gasset, con sus obras fundamentales *Meditación de la técnica* y *Misión de la universidad*⁹,

⁹ Madrid: Revista de Occidente, Alianza Editorial, 1975.

los profanos carecemos de estudios completos que nos permitan apreciar con claridad cuál es el papel que está cumpliendo en el mundo actual la ingeniería y cuál es la responsabilidad de sus profesionales en los escenarios de una sociedad como en la que vivimos y, más aún, en la que se nos viene encima.

El profundo y fecundo pensador inglés Aldous Huxley, en un breve ensayo¹⁰, toca tangencialmente la cuestión, al señalar con certeza la forma en que los políticos emplean la ingeniería. Tomemos uno de sus brillantes párrafos, que para interpretarlo mejor debemos situarnos en la época en que fue escrito, la década de 1940. Dice Huxley:

Así como Atenas y Esparta murieron de idolatría, agitar de banderas y patriotismo, moriremos también nosotros de los mismos males. Con la diferencia que, mientras los técnicos al servicio de los diversos nacionalismos griegos no habían podido proveerles más que con carros y jabalinas, los técnicos que sirven hoy a los países que se idolatran a sí mismos, nos han dado bombarderos que pueden volar ocho mil millas sin detenerse, bombas incendiarias imposibles de ser apagadas, y proyectiles atómicos que pueden hacer con ciudades enteras, lo que un jarro de agua hirviente hace con un hormiguero.

Hoy, en 1999, los logros de la ingeniería aplicados al arte de la guerra han creado, y siguen creando, artefactos peores que los citados por Huxley, que nos hacen acordar a la ficción escalofriante de George Orwell¹¹.

Entre nosotros, el filósofo argentino Héctor Delfor Mandrioni, en su libro¹², se atreve bastante al decir que «*la tecnociencia arraiga profundamente en el hombre y es la manifestación de su autoconciencia, siendo inseparable del sentido del ser*». Destacamos que se trata de uno de los pocos pensadores de la filosofía que

¹⁰ *Ciencia, libertad y paz*; Buenos Aires: Sudamericana, 1947.

¹¹ *1984*; Buenos Aires: Editorial Guillermo Kraft, 1951.

¹² *Pensar la técnica: Filosofía del hombre contemporáneo*; Buenos Aires: Guadalupe, 1995.

admiten que la ingeniería —que él denomina equivocadamente con el neologismo «tecnociencia»— forma parte inseparable del ser. Por su parte Mario Bunge, otro filósofo argentino pero que vive en Montreal, cuando incursiona en la ingeniería también la confunde inexplicablemente con la ciencia, la técnica y la tecnología, en una dudosa mezcla carente de toda claridad, pareciendo que no recuerda las definiciones actualizadas de ingeniería, lo que resulta algo extraño en un hombre indiscutiblemente culto.

Los pensadores franceses, tan intelectualmente pulcros, son buena fuente de información. Dos de ellos, Caroline Lanciano y Hiroatsu Nohara, del *Laboratoire d'Économie et de Sociologie du Travail* del CNRS, de Aix-en-Provence, Francia, han hecho un valioso estudio comparativo entre ingenieros franceses y japoneses, titulado «Socialización de los ingenieros y construcción de sus competencias: comparación internacional»¹³. En el mismo, a la palabra *ingeniero* la ponen entre comillas, como una profesión todavía de dudosa catalogación. Ello se debe a que en Francia —como muy bien lo explican en ese trabajo— la categoría «*ingeniero*» es ambigua y no homogénea, ya que esa apelación designa a la vez un título educativo y una función profesional. Señalan esos investigadores que el ingeniero en Francia entra a una empresa como un *producto terminado*, es decir, que ha sido socializado por el sistema educativo para responder a las necesidades industriales. Es la herencia de la escuela napoleónica, con sus *Grandes Écoles*. Tomando otro enfoque, tanto en Japón como en Gran Bretaña, el ingeniero *se construye en la empresa y gana su estatus en el interior de la misma*. En otros países, hasta se suelen clasificar a los ingenieros en tres especies fundamentales: los ingenieros diplomados, los ingenieros surgidos de la misma formación profesional y, finalmente, los «*ingenieros de la casa*» (algo parecido a lo que ocurre en los restaurantes con el vino de la casa). Como apreciamos, las dudas no son solo argentinas.

Notamos que los estudios relacionados con asuntos que se vinculan con la ingeniería ponen actualmente un acentuado énfasis en la creatividad, postrándose ante el inventor, que eso es

¹³ *Revista Calificaciones & Empleo* 16; 4º trimestre de 1997, Piette / Céreq.

lo que halagan y de lo que se sienten maravillados y boquiabiertos. Pero olvidan que los inventos de nada sirven si luego no se fabrican en serie, funcionan por años en forma eficiente y abaratan costos para que muchos los puedan disfrutar. Precisamente en esa etapa entra la ingeniería profesional con sus propias reglas —que son muy diferentes a las del creador de innovaciones y al trabajo del científico— y es en esa etapa que la sociedad recoge abundantes frutos. La antigua faena del inventor empírico, lírico y soñador —hoy se la suele llamar «investigación y desarrollo» para darle un sentido solemne— es el génesis de alguna genialidad. Pero si detrás de los innovadores no existe un ejército de ingenieros profesionales que producen en serie las luminosas genialidades o proyectan las obras usando su propia creatividad, o si no hay otro ejército de ingenieros que las hacen funcionar en forma absolutamente eficiente, los inventos no sirven para nada a la sociedad, y esto es lo importante.

Pero muy pocos de nuestros brillantes académicos argentinos que tenemos se animan a mezclarse con la ingeniería y tomarla sin miedo. Este proceder recuerda a los toreros, cuando en un lance taurino para efectuar una verónica esperan al toro y, en un elegante movimiento de su capa, lo ven pasar por su lado para, enseguida, girar el cuerpo altanaramente hacia las gradas dando espaldas al toro, con su traje de luces, esperando el aplauso frenético de la multitud en la plaza delirante, que aspira a recibir la oreja simbólica que el matador arroja entre mantones, peinetones y mantillas que adornan a las majas de negros ojos bellos.

Para los filósofos y los sociólogos, la ingeniería parecería ser un animal gelatinoso, maligno y poco confiable, difícil de controlar; y mejor dejarlo de lado. Pero lo más llamativo es cómo confunden ciencia con técnica y con tecnología, sin tener en cuenta siquiera al vocablo *ingeniería*, que parecen desconocer. El único autor que se anima con el asunto es un profesor argentino de Córdoba, el ingeniero Aquiles Gay¹⁴, que desarrolla acertadamente muchos conceptos hoy faltantes en los tratados internacionales más importantes de filosofía y sociología. Pero, claro está, es un ingeniero.

¹⁴ *La tecnología, el ingeniero y la cultura*; Córdoba: Ediciones TEC, 1992.

Desde Cicerón hasta aquí, encontrando en el camino del tiempo a Leonardo Da Vinci como incomparable arquetipo de ingeniero, artista excepcional y humanista indiscutido, la evolución de las ideas filosóficas en relación con la ingeniería no ha avanzado casi nada —por no decir absolutamente nada—, suficiente razón para que los ingenieros del mundo nos debamos sentir desvelados. Nadie se ocupa de nosotros. Somos unos descartados que solo podemos aspirar a la purificación social y cultural, haciendo abluciones en algún río de parecidos efectos al Ganges, pero, en nuestro caso, para lavar el pecado cultural original de habérsenos ocurrido estudiar ingeniería.

Otros filósofos —algo despistados— confunden la ingeniería con las ciencias fisicomatemáticas y hasta con la arquitectura. Al hacerlo nos recuerdan a la forma de pensar de los eruditos de Salamanca en tiempos de los labriegos, poco después de la salida de los moros de la península ibérica, cuando la ingeniería de aquel entonces era diferente a como hoy la conocemos.

Precisamente recién citamos a Leonardo Da Vinci porque nos parece un modelo a tener en cuenta en nuestros días. En verdad, admiramos y nos emociona Leonardo. Es, a nuestro juicio, un prototipo cultural histórico con mentalidad de ingeniero, pero sólidamente asociado al humanismo, paradigma que —con las actualizaciones que correspondan al tiempo presente de la globalización— nos parece debería recrearse. Sentimos la necesidad de *encontrar el ideal del ingeniero moderno al que debemos tender y el modelo a observar en las escuelas de ingeniería actuales*. Esto es también parte de nuestra tesis. Se hace cada vez más necesario crear un *modelo de ingeniero humanista, totalmente integrado y reconocido por la sociedad*.

Para mejor análisis del momento presente conviene hacer intervenir en estas divagaciones y tribulaciones a los nuevos factores sociales y económicos que se han presentado tras la caída del muro de Berlín, como fin de una etapa histórica. Con la globalización como hecho significativo, ha concluido la era del terror nuclear como forma de equilibrio y convivencia, ante el

peligro de la extinción de toda la especie humana. Las uniones de naciones para producir y competir no solo tienden a resolver sus múltiples problemas interiores con una gran dosis de pragmatismo, sino que también, al abaratar costos, permiten a muchas más personas disfrutar de los productos del ingenio humano. Si bien esto —por tratarse de bienes materiales— no resuelve los problemas profundos del alma humana, ni las actitudes éticas, no deja de verse como un avance. Todavía no se avizora una solución al hambre, falta de educación y enfermedades que padecen grandes cantidades de seres humanos, pero es justo reconocer que muchos progresos de la ingeniería permiten llegar con la educación a un mayor número de almas, y este puede ser un camino viable para que este mundo que habitamos sea más vividero y con mejor dimensión humana. Las uniones de naciones hacen que sus pueblos puedan limar las asperezas que el devenir histórico ha dejado a lo largo de generaciones. La globalización —que deben tratarla los filósofos con el rigor científico que corresponde— podría ser un paso hacia un destino escatológico que lleve a la humanidad hacia una perfección definitiva. *El progreso de la ingeniería —mal llamado progreso tecnológico— podría ser algo intrínseco del ser.*

La ingeniería fue —filosóficamente hablando— bastante olvidada a lo largo de su propia historia, que es la historia misma del hombre en su aventura sobre la Tierra. Cuando el hombre inventó la forma de encender y conservar el fuego, hizo ingeniería. Lo mismo, cuando inventó la rueda. El acero, el bronce y tantos otros productos que hoy usamos fueron avances de la ingeniería que se asociaron a la historia de la humanidad y, muchas veces, determinaron el fin de una era histórica y el principio de otra. Hubo un sentido cultural equivocado del humanismo al desdeñar la ingeniería, confundiéndola torpemente con la tecnología como simple tarea manual desvinculada del intelecto y del ingenio humano y, por lo tanto, reservada a personas de cultura e inteligencia menor. Véase, sin penetrar demasiado en el asunto, cómo ni se cita en la historia que el invento del trirreme, progreso de la ingeniería naval de su tiempo, definió la batalla de Salamina en el golfo de Salónica, al oeste de Atenas, cuando Temístocles venció a los persas. Si los ingenieros navales de los griegos no hubiesen inventado el trirreme, otro hubiese sido el resultado de ese importante encuentro naval

y tal vez diferente, el curso de la historia y de la presencia de Oriente en Grecia. Por esto es que proponemos tomar algo de esos conceptos y revisarlos sobre la base de la siguiente tesis de contraposiciones que ya hemos expuesto más arriba, pero que por su importancia repetimos:

Tan peligrosamente incompleto es un ingeniero que no ha leído los clásicos de la literatura o no se emociona escuchando la «Novena sinfonía» de Beethoven, como incompleto y superficial es el humanista que ignora por qué se mantiene en el aire un avión, que ignora por completo qué es la técnica digital o que desconoce las implicancias apocalípticas que encierra el segundo principio de la Termodinámica.

La ingeniería —con su hija más traviesa, la informática— nos ha invadido. Llamémosla «multimedia», «Internet» o cualquier otra denominación frívola y banal de moda, o alguna de esas superficialidades que duran cada vez menos porque son rápidamente sustituidas por el producto siguiente, mientras esperan en las fábricas que se amorticen los elementos en venta para lanzar al mercado a los que los reemplazarán con ventaja. Los nuevos nombres de los geniales productos creados por los ingenieros son manipulados por los magos del *marketing*, que poco saben de idioma y menos de ingeniería, esta disciplina intelectual tan antigua como el hombre, que ya es parte de la cultura contemporánea. Esto es tan cierto como que al hombre llamado *culto* se le hace cada vez más difícil entender el mundo en que vive rodeado por productos de la ingeniería. Se está creando un verdadero abismo entre la cultura tradicional y la moderna ingeniería avanzada. Entre la cultura de la retórica, la arquitectura, la lógica, la literatura, la música, el canto, las artes plásticas y la poesía, y este nuevo mundo de la genialidad tecnológica hay una desarticulación que será necesario cubrir por medio de pensadores modernos.

La historia de la ingeniería, por su misma naturaleza intrínseca, está presente en toda la historia de la humanidad. Desde los tiempos iniciales del ser humano bajo su configuración actual, el hombre hizo cosas técnicas que fueron las ingenierías de su época. No tuvo que esperar a que hicieran su aparición las ciencias para producir lo que necesitaba. La ingeniería siempre estuvo adelante,

y hoy sigue vigente esta idea. Luego vinieron las explicaciones rigurosas de los científicos. Veamos un ejemplo casi patético, que más adelante repetiremos. Cuando Watt inventó y patentó su máquina a vapor en 1769, faltaban 55 años para que el ingeniero francés Nicolás Sadi Carnot presentara su estudio sobre la potencia que se puede obtener del calor. Faltaban 73 años para que Julian Robert Meyer sugiriera la equivalencia y conservación de todas las formas de energía. Faltaban 74 años para que James Prescott Joule publicara sus medidas que dan el equivalente mecánico del calor. Faltaban 81 años para que Rudolf Julius Emanuel Clausius y Lord Kelvin formularan el segundo principio de la Termodinámica.

La ingeniería podría así ser vista como la vieja artesanía que, por evolución natural, se fue haciendo cada vez más estricta y compleja y por fin, dentro de los dos últimos siglos, alcanzó el perfil de disciplina independiente, con sus propios métodos. Esta idea no es fácil de admitir, dado que de antiguo se pensó que era «*ciencia aplicada*». Esto quería decir que los científicos estudiaban los fenómenos naturales, encontraban sus leyes, daban racionalidad al conocimiento y atrás venían los ingenieros recogiendo este saber para poder hacer lo suyo. Ese parecía ser el procedimiento. Como demostraremos un poco más adelante, esto actualmente no es cierto.

Buscando razones a tales ideas erróneas nos encontramos con lo siguiente. En nuestro país —y en muchos otros más, particularmente en los latinos— las carreras de ingeniería nacieron en las escuelas de ciencias físicas y matemáticas hasta bien entrada la mitad de este siglo. Salvo la Universidad Tecnológica Nacional (oficial), que nació como Universidad Obrera Nacional, la Universidad Nacional del Sur (oficial), que nació como Instituto Tecnológico del Sur, y el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (privado), que nació como escuela de ingenieros exclusivamente, todas las carreras de ingeniería aparecieron dentro de escuelas de ciencias puras, adquiriendo sus tonalidades.

2.2. UNA PROFESIÓN SIN PROTAGONISMO

Debemos insistir, para mal de la ingeniería, que se trata de una actividad que carece de *rating* y que no figura en los *rankings*, como afirmamos al comenzar. Cuando los pensadores la citan —que lo hacen muy poco— muchas veces la comparan con la «caja de Pandora», que encierra todos los males del mundo. Se aconseja no destaparla para evitar que los demonios que contiene se desparra-men. Es que la ingeniería encierra un mundo de leyes invisibles porque la ingeniería es un arte asistida por las ciencias, como bien dice nuestro brillante académico argentino de la ingeniería, el profesor Arturo Bignoli, y las bases que la ingeniería moderna emplea provienen de un mundo que es para pocos. Además —no sabemos si por influencia de ella u otras razones— los ingenieros suelen ser personajes que gustan de lo que se ha dado ahora en llamar en el vocabulario popular *perfil bajo*, que en buen romance indica que no quieren sobresalir demasiado en sociedad.

Tal vez por allí podamos indagar y encontrar muchas de las causas de esa «falta de *rating*» de la ingeniería. Nuestra profesión encierra un fuerte contenido de ciencias puras, cuota de misterio nada fácil de intuir. Cualquiera se puede atrever a opinar sobre psicología, si ha visto alguna audición de televisión en que uno de los invitados —mejor, una de las invitadas, porque hay más psicólogas que psicólogos— con suficiencia y en diez minutos explica todo el saber de la conducta humana, basados naturalmente en Segismundo Freud y su seguidor Jacques Lacan, o si se prefiere, la versión vernácula de Pichón Riviere, el psicólogo argentino que nació en Suiza. Luego, aplicando esos conocimientos un tanto frívolos y esas recetas breves, el televidente educa a sus hijos y algún día, años más adelante, cuando esos hijos ya grandes hagan todo tipo actos vandálicos y antisociales, en otra audición de televisión aprenderá cómo resolverlos.

Pero en la televisión —oráculo del saber actual, consultorio sin diván de las nuevas pitonisas— no encontramos a quien se atreva a inmiscuirse con el ciclo termodinámico de un simple motor *diesel*, de esos que despiden humo en las calles de Buenos Aires. Seguimos diciendo que «*se cortó la luz*» en vez de decir que se interrumpió el suministro de energía eléctrica, a pesar de que

nunca nadie se valió de una tijera para dejar a oscuras una habitación. Ni que hablar si buscamos en la televisión a alguien que explique por medio del ciclo de Carnot el segundo principio de la Termodinámica, que sirve para entender algo tan humano como saber hacia dónde marcha el universo. Se dirá que la televisión es solo un entretenimiento, pero hay suficientes estudios que demuestran que no es solo eso.

2.3. EL HOMBRE CULTO ACTUAL

Lo recién explicado es inquietante y nos invita a divagar —de paso— sobre qué significa ser una persona culta en el momento actual de la historia de la humanidad, en este mundo enloquecido por Bill Gates y sus genialidades. En este mundo donde frecuentemente nos sentimos tentados a refugiarnos en los pensamientos que nos dejó el autor de tangos Enrique Santos Discépolo, volcados para el decir popular en su inolvidable composición *Cambalache*. Discépolo parece señalarnos —aunque en forma algo rústica, claro está— alguna guía sobre el comportamiento ético del ser humano. Pero no dejemos de ver que un filósofo importante como fue José Ortega y Gasset, nos dijo: «*la humanidad no puede vivir sin la técnica a la que ha llegado*». Por fin, alguien indiscutiblemente culto nos hace, a los ingenieros, un lugarcito en este mundo.

Para una nada despreciable franja de la intelectualidad actual, ser culto equivale a haber leído el *Contrato social* de Jean-Jacques Rousseau o *El príncipe* de Nicolás Maquiavello. O estar enterado de que Luis XVI de Francia no era precisamente un personaje muy despabilado, y que así le fue en la política, ciencia muy precisa en los brillantes discursos, pero que en la práctica presenta algunos fallos. O recitar de memoria algún versículo de la *Divina comedia* en medio de una conversación ilustrada, entremezclando oportunas citas de Juan Goethe, Marcelo Proust o Miguel de Cervantes, literato éste último sobre el que muchos hablan, pero pocos han leído. Todo ello, al tiempo de tomar el cubierto adecuado con la mano adecuada para la comida adecuada en una cena culta, demostrando que esos saberes se adquirieron en la cuna, sin necesidad de seguir los cursos de buenos modales que a precio módico se pueden tomar.

Es curioso que nadie ponga énfasis en pensar que el hombre culto del momento actual es aquel que, además de la carga de enciclopedismo infaltable y de conocer el pensamiento sociológico de Max Weber, debe saber por qué se mantiene en el aire el avión en que vuela, qué diferencia hay entre fisión y fusión nuclear, para qué sirve un transistor, cómo debe interpretarse el principio de conservación de la energía en el automóvil que conduce, por qué un puente soporta la carga que se le coloca, qué es un cable de fibra óptica, qué tiene adentro una computadora y todo ese universo que rodea al hombre actual y lo condiciona, que es el mundo maravilloso creado y operado por los ingenieros, no por los científicos, como erróneamente se difunde.

El hombre culto actual no es ya parecido al que frecuentaba las tertulias de fin de siglo. Hoy baila el rock. El minuet y el canto lírico solo nos deleita en los espectáculos artísticos. La cultura se ha expandido y modificado, ha tomado otra dimensión porque la ingeniería se introdujo en ella, y las personas cultas deben entender —aunque sea en líneas generales muy conceptuales— los hechos básicos de la ingeniería que inventan los ingenieros profesionales y mantienen en servicio con eficiencia asombrosa también los ingenieros profesionales, que son los que hacen funcionar ahora a las naciones civilizadas. La ingeniería, esa profesión que está en todo lo que hacemos a diario, carece de importancia social.

Si en un ejercicio imaginario, digno de la fantasía de Jorge Luis Borges en cualquiera de sus obras, por ejemplo, su genial fresco orillero «El hombre de la esquina rosada»¹⁵, imaginásemos que todos los ingenieros del mundo se enojasen mucho, cerrasen con llave sus lugares de trabajo y llevándose esas llaves se refugiaran para hacer buceo en un desconocido islote del Caribe durante una semana, todo el mundo civilizado sería un caos, como hemos descrito más arriba. Solo unas pocas comunidades muy primitivas de la cuenca del Amazonas o muy particulares como las del Tíbet no advertirían lo que ocurre. Los filósofos, los sociólogos y los

¹⁵ *Historia universal de la infamia*, en *Obras completas*; Buenos Aires: EMECE, 1954.

historiadores no se han percatado de que ya vivimos *la edad de la ingeniería* y esto constituye un preocupante atraso de la filosofía y de la sociología actuales, y también de la epistemología grandilocuente. Nuestra profesión marcó hace rato el fin de una era y trazó el principio de esta otra que estamos comenzando a vivir todavía embrionaria y borrosa, pero sólidamente presente. Los historiadores del futuro la podrán definir mejor, pero lo importante es tomar conciencia, ahora, de que la estamos transitando.

2.4. LAS DEFINICIONES SOLITARIAS

Tratando de indagar las causas de este estado de la orfandad social en que se encuentra la ingeniería, se nos ocurre discurrir sobre dos de sus causas. Por un lado, ese contenido mayoritario de ciencias fisicomatemáticas que emplea la ingeniería como simples accesorios, que no es tan fácil de adquirir y que espanta a cuanta persona culta pretenda atreverse por esos andurriales. El científico aprende estas ciencias con naturalidad porque es su vocación y su destino; el ingeniero las adquiere como simples herramientas porque las necesita como auxilio de su trabajo, aunque las tareas esenciales de un ingeniero profesional moderno no tienen absolutamente nada de parecido con las científicas. El ingeniero profesional moderno es un ejecutivo de acción, una persona capaz de asumir riesgos y de tomar decisiones. Pero, por otra parte, hay que apuntar a la universidad que, encerrada en su torre de cristal, ha venido formando a los ingenieros en la Argentina —y también en la mayor parte de los países de avanzada, como lo verificamos frecuentemente al visitar importantes universidades extranjeras— con una concepción errónea. Se afirma todavía, con una superficialidad aterradora, que ingeniería es ciencia aplicada, una especie de producto bastardo, subalterno y algo banal de las ciencias puras. La ingeniería es tratada como una hija clandestina de las ciencias, producto de una aventura galante en una noche de desenfrenos. Se supone —muy erróneamente— que *la ingeniería se dedica a aplicar los conocimientos científicos preexistentes, sin los cuales no es posible su presencia*. Sin embargo, la ingeniería es otra cosa. *Es la búsqueda de soluciones a los problemas sociales, a los problemas del ser humano que ansía una más alta calidad de vida para poder desarrollar mejor lo importante, que es su vida*

interior, su alma. Poco o nada se comenta que muchas de las realizaciones sensacionales de la ciencia actual han sido posibles gracias a la ingeniería y que esta les presenta a los científicos desafíos en sus tareas, obligándolos a tomar su propio ritmo. Por momentos, parece que los papeles tienden a invertirse y la ciencia podría terminar, a no muy corto plazo, por ser ingeniería aplicada.

Estamos en este breve ensayo hablando de ingeniería, pero resta saber por qué se la confunde tanto con la ciencia, con la técnica y con la tecnología. Unas simples definiciones nos ayudarán para aclarar las cosas. Las vamos a repasar juntas, cosa poco común, porque de ese modo se las puede comparar:

- *CIENCIA*
Es un cuerpo de doctrina metódicamente formado y ordenado que constituye una rama particular del saber humano y que permite el conocimiento cierto de las cosas por medio del estudio de sus principios, causas y efectos.
- *TÉCNICA*
Es un fenómeno esencialmente humano, tan antiguo como el hombre mismo. Es el arte de transformar la naturaleza elemental que rodea al ser humano, creando una sobrenaturaleza para su provecho.
- *TECNOLOGÍA*
Es el conjunto de procedimientos, obras, máquinas, aparatos y sistemas capaces de hacer progresar a las técnicas, utilizando para ello la creatividad humana. Es la vinculación entre el saber y el hacer. Es la relación entre los seres humanos y los productos de su propia creación.
- *INGENIERÍA* (según Hardy Cross, EUA)
Es el arte de tomar una serie de decisiones importantes, dado un conjunto de datos incompletos e inexactos, con el fin de obtener, para un cierto problema, aquella, de entre las posibles soluciones, que funcione de manera más satisfactoria.

- *INGENIERÍA* (según el *Accreditation Board for Engineering and Technology*, EUA)

Es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio a fin de desarrollar formas en que se puedan utilizar, de manera económica, los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad.

- *EJERCICIO PROFESIONAL DE LA INGENIERÍA* (según el *North American Free Trade Agreement*, NAFTA)

Es cualquier acto de planificación, proyecto, composición, evaluación, asesoramiento, dictamen, directiva o supervisión, o el gerenciamiento de lo precedente, que requiera la aplicación de los principios de la ingeniería y que concierna a la salvaguardia de la vida, la tierra, la propiedad, los intereses económicos, el bienestar público o el medio ambiente.

Volveremos más adelante sobre estas definiciones.

2.5. LAS BASES DE LA CONFUSIÓN

La universidad —no solo en la Argentina, sino en buena parte del mundo— es una de las causantes de estas confusiones. En las escuelas de ingeniería, al tener que convivir científicos con ingenieros por razones bien naturales, se ha desarrollado con el correr del tiempo una serie de mitos y prejuicios culturales equivocados. El exceso de ciencias puras en muchas escuelas de ingenieros de renombre internacional en Europa y Estados Unidos de América hace que se asemejen más a escuelas de ciencias en las que —allá cerca del final de los estudios, como por compromiso— se enseña algo de ingeniería. Sorprende mucho observar que los estudios no se inician con la formación profesional sino con una acentuada preparación para la investigación y el descubrimiento. *¡COMO SI LA TOTALIDAD DE LOS GRADUADOS INGENIEROS ESTUVIESEN LLAMADOS A SER SENSACIONALES INVENTORES!* Para peor, pensando que los ingenieros han de vivir humildemente a la sombra de los científicos, como si se tratase de una rara especie de planta parásita o una sumisa corte

de aprendices de los hechiceros. Sin embargo, según datos de la National Science Foundation, apenas un 15 por ciento de los ingenieros graduados en los países de más alto desarrollo en el mundo se dedica a lo que ahora se ha dado en llamar *investigación y desarrollo* (por su abreviatura, I+D), asunto sobre el que volveremos enseguida¹⁶.

Para muchos catedráticos de renombre, es creencia que el egresado, cuando se quita la toga de la graduación y percibe que debe ganarse la vida con su trabajo de ingeniero, acude presuroso a la universidad para dedicarse a la investigación. Sin embargo, más del noventa por ciento de los ingenieros al graduarse —en todos los países— deben emplearse en el sector productivo de bienes y servicios. En ese medio laboral al que ingresan bruscamente, se les encomiendan labores que nada tienen de científicas. Pero en ese mundo que los científicos miran de reojo con cierto desdén, ese ingeniero joven tiene un futuro promisorio, porque puede llegar algún día a ser director general, cosa que es más difícil que le ocurra a un científico.

Muchas facultades de ingeniería —incluidas algunas de nuestro país— se asemejan hoy demasiado a *facultades de ciencias desprovistas de cultura ingenieril y desprovistas de cultura general*. Todo agravado porque en algunas universidades argentinas, últimamente, la nueva estrella ha sido el frenético empeño por entregar solo información e instrucción para la llamada *salida laboral*, que está creando una formación baladí y superficial, falta de rigor y nivel. No advertimos el mismo afán por dar cultura y, menos, por formar la personalidad profesional del ingeniero como universitario integral. Parecería que a la cultura y a la ingeniería se las mantienen escondidas tras los telones de la ciencia. Pero, esencialmente, esto podría deberse al *gran problema de la universidad actual, que va registrando muy pausadamente las demandas de la sociedad. Sus respuestas son tardías y ello se debe, en buena parte, a que su sistema de gobierno en la Argentina es antiguo, lento e ineficiente*. Las universidades para el tiempo actual se han transformado en unidades administrativas cada vez más comple-

¹⁶ Paul H. Wright, *Introducción a la ingeniería*; Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana, 1994, páginas 40 y 42.

jas, que requieren la aplicación de sistemas modernos de administración y control de gestión, requerimientos que se contraponen con las formas de gobierno colegiado, de por sí discursivas y divagadoras, esencialmente postergadoras. Las universidades oficiales del Estado más parecen escuelas de políticos jóvenes, y las universidades privadas más parecen empresas comerciales. Si bien dentro de unas y otras hay gente de mucho valor, que hace buena investigación y buena docencia, el rosario de sus interminables lamentos es síntoma evidente de que algo está fallando en sus estructuras internas. No se puede negar que las personas de calidad en las universidades no están haciendo sus labores con satisfacción, con alegría. Es notorio que algo anda mal.

Nótese que al ingeniero profesional actual, cuando ingresa al mundo del trabajo, no se le encarga descubrir las grandes verdades universales que están ocultas en la naturaleza y darles racionalidad, como hacen los físicos y los químicos. Tampoco elabora nuevos y vistosos artilugios tomando como base el fin del conocimiento anterior, como hacen los matemáticos. La física y la química existen desde los tiempos del génesis porque son las leyes del universo que hizo Dios. Los científicos las van descubriendo poco a poco. La matemática es solamente un lenguaje inventado por el hombre, como bien dijo Williard Gibbs (1839-1903), el creador de la física estadística, escandalizando con ello a los severos teóricos de la Universidad de Yale, donde trabajaba *ad honorem*¹⁷. *El ingeniero es un creador de lo que no existe todavía y un racional operador de esa creación*, algo muy diferente al físico, al químico o al matemático.

El ingeniero —sea el de proyecto, sea el de operación— debe desarrollar una capacidad creadora que aplica en forma continua, y eso es otra faceta del pensamiento filosófico. *El ingeniero debe aplicar continuamente el sentido de la transformación, no el sentido del descubrimiento como ocurre con el científico*. El exceso de matemática, como hoy vemos en muchas escuelas de ingenieros de los países altamente desarrollados, acostumbra a la mente a lo abstracto y a lo exacto, cuando la ingeniería es lo concreto y lo

¹⁷ Leonardo Peusner, *Las máquinas del tiempo*; Buenos Aires: Librería y Editorial Alsina, 1998.

aproximado, exactamente al revés de lo necesario en una formación de la personalidad profesional. La ingeniería no se parece a la astronomía. A una mayoría abrumadora de ingenieros en todo el mundo se la necesita para la sociedad auténtica, en la cual hay que crear y hacer funcionar cosas para ese mundo verídico y para dirigir y gerenciar esa realidad. No se lo forma para que se quede en la universidad haciendo investigación y publicando *papers* en las revistas con referato, para deleite de las minorías de ese mundo idílico. Inclusive, lo que ahora se ha dado en llamar *desarrollo* es lo que los ingenieros desde hace un siglo llaman simplemente *proyecto* con mucha más modestia y sin alardes científicos. No podemos comprender por qué le cambiaron el nombre. Todo proyecto de ingeniería, hasta los planos de un simple edificio de una casa de departamentos o una simple instalación industrial de aire acondicionado, tiene algo de eso que se ha dado pomposamente en llamar *desarrollo*. Ocurre así porque de ese modo se puede asociar ese vocablo al otro vocablo, seductor, la *investigación*, y obtener subsidios para hacer de esa ocupación una forma de vida que es digna y meritoria, pero sin exagerar. Juntos se llaman «investigación y desarrollo» (I+D), asignándole una cierta cuota de misterio para las gentes poco advertidas. Esta confusión se ha incrementado porque hay muchos científicos que creen hacer ingeniería. Inversamente, muchos ingenieros creen hacer ciencia.

2.6. LOS INGENIEROS EN EL MUNDO ACTUAL

Si en un pasado relativamente cercano los ingenieros, con sus actitudes y sus productos profesionales, podían influir relativamente sobre el contorno social al crear y operar componentes técnicos que la sociedad requería para sus necesidades esenciales y también para sus necesidades superfluas, hoy la situación se está modificando rápidamente. La formación del ingeniero moderno se ve también afectada por otros factores. Entre ellos debemos tener en cuenta lo que ocurre en las empresas, las que, a su vez, son influidas por los acontecimientos de una economía globalizada y veloz, que impone un ritmo de cambio que altera toda la estructura social.

Los hechos que observamos —indiscutibles en el mundo actual— están imponiendo sus reglas, las que invaden al ejercicio profesional de viejo estilo, hasta prácticamente destruirlo. Este fenómeno no ha penetrado todavía en las viejas estructuras de las universidades más clásicas. No responde al modelo humboldtiano de la universidad alemana, científica, académica y ligada al avance de la cultura. Tampoco responde al modelo napoleónico de la universidad francesa, profesional, académica y ligada a los intereses del Estado. Las universidades no pueden soportar ya la presión de este fenómeno perverso que coloca a la universidad en situación apremiante y perdedora. La universidad, habituada a los cambios lentos que en algunos casos requirieron siglos, ha sido tomada de sorpresa por una sociedad que ya no la mira con la reverencia debida y pretende que se adelante a los hechos que ella vive o, por lo menos, marche a la par. La universidad parece, a los ojos de las gentes, como incompetente para adelantarse y prevenir.

Estas reflexiones agregan preocupación a los encargados de la formación de ingenieros, debido a que este tipo de profesional se ve muy afectado por los acontecimientos de cambio. Se ha creado una especie de *estructura técnico-social*, dentro de la cual se mueven los ingenieros, que impone reglas que no fueron anunciadas en las aulas y que los mismos profesores no entienden o no conocen. Es notoria la dicotomía entre el *mundo de afuera* y el *mundo de adentro* de las universidades. Esa diferencia de mundos a la que nos estamos refiriendo fue muy bien explicada por el ingeniero francés Georges Lamirand¹⁸. En su obra, Lamirand describe la sensación de perturbación y desconcierto que recibe un recién graduado ingeniero cuando se presenta con su elegante e impecable traje blanco en una fábrica metalúrgica francesa, en un pesado día de verano, al que será su futuro jefe. El ingeniero, con su sobado traje de mecánico toma una vieja y sucia gorra y se la coloca, invitando al recién graduado a recorrer juntos las instalaciones de la fundición. A los gritos, en medio de ese ambiente, le explica las operaciones. El azorado joven ingeniero, formado en la universidad para ser científico en vez de ingeniero, no entiende bien ese fantasmagórico escenario. Al pasar por entre los obreros

¹⁸ *Le rôle social de l'ingénieur*; París: Plon, 1954.

que están con el torso desnudo haciendo las coladas y operando artefactos peligrosos, solo provoca sonrisas socarronas. Vuelto a la oficina del ingeniero jefe, es testigo de una discusión sobre salarios con un obrero, al tiempo que por teléfono lo llaman de gerencia general para presionarlo por unas entregas. En su interior el joven se pregunta: «¿Para hacer esto tuve que aprender a resolver ecuaciones diferenciales o comprender los teoremas más intrincados?». Al pobrecito recién graduado, en la universidad se habían olvidado de avisarle qué era la ingeniería y él creía que iba a ser un nuevo Galileo.

El sentido necesario para lograr armonizar todo ese conjunto heterogéneo no se adquiere en el viejo claustro hermético de meditación que es la universidad clásica, ni usando el método científico. Tal vez sea al revés. «*EL MÉTODO CIENTÍFICO*» SE CONSTITUYE EN UN PESADO LASTRE que retarda la toma de decisiones porque busca un perfeccionismo y una profundidad equivocadas y *emplea demasiado tiempo* para llegar a sus conclusiones. Hoy se debe aplicar «*EL MÉTODO DE LA INGENIERÍA*», que es esencialmente distinto al método científico que reina en las universidades.

2.7. LA PROPUESTA DE CIERRE

Estas reflexiones pueden emplearse para oportunas consideraciones de cierre. Acudimos a un trabajo del profesor Fabio Esteban Seleme¹⁹. Se pregunta el profesor Seleme: «¿Es la técnica un hecho histórico o, por el contrario, el principio de la historia? ¿Es la técnica un producto cultural o, por el contrario, origen de la cultura?». Si la técnica es principio de la cultura, resulta lógico pensar que la cultura es algo esencialmente técnico. Esto equivaldría a decir que todo lo que es técnico es parte de la cultura, o bien, que todos los hechos de la cultura se emparentan en sus raíces con fenómenos técnicos. Llevan superficial o subrepticamente la impronta técnica y están conectados de una u otra manera a ella, como dice el profesor Seleme.

¹⁹ «El laberinto del ingenio», premio Academia Nacional de Educación, Buenos Aires, 1997.

*Si fuese cierto que la ingeniería es ciencia aplicada, ¿cómo explicar que las grandes civilizaciones de la antigüedad como la Mesopotamia, Egipto, India, China, Grecia clásica y el Imperio Romano, tuvieron tecnologías, productos de las ingenierías de esos momentos históricos, sin ninguna ciencia subyacente que les sirviera de base? Había artesanos, ingenieros primitivos, pero no científicos. En el transcurso de esas etapas de la historia hubo hombres del gran pensar contemplativo como Platón o Aristóteles, a los que no se les habría ocurrido, ni por asomo, que sus ideas pudieran servir para hacer cosas prácticas, que en esas civilizaciones eran reputadas como tareas poco honrosas. Se consideraba que los trabajos manuales deformaban tanto al cuerpo como el alma. Aquellos ingenieros primitivos que concibieron y dirigieron las obras del Acueducto de Segovia, la Vía Apia y otras realizaciones magníficas y colosales, eran considerados mano de obra servil por los cultos de ese entonces. Algo de ello se ha propagado en el tiempo y perdura en la visión que el humanismo tiene todavía de la ingeniería. Esa concepción degradante del trabajo humano, materializado brillantemente por la ingeniería, todavía infecta a la filosofía y a la sociología de las conferencias. En los tiempos que corren está claro que el trabajo no es ni un deber penoso, ni un castigo bíblico. Es algo que también contribuye a la dimensión humana y extrae de lo íntimo del ser muchas de sus virtudes ocultas. La ingeniería es la ciencia del trabajo. La cultura antigua enalteció al *homo sapiens* y al *homo ludens*, pero no tuvo en cuenta al *homo faber*. Históricamente el *saber-saber* prevaleció sobre el *saber-hacer* y la ingeniería es, precisamente, *saber-hacer*. Hoy, los hechos de la globalización y la cibercultura obligan a revisar muchos conceptos antiguos.*

Algunos de estos equivocados juicios bloquearon, por siglos, el prestigio de la ingeniería, que era considerada como una actividad relacionada con los esclavos, que suministraban una fuente de energía barata y abundante. Esto comenzó a cambiar recién en el Renacimiento y precisamente con los inventos de Leonardo Da Vinci, como los molinos de viento y de agua, el tornillo de rosca cuadrada y otros que permitieron al hombre apreciar que había fuentes naturales de energía de que servirse. Nótese que la ingeniería existía como tal antes de Galileo Galilei, Francis Bacon, René Descartes e Issac Newton, fundadores de la ciencia tal como

hoy se la conoce. Siempre estuvo primero la ingeniería, hasta en nuestros días, donde su impulso arrollador, manifestado notoriamente por las comunicaciones y la informática, presionó a los científicos a penetrar en el estudio de la física del sólido y permitirles así a los ingenieros desarrollar las maravillas de los circuitos integrados actuales. La informática misma, que ha cambiado la forma de vida de la humanidad, es una hija traviesa de la ingeniería. Creaciones como la electrónica y la fibra óptica, y las imprescindibles ingeniería industrial e ingeniería civil actuales, han permitido equipamientos cada vez mejores y más baratos, sin intervención de la ciencia. Solo la ingeniería, como producto del ser humano racional, ha elaborado este mundo moderno en el que vivimos. Volviendo sobre lo dicho un poco antes, *la ciencia busca conocer lo que existe en la naturaleza, como manifestación de la curiosidad humana, mientras que la ingeniería crea lo que no hay en la naturaleza y lo pone al servicio del hombre*. De esto surge claramente que los métodos de la ingeniería son muy diferentes a los de la ciencia, no debiéndose confundirlos.

La idea que sostenemos es que el trabajo del ingeniero, sus concepciones geniales y la operación y gerenciamiento racional de las mismas están basadas siempre en necesidades o en problemas sociales. Esto ocasiona un giro sustancial en la concepción de la ingeniería y la relaciona directamente con la cultura y el humanismo. Más aun, hace penetrar a la ingeniería en la cultura y la convierte en uno de sus componentes. La ingeniería toma al ser humano como motivo de sus actos y al medio ambiente, como un bien de valor extremo, al que hay que cuidar y desarrollar lo mejor posible, y esto inexplicablemente pasó inadvertido para los filósofos, los sociólogos y la intelectualidad en general.

Concluimos afirmando que sería deseable que la sociedad reconociera a la ingeniería como uno de los componentes de la cultura contemporánea y que los ingenieros —basados en el modelo de Leonardo Da Vinci— elaboraran el prototipo de ingeniero del futuro, en base a una adecuada dosificación de cultura y el humanismo en su formación.

CAPÍTULO 3

LA IDENTIDAD DE LA INGENIERÍA ACTUAL

3.1. LA INGENIERÍA DESDE UN MARCO AMPLIO

La ingeniería, primitivamente, se manifestó por medio de obras religiosas o rituales colosales como las pirámides, las tumbas y los templos. Fueron entonces las obras civiles las que abrieron la ruta a la ingeniería, es decir, la ingeniería civil. Los caminos, los puentes, los acueductos, las grandes construcciones, los diques de contención, los canales, los puertos. Más cerca en el tiempo, los ferrocarriles; hoy, los aeropuertos. Pero, a causa de las genialidades de Leonardo Da Vinci, fueron la mecánica y la hidráulica las que le siguieron, creando las otras ingenierías y abriendo un camino que hoy todavía no ha concluido. Nótese que la ingeniería nació de dos ideas sustanciales: *las obras civiles, que emplean los materiales de la naturaleza, y la ingeniería mecánica, que aprovecha la conversión de la energía que hay en la naturaleza*. Materiales y energía, dos factores sin los cuales no hay ingeniería.

En la Mesopotamia, sobre el Tigris y el Éufrates, los babilonios y los asirios hicieron obras de ingeniería, por lo que parece comenzar allí mucho de lo que hoy conocemos como ingeniería. *Nótese que había colosales obras de ingeniería sin que la ciencia hubiese asomado por la humanidad*. La misma Torre de Babel que menciona el Antiguo Testamento era una estructura de ingeniería civil. El rey de aquel país, Hammurabi, creó un código que lleva su nombre y que podría ser considerado como el primer intento de

codificar la edificación. Hubo también trabajos de irrigación, esencialmente obras civiles. Luego, históricamente, en el valle del río Nilo se hicieron grandes obras de contención de las aguas con diques y canales. Después, la ingeniería se extendió al Mediterráneo, con el faro de Alejandría, y en Grecia y el Medio Oriente se hicieron puertos, que son también obras de ingeniería civil. En Grecia, en el llamado «siglo de Pericles», el esplendor de Atenas sobresalió con sus mausoleos y grandes templos. En Roma, los circos para los grandes espectáculos fueron obras de la ingeniería de ese tiempo. En la Edad Media, el Puente de Alcántara en España fue fiel exponente de una ingeniería bien refinada para su tiempo. Pero, juntamente con la construcción de puertos, se desarrolló la construcción de buques de todo tipo, por lo que a la ingeniería civil está directamente asociada la ingeniería naval.

No pretendemos explorar la historia de la ingeniería, que bien puede verse en tratados especiales²⁰; también, Alberto Plini Luchini²¹, pero hacemos notar que fue la hoy llamada ingeniería civil la que apareció primero, históricamente hablando. Luego, avanzando en el tiempo, se desarrolló la ingeniería mecánica, a partir de la época de Leonardo Da Vinci, con lo que el hombre aprendió a emplear las fuentes de energía de la naturaleza. En el siglo XIX, al poder generarse electricidad en forma práctica a través de inventos de gran importancia como son las fuentes electroquímicas bajo la forma de acumuladores y las máquinas generadoras rotativas, la energía eléctrica comienza a ocupar su espacio en la ingeniería general, expandiéndose su uso con los inventos de Tomas A. Edison, prototipo de *inventor sin ninguna base científica*. A principios del siglo XX, a raíz de los estudios de la propagación electromagnética y el invento del triodo amplificador, seguido hoy por los avances en los componentes de estado sólido y la microelectrónica, nació la ingeniería electrónica, la computadora personal y los avances en las comunicaciones.

²⁰ J. Rey Pastor y N. Drewes, *La técnica en la historia de la humanidad*; Colección Oro, Buenos Aires: Atlántida, 1957.

²¹ *Historia de la ingeniería argentina*; Buenos Aires: Centro Argentino de Ingenieros, 1981.

Vamos a penetrar un poco en todo este mundo de ideas, antes de revisar otra vez las definiciones de ingeniería. Acudiendo nuevamente a la obra *La tecnología, el ingeniero y la cultura*, de que es autor el ingeniero argentino Alquiles Gay, profesor de la Universidad Nacional de Córdoba, y que hemos mencionado anteriormente, podemos repetir algo dicho más arriba. Si el mundo griego estuvo marcado por la filosofía, el romano por la jurisprudencia, el renacentista por el arte, el moderno por la ciencia, el actual lleva el sello de la tecnología, que a nosotros nos agrada más decir, la ingeniería. Recordando nuevamente a José Ortega y Gasset: «El hombre no puede vivir ya sin la técnica [la ingeniería] a la que ha llegado» (*a la técnica, nosotros preferimos llamarla ingeniería*). Como el mismo profesor Gay nos recuerda, en la obra recién citada, Ortega y Gasset también ha dicho: «Hoy el hombre no vive en la naturaleza, sino que está alojado en la sobrenaturaleza que ha creado en un nuevo día del Génesis: la técnica».

La historia de la ingeniería, por su misma naturaleza intrínseca, está presente en toda la historia de la humanidad, como terminamos de recordar un poco más arriba. Desde los tiempos iniciales del ser humano bajo su configuración actual, el hombre hizo obras técnicas que fueron las ingenierías de su tiempo. No tuvo que esperar que hicieran su aparición las ciencias para producir lo que necesitaba. La ingeniería siempre estuvo adelante. Luego vinieron las explicaciones rigurosas de los científicos. La ingeniería podría así ser vista como la vieja artesanía que, por evolución natural, se fue haciendo cada vez más estricta y compleja y por fin, dentro de los dos últimos siglos, alcanzó el perfil de disciplina independiente, con sus propios métodos.

3.2. LAS DEFINICIONES DE PARTIDA

No debe extrañar, entonces, que incluyamos en este capítulo definiciones de ingeniería, dado que aquellas que nos inculcaron años atrás nuestros maestros son hoy inaplicables o resultan notoriamente insuficientes. Quien haya ejercitado en forma efectiva la ingeniería, sea en las áreas de proyectos generales, proyectos ejecutivos, proyectos de detalle, elaboración de especificaciones, atención de instalaciones, supervisión de procesos y dirección

de obras, sea en las áreas de consultoría, desarrollo de productos, mantenimiento preventivo, conducción y administración de la producción, administración de obras y de atención de servicios, ha conocido verdaderamente la ingeniería. Por tales razones, tomamos primero el pensamiento de Hardy Cross, el notable ingeniero norteamericano que encontró un método para resolver estructuras hiperestáticas que lleva su nombre. Tan genial fue su proposición que, por ser un método de aproximaciones sucesivas o de iteración, es sorprendentemente semejante al actual de los incrementos finitos, que da base a los programas de computación más conocidos para la resolución de estructuras. Nos decía Hardy Cross, según leemos en la obra publicada por los ingenieros Ramón Soberón Curi y Rodolfo Neri Vela²²:

Ingeniería es el arte de tomar una serie de decisiones importantes, dado un conjunto de datos incompletos e inexactos, con el fin de obtener, para un cierto problema, aquella entre las posibles soluciones, la que funcione de manera más satisfactoria.

Quien haya ejercido efectivamente la ingeniería sabe muy bien la verdad de Hardy Cross. Los datos de que se dispone nunca son todos ni son enteramente confiables. La ingeniería no es ciencia exacta como la astronomía. Es un *arte*. Además, el ingeniero vive decidiendo entre varias soluciones, lo que implica la aplicación de *criterios*, que involucran la *voluntad* de las personas.

Para ser más rigurosos, pasemos a citar la definición de ingeniería que consideramos más adecuada para el tiempo actual. Se trata de la que publicó el instituto norteamericano que se encarga de la acreditación de programas de ingeniería en ese país, el ABET (*Accreditation Board for Engineering and Technology*):

²² *El ingeniero en electricidad y electrónica: ¿qué hace?*; México: Alhambra Mexicana, 1980.

Ingeniería es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio a fin de desarrollar formas en que se puedan utilizar, de manera económica, los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad.

Puede apreciarse, a través de estas definiciones actualizadas, que la ingeniería es una profesión de perfiles propios y bien distinta de, como antiguamente se la consideraba, una «ciencia aplicada». Tan diferente es la ingeniería de la ciencia que se hace menester en este estudio puntualizar bien las diferencias. ¡Tan diferente de las viejas definiciones de los diccionarios!

Para dar un tinte local a las definiciones anteriores, nosotros proponemos la que sigue a continuación, basada en reflexiones de la situación argentina. Nos estamos refiriendo a la ingeniería profesional, aquella que ejercen la mayoría de los graduados en los medios de la producción, las obras, los proyectos y el gerenciamiento de todo eso:

Ingeniería es:

Una actividad creativa que permite concebir, diseñar, dimensionar, idear, proyectar, programar, desarrollar y construir o fabricar sistemas, estructuras, máquinas, mecanismos o componentes manufactureros u obras completas necesarias al hombre;

O también, una actividad que permita operarlos y mantenerlos con pleno conocimiento de sus posibilidades, pronosticando su comportamiento y previendo todas sus alternativas de marcha normal o defectuosa;

O estudiar su continuo perfeccionamiento por aplicación de la creatividad y la investigación;

Encuadrando cualquiera de estas acciones dentro de objetivos de economía empresaria, óptimo

aprovechamiento de los recursos humanos y materiales, máxima eficiencia, empleo racional de las fuentes de energía y los materiales de la naturaleza, seguridad e higiene, bien común, sentido humanitario y preservación de la biosfera;

Y procurando que esta ingeniería así concebida se desenvuelva dentro de normas de conducta ética y moral, y comporte una actitud de servir y de conducir.

Otras divagaciones nos permiten encontrar más enfoques. Veamos algunos:

- La ingeniería proviene de la artesanía que, con el correr del tiempo, se ha ido haciendo más y más compleja, necesitando del auxilio de las ciencias físicas, químicas y matemáticas para alcanzar mejor sus objetivos, y ha debido crear sus propios métodos y reglas de acción características.
- La ingeniería es el trabajo industrial llevado a un nivel intelectual superior.
- La ingeniería es la manifestación del ingenio humano y la creatividad del hombre al servicio de sus propósitos.
- La ingeniería es una actividad netamente intelectual, creadora, industrial y constructiva, que permite erigir obras y productos y operarlos con un sentido integral económico y empresario, bajo imperativos humanos de respeto por la vida, la preservación de la biosfera y los recursos de que dispone el hombre.
- La actitud del ingeniero frente a un problema es abarcativa y sistémica, tendiendo a la síntesis, mientras que la actitud del científico es separadora y particular, tendiendo al análisis.
- Al estudiante de ingeniería es menester inculcarle una actitud profesional abarcadora —que no debe confundirse con enciclopedista— para que pueda concebir, construir y operar las obras y los sistemas de la ingeniería con visión integradora y multidisciplinaria.
- La ingeniería es un arte que —por no haber sido tratada seriamente sino solo por muy pocos filósofos— todavía no ha sido debidamente clasificada en el panorama general epistemológico.

- La ingeniería es multidisciplinaria.
- La ingeniería es el arte de las obras, las máquinas y los sistemas.
- La ingeniería requiere de las ciencias fisicomatemáticas como herramientas subordinadas.
- La ingeniería, para integrarse en la sociedad y no sobrepasar los umbrales de la ética y la moral, requiere del ingeniero una cosmovisión integral del ser humano y su razón de ser en el mundo.

3.3. LOS INGENIEROS Y LOS CIENTÍFICOS

Como antes hemos comentado, la circunstancia natural de que en las escuelas de ingeniería convivan ingenieros con científicos ha sido siempre fuente de confusiones, dado que no es lo mismo crear el conocimiento que usarlo. Por tal causa, es razonable discurrir un poco sobre este argumento. Para ello echamos mano de citas que nos parecen valiosas. En primer lugar, podemos señalar, sobre la base de nuestras propias observaciones, lo que sigue:

Ingeniero y científico, profesiones netamente diferentes

El ingeniero **crea** lo que **no existe** en la naturaleza ☹ *BUSCA REALIZAR*

El científico **estudia** lo que ya **existe** en la naturaleza ☹ *BUSCA CONOCER*

El distinguido profesor español José Scala Stalella, catedrático en la Universidad Politécnica de Madrid, nos revela en una ponencia en un congreso, en Madrid, un pensamiento que ya hemos citado antes, pero por importante volvemos sobre él:

Cuando en 1769 Watt inventó y patentó su máquina de vapor...

- Faltaban 74 años para que Joule encontrara el equivalente mecánico del calor;
- Faltaban 81 años para que Clausius y Kelvin formularan el segundo principio de la Termodinámica.

No quedan dudas de que, en buena parte de los casos, *la técnica llegó al hombre antes que la ciencia*. La historia universal lo demuestra. Los fenicios que navegaban el Mediterráneo, para construir sus embarcaciones, no esperaron a que Arquímedes encontrara su principio del empuje de abajo hacia arriba que sufre un cuerpo sumergido. El hombre primitivo aprendió a encender el fuego sin esperar que los químicos encontraran que la combustión es la combinación de una sustancia con el oxígeno. Los guerreros de las épocas primarias, para alcanzar mayor distancia, lanzaban sus flechas con una inclinación de 45 grados, sin esperar que los físicos encontraran las ecuaciones del tiro oblicuo, resolviendo el caso con la derivada primera igualada a cero para encontrar la máxima distancia.

Es bastante claro que la ingeniería, como actividad, es inherente al ser humano y anterior a las ciencias, a tal punto que hace a la vida del «homo occidentalis» actual. Esto nos permite insistir en afirmar que la ingeniería no es ciencia aplicada, como antiguamente se solía decir, sino que es una disciplina independiente, pero *que sí emplea las ciencias* sin de ningún modo derivar de ellas. Se la puede catalogar —según dice Arturo Bignoli— como un *arte asistida por la ciencia*.

Estas aseveraciones se pueden sostener, también, examinando los métodos que emplea la ingeniería y los métodos que emplea la ciencia y comparándolos. Para ello tomamos lo explicado por el profesor argentino Alquiles Gay, de la Universidad Nacional de Córdoba, en la obra que venimos citando y que nos dice:

MÉTODOS DE LA CIENCIA

Ansias de conocimiento



Investigación científica



Conocimientos científicos

MÉTODOS DE LA INGENIERÍA

Satisfacción de necesidades



Desarrollo, diseño, ejecución y operación



Bienes, servicios, métodos o procesos

Como bien señala el ingeniero Gay, la ingeniería comienza con la presentación de una necesidad material en la sociedad, que

puede ser absolutamente indispensable para sobrevivir, como también puede ser una necesidad superflua motivada por el deseo de una existencia mejor, como decía Ortega y Gasset más arriba. Los hechos de la ingeniería están relacionados con la calidad de vida de las gentes, mientras que los hechos de la ciencia se basan en la necesidad de penetrar en lo desconocido, como curiosidad humana. Todo esto está actualmente afectado por ciertas confusiones. A la investigación y desarrollo se la llama *ciencia aplicada*, cuando, en vez, es lo que siempre hicieron naturalmente y sin estridencias los ingenieros de todo el mundo desde que existe la ingeniería, desde el principio de su historia, y que se llama *cálculo, estudio, diseño, dimensionado o prototipo*. Los científicos llaman a esto último *investigación*. Sobre la base de estos trabajos los ingenieros ejecutan luego los *proyectos*, que los científicos llaman *desarrollo*.

Resulta interesante agregar a todo esto, la tabla que nos presentó el profesor inglés J. J. Sparkes, de la *Open University*, en la *Engineering Professor's Conference* desarrollada en el Reino Unido en 1989:

<p style="text-align: center;">CIENCIA</p>	<p style="text-align: center;">INGENIERÍA</p>
<p>Meta: Búsqueda del conocimiento y su comprensión, como objetivo en sí mismo.</p>	<p>Meta: Creación de artefactos y sistemas para las necesidades y carencias de la sociedad.</p>
<p style="text-align: center;">PROCEDIMIENTOS CIENTÍFICOS</p>	<p style="text-align: center;">PROCEDIMIENTOS DE LA INGENIERÍA</p>
<p>1) Descubrimientos, principalmente por medio de la investigación controlada.</p>	<p>1) Invencciones, diseños, producción, operación y conducción.</p>
<p>2) Análisis, generalización y síntesis de las hipótesis.</p>	<p>2) Análisis y síntesis de los diseños y desarrollos.</p>
<p>3) Reduccionismo, implicando la aislación y definición de conceptos distintos.</p>	<p>3) Combinación, implicando la integración de competencias demandadas, teorías, datos e ideas.</p>
<p>4) Creación sobre valores libremente expresados.</p>	<p>4) Actividades siempre posibles de valorizar.</p>
<p>5) La búsqueda y teorización de las <i>causas</i>.</p>	<p>5) La búsqueda y teorización de los <i>procesos</i>.</p>
<p>6) Búsqueda de la mayor exactitud en la modelización.</p>	<p>6) Búsqueda de suficiente exactitud en la modelización.</p>
<p>7) Diseño correcto de <i>conclusiones</i> basadas en buenas teorías y datos exactos.</p>	<p>7) Diseño correcto de las <i>decisiones</i> basadas en datos incompletos y modelos aproximados.</p>
<p>8) Destrezas experimentales. Destrezas lógicas. Enlace de pensamientos.</p>	<p>8) Diseño, construcción, ensayos, planificación, resolución de problemas, decisiones, ejecuciones, destreza para las comunicaciones interpersonales.</p>
<p>9) Usando la predicción, cambiar lo incorrecto o falso de las teorías y los datos sobre los cuales se basan.</p>	<p>9) Intentar asegurar, por acciones sucesivas, que las decisiones equivocadas se transformen en exitosas.</p>

Es interesante destacar, en esta tabla, la correspondencia entre los conceptos de una y otra columna. Sobre este mismo argumento, nos agrada mencionar un pensamiento del profesor norteamericano doctor Paul H. Wright²³, con las siguientes ideas:

Parece que está de moda ensalzar la posición de los científicos e implicar que ninguna otra ocupación es tan remuneradora, si no en valores materiales, sí en humanos. Hay varias razones por las que pienso que eso no es verdad. Por ejemplo, un ingeniero tiene un horizonte mucho más amplio de posibilidades. Un científico tendrá suerte si hace una sola aportación realmente creativa al conocimiento humano en toda su vida, y puede que nunca lo haga.

Un ingeniero, en comparación, tiene un número casi ilimitado de oportunidades. Puede, y a menudo lo hace, crear docenas de diseños originales y tiene la satisfacción de verlos convertirse en realidad. Es un artista creativo en un sentido que el científico puro nunca conocerá. Un ingeniero puede crear algo. Crea mediante la ordenación en patrones de los descubrimientos de la ciencia, pasados y presentes, patrones diseñados para ajustarse al cada vez más complejo mundo de la industria. Su material es profuso; sus problemas fascinantes, y todo depende de su habilidad personal.

El actual presidente de la Academia Nacional de Ingeniería de la República Argentina, profesor ingeniero Arturo J. Bignoli, en una breve hoja informativa de agosto de 1996, nos permite redondear ideas y completar todo lo dicho con una serie de conceptos que compartimos plenamente. Dice Bignoli lo que sigue:

La ingeniería pretende entender lo mejor posible la realidad que debe enfrentar, para prestar algún servicio con suficiente seguridad y al menor costo.

No aspira a conocer la verdad absoluta de dichos problemas. Solamente Dios la conoce. Sin embargo, su búsqueda es necesaria.

²³ *Introducción a la ingeniería*; Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana, 1994.

Continúa Bignoli: «Hay dos vías principales para lograr entender la realidad: *razones y emociones*. Las razones las provee la *ciencia* y las emociones el *arte*. La mejor ingeniería se logra con las justas dosis de ciencia y de arte». Resulta así que la *INGENIERÍA ES UN ARTE ENRIQUECIDA POR LA CIENCIA*, o también, *una ciencia humanizada por el arte*. Por todo ello, la ingeniería no es ciencia pura ni aplicada. Tampoco arte pura.

No abandonemos el tema del método, sin citar nuevamente al eminente profesor norteamericano, Paul H. Wright, del *Georgia Institute of Technology*:

EL MÉTODO EN INGENIERÍA

- 1º Identificación del problema.**
- 2º Recopilación de información.**
- 3º Búsqueda de soluciones creativas.**
- 4º Paso de la idea al diseño preliminar (incluye el modelado y la simulación).**
- 5º Evaluación y selección de la solución óptima.**
- 6º Informes, planos y especificaciones.**
- 7º Puesta en práctica del diseño.**

Es sencillo comparar el «*método en ingeniería*» con el «*método en ciencias*» para descubrir sus más notables diferencias. Pero está ocurriendo que muchos científicos invaden ahora el mundo de la ingeniería, aportando sus estilos y formas de decir.

Una de las cosas que más nítidamente diferencian a un ingeniero de un científico es la *FORMA Y RITMO DE TRABAJO*. El científico estudia e investiga sin los apremios de una gerencia supervisora, sin fechas de entrega, sin contratos que le impongan condiciones severas. Se asemeja mucho a un estudiante becado que estudia a tiempo completo. Los ingenieros, en vez, deben integrarse siempre a un equipo productivo de alta competencia, con imperativos económicos y legales que confundirían mucho a un científico. Las horas tensas de trabajo de un ingeniero no son comparables con la tranquilidad de los laboratorios y gabinetes de investigación, lo que no quita que el ingeniero deba, algunas veces, abandonar el ritmo vertiginoso y enfrascarse en el estudio con calma de un

problema. Pero lo usual es que las reglas del trabajo de un ingeniero que se desempeña en relación de dependencia en una empresa le impongan en todo momento un ritmo acelerado bajo imperativos de mercado o de servicio. Repasemos algunos de esos imperativos: limitaciones presupuestarias, reglas sindicales que observar, limitación de recursos humanos y materiales, preservación del medio ambiente, respetar condiciones de abastecimiento, someterse a las alternativas de los proveedores, cumplir controles de producción o servicio que le impiden equivocarse y comenzar de nuevo, como hace un científico. La forma de trabajo de los científicos permite indagar por métodos iterativos, sin que ello sea mal juzgado. Los errores de un ingeniero pueden afectar a mucha gente o a muchos intereses y los márgenes de error son muy estrechos.

3.4. EL SENTIDO CULTURAL DE LA INGENIERÍA

Si de cultura habremos de hablar, no es malo comenzar recordando que el origen del vocablo proviene exclusivamente del cultivo de la tierra para hacerla fecunda. Pero más adelante se agregó otro sentido a la palabra. Metafóricamente, hoy cultura es «el cultivo intelectual del espíritu». Volviendo al maestro José Ortega y Gasset en su genial obra *Meditación de la técnica*, que ya hemos mencionado antes, podemos leer: «[...] el hombre empieza cuando empieza la técnica», mostrando la relación entre el ser humano y este fenómeno que condiciona mucho su destino. Si bien la técnica —que nosotros preferimos llamar ingeniería— es fuente hoy de beneficios para la humanidad, también es fuente de peligros. De allí su importancia. También parece como si la ingeniería hubiese dado contenido a la historia del hombre o fuese el recipiente de sus actos. Por lo menos, en el momento actual.

Cabe entonces afirmar, como simple hipótesis a discutir, que la ingeniería es un producto de la cultura del hombre o que, en vez, la ingeniería es la causa de los cambios culturales. No debe extrañar para nada esta segunda afirmación. La ingeniería sirvió siempre al hombre para satisfacer sus necesidades vitales como alimentarse, defenderse de sus enemigos, comunicarse, trasladarse, vestirse y construir su vivienda. Pero es justo reconocer que hoy

satisface también las necesidades superfluas del placer o la curiosidad, lo que introduce indicadores que la apartan de un sentir simplemente biológico dado por el orden natural. Debemos admitir que las necesidades superfluas constituyen una forma de cultura refinada. Por ello, la ingeniería introduce en la humanidad la posibilidad de pensar la evolución en términos no biológicos y predeterminedar los hechos deseables a través del mundo artificial producido por la ingeniería. Como señalaba Ortega y Gasset, es una «tecnonaturaleza».

Sobre estas cosas leemos al profesor argentino Fabio Esteban Seleme en su trabajo antes citado, «El laberinto del ingenio». Tomando sus palabras y ordenándolas según nuestros puntos de vista, decimos nosotros: «[...] si la *ingeniería* es el principio de la cultura, resulta lógico pensar que la cultura es esencialmente *ingenieril*. Esto equivaldría a decir que todo lo que es *ingeniería* es parte de la cultura, o bien, que todos los hechos de la cultura se emparentan en sus raíces con fenómenos de la *ingeniería*. Llevan, superficial o subrepticamente, la impronta de la *ingeniería* y están conectados de una u otra manera a ella». En esta cita del profesor Seleme nos hemos permitido nosotros sustituir el vocablo *técnica* por el vocablo *ingeniería*, dado que pretendemos asignarle al nombre de nuestra profesión un lugar lo más abarcativo posible. Nosotros suponemos que en nuestro tiempo *técnica*, *ciencia* y *tecnología* son tres conceptos que responden a uno solo: *ingeniería*.

Viéndolo desde el punto de vista psicológico, la ingeniería actual es el determinante de la confianza en sí mismo que el hombre tiene para resolver sus problemas, los agudos y los superficiales, ayudando a las debilidades de su propia naturaleza.

Tratemos ahora un poco más de lo que antes hemos dicho respecto a la ciencia y la ingeniería, cuando comparamos a científicos con ingenieros. En la Grecia clásica o en el Imperio Romano o en el Medioevo hubo técnicas que fueron muy eficientes para su tiempo, y notemos que esas técnicas no tuvieron necesidad alguna de una ciencia subyacente que les sirviera de base. Esas ingenierías primitivas no fueron «ciencia aplicada», lo mismo que hoy. Pero Platón, padre de la ciencia deductiva, y Aristóteles, padre

de la ciencia inductiva, que vivieron y usaron esas ingenierías, en su persistencia de ensalzar el pensamiento contemplativo únicamente, supusieron que toda actividad artesanal —antecesora de la ingeniería o, mejor, la ingeniería de ese tiempo— era una actividad no honrosa e indigna del ciudadano. Para ellos, era mano de obra servil. Esta noción se ha propagado a través del tiempo y tiene notorios cultores aun actualmente, siendo un motivo por el cual la ingeniería ha ingresado tardíamente al mundo de la cultura.

Es por esto último que toda persona afincada en el mundo de la cultura clásica fue, por mucho tiempo, una especie de analfabeto tecnológico, que ignoraba la esencia de los hechos y artefactos que estaba usando a diario, a pesar de formar parte de su propia cultura. Volvemos sobre algo dicho antes: preguntar con insistencia repetitiva si una persona que ignora por qué se mantiene en el aire un avión o qué es la técnica digital, o que desconoce el principio de conservación de la energía, puede llamarse culta a pesar de ser erudita en muchas otras formas clásicas del mundo de la literatura, el arte o la historia. La escuela filosófica clásica de Platón y Aristóteles, que propició la ciencia pura con solo sentido especulativo, enalteció el «saber-saber» menospreciando el «saber-hacer»: planteó un abismo entre el saber teórico y el saber práctico.

Sin embargo, la caída del Imperio Romano caracterizó la llegada de una Edad Media que recién revivió con el Renacimiento y, precisamente, mediante el genio de muchos ingenieros de ese tiempo. Leonardo da Vinci puede tomarse como modelo de ingeniero renacentista, constructor de canales y obras colosales, y primero en tratar una mecánica racional. A Leonardo debemos genialidades como los cojinetes de rodillos, los tornillos de rosca cuadrada, las transmisiones de cuerdas y cadenas, los engranajes cónicos y helicoidales, la excéntrica y varios modelos de bielas y manivelas, diversidad de máquinas, herramientas e instrumentos de precisión, mecanismos de relojería y elementos básicos de la imprenta. Los molinos de agua o de viento de aquel Renacimiento fueron los precursores de nuestras modernas turbinas hidráulicas, de nuestras plantas térmicas de ciclo combinado y de los molinos industriales actuales. La energía comenzó a considerarse un auxiliar valioso del hombre en reemplazo de la mano de obra servil, del trabajo humano o de la fuerza de los animales. Anterior-

res fueron las técnicas romanas de los acueductos y las obras viales, precursoras de la hidráulica actual y de la ingeniería del transporte. Si bien la primera etapa del Renacimiento fue de naturaleza netamente humanista, luego hubo un despertar colosal de la ingeniería.

La ingeniería se ha transformado hoy en centro de atención. En los fenómenos de cibercultura y globalización que explicamos antes, notamos la importancia de la economía. Pero surge fácilmente que todo ello está muy fuertemente ligado, precisamente, a la ingeniería. Podemos afirmar que, aunque en forma virtual o entre bambalinas, *la ingeniería ha pasado al poder y los ingenieros todavía no lo han percibido*. Es por esto que la formación de los ingenieros es asunto importante, dado que de su actitud ética han de depender muchas cosas del futuro de la humanidad.

CAPÍTULO 4

EL EJERCICIO PROFESIONAL DE LA INGENIERÍA

4.1. EL DILEMA DE LA UNIVERSIDAD ACTUAL

Cuando se habla de las profesiones y su ejercicio, surge diáfananamente un pensamiento trascendente del pensador español José Ortega y Gasset, que nos dejó en su obra *Meditación de la técnica* antes citada:

Hay que sacudir bien de ciencia la enseñanza de las profesiones, cuya enseñanza está completamente silvestre.

Es evidente que Ortega y Gasset tenía ya en ese entonces un pensamiento claro. La universidad estaba, diríamos en lenguaje basto, *mezclando* la ciencia con la enseñanza de las profesiones. En esa mezcla, se saturaba de ciencia a la enseñanza profesional, mucho más allá de lo necesario, perjudicándola. En su afán de ser rigurosas y precisas, científicamente hablando, las universidades volcaban sobre la enseñanza de las profesiones un caudal de ciencia más allá de lo que las profesiones requieren. Si bien todas las profesiones intelectuales actuales se nutren de las ciencias y todo profesional se basa en hechos científicos, ser un profesional actualmente es algo muy diferente a ser un científico. Estas confusiones de la universidad provienen de su triple función, lo que es necesario aclarar para bien de la misma universidad.

En la Argentina —y en muchos otros lugares del mundo también— la universidad, por su linaje y sus tradiciones, tiene tres misiones que conviene dejar bien claras, para no caer en errores. Una de esas misiones es trascendente y consiste en la *CREACIÓN DEL CONOCIMIENTO* por medio de la *INVESTIGACIÓN*. La siguiente es la *DISEMÍNACIÓN DEL CONOCIMIENTO* por medio de la *ENSEÑANZA*. La enseñanza y la investigación, unidas, conforman la base intelectual de la excelencia que se busca. Colocadas estas dos misiones —como ha sido de antiguo— en un elevado pedestal académico, la universidad las conserva y atesora por considerarlas la base misma de su existencia. Sin ellas, se dice, la universidad no existe. Esto es cierto.

Pero ocurre que la universidad tiene una tercera misión, que es actuar como *ACADEMIA DE PROFESIONES INTELLECTUALES DE ALTO NIVEL*, misión que ha ido asumiendo progresivamente en la historia y de la cual no puede desentenderse. Esa misión está estrechamente vinculada a la investigación y la enseñanza, pero es diferente, operativamente hablando, a las dos anteriores. Enseñar las profesiones intelectuales es hoy una misión demasiado importante para desdeñarla y dejarla sometida a los arbitrios de la investigación y la docencia, colocándola en un segundo plano de importancia.

Si la universidad argentina no cumple bien sus dos misiones primarias de investigación y enseñanza en el próximo medio siglo, el país tal vez se pierda de ganar dos o tres premios Nobel. Pero si la universidad fracasa como formadora de profesiones intelectuales de alto nivel, llenará al país de malos médicos, malos abogados, malos arquitectos, malos ingenieros y así sucesivamente, lo que significa un gran peligro para la sociedad toda.

Desde un punto de vista estrictamente pedagógico —y tomando a la medicina como ciencia de referencia—, formar investigadores y educadores para que hagan investigación y publicaciones en las revistas con referato sobre asuntos médicos requiere metodologías muy distintas a las que se requieren para formar a un médico que atienda una guardia de urgencias. Hay, entre unos y otros, un sólido vínculo científico, dado que el investigador y el educador deben estar nutriendo en forma continua y permanente al que está

al frente de la curación de las personas. Pero sus métodos de trabajo, su ritmo de trabajo, son completamente diferentes. El investigador es un concentrado en lo suyo, en tareas silenciosas que requieren largos periodos de reflexión y meditación, sin límites de tiempo. El médico de una guardia debe actuar de inmediato y en condiciones de exigencia, apremio y responsabilidad muy diferentes.

Lo dicho para los médicos en el ejemplo del párrafo anterior es directamente trasladable a la profesión de ingeniero. Si en la universidad la formación de los ingenieros la confiamos a los científicos, saldrá un científico en vez de un ingeniero. Lo harán a su imagen y semejanza no por mala fe sino porque nunca vivieron la dinámica de un ingeniero profesional. Peor aún, en muchos casos, la menosprecian. Es muy distinto proponerse investigar la acción de los campos eléctricos y magnéticos de una línea de transmisión de energía a extra alta tensión para publicar luego un *paper*, que dirigir la construcción de una línea de alta tensión a campo traviesa, abriendo una picada en la selva. Es completamente diferente estudiar en un laboratorio para desarrollar un nuevo producto industrial, que conducir la producción seriada del mismo, atender plazos de entrega, conseguir los créditos bancarios, firmar los remitos, hacer el control de calidad.

Es muy probable que un científico trabaje arduamente toda su vida en un tema y no llegue absolutamente a nada al fin de ella. O tal vez, buscando un objetivo, se derive y alcance otro nunca imaginado. Si acaso llega a un descubrimiento sensacional, entrará en la galería de los iluminados. Pero, en todos los casos, su trabajo siempre servirá a otros que lo sucederán y la cadena intelectual quedará asegurada. Como decía Platón, la humanidad puede considerarse como un solo hombre que vive siempre y aprende continuamente.

Pero el ingeniero profesional debe llegar siempre a un resultado concreto, en un tiempo preciso, con los medios humanos y materiales del momento o los que se le han confiado. Esto hace completamente diferente la tarea de científicos e ingenieros. Un científico se sentiría muy molesto si fuese presionado por un gerente de producción, como lo es todos los días un ingeniero

profesional industrial de planta productiva, o un ingeniero civil que está dirigiendo una obra bajo contrato, conduciendo personal obrero. Por tales causas, ha llegado el momento de plantear seriamente, a nivel universitario, la diferencia entre un ingeniero científico y un ingeniero profesional, a los efectos de no equivocar la formación de unos y otros.

4.2. LAS TAREAS TÍPICAS DEL INGENIERO PROFESIONAL

Atendiendo a los conceptos escuchados del ingeniero Enrique Vásquez en el IV Congreso Interamericano de Educación en Ingeniería y Tecnología (Universidad de Carabobo, Venezuela, 1996), al que emplearemos varias veces en todo lo que sigue relacionado con la empresa, debemos reconocer que el *ingeniero profesional de grado*, en el mundo globalizado que vivimos, tiene como misión fundamental:

**GERENCIAR LA INGENIERÍA,
LA INFORMACIÓN Y LAS PERSONAS**

Basados en la misma referencia, podemos afirmar que las *tendencias* hoy son:

*Pasar de la visión nacional a la internacional;
Eliminar complejos parroquiales;
Menor número de carreras de grado;
Carreras de interés regional;
Fortalecer la educación continua.*

El ingeniero profesional moderno es capaz de realizar una gran cantidad de tareas que lo identifican, muchas de las cuales no eran habituales en profesionales hoy veteranos. No es sencillo hacer esta lista para un mundo en constante cambio, pero, no obstante ello, se lo puede intentar *hasta donde lo permite la incertidumbre de la situación actual*.

Observando la vida profesional vemos al ingeniero adaptado a un ritmo veloz y competitivo, exigente y multifuncional, ejecutivo y concreto, dentro de la actividad empresaria. Porque un *ingeniero*

profesional debe asumir responsabilidades en tareas como las que se enumeran a continuación:

COMPETENCIAS ESPERADAS:	OPERAR Y CONTROLAR MANTENER Y CONSERVAR PLANIFICAR Y ORGANIZAR PREVENIR Y PREDECIR DIMENSIONAR Y PROYECTAR CONSTRUIR Y FABRICAR INSTALAR Y MONTAR GESTIONAR Y ADMINISTRAR CONCRETAR Y EVALUAR ASESORAR Y PERITAR COMERCIALIZAR Y CONTRATAR
--------------------------------	---

Dentro de estas líneas generales hay múltiples tareas que hace normalmente el ingeniero profesional y que podríamos enumerar como sigue, sin que la lista pretenda ser completa o definitiva:

- Proyectar nuevas obras, nuevos sistemas, nuevos componentes, nuevas industrias.
- Dimensionar los elementos de una obra, un sistema, una industria o un componente.
- Fabricar productos en base a proyectos dados y planificar la producción y la ejecución.
- Construir obras de todo tipo, incluidas las industriales.
- Abaratar costos de las obras, los productos, los sistemas y la producción.
- Dirigir y organizar la producción y los abastecimientos y ser líder de planta.
- Presupuestar todo tipo de obra, sistema o componente.
- Comprar los elementos propios de sus tareas y organizar esas compras.
- Vender las obras, sistemas y los elementos propios de la ingeniería.
- Estudiar financiaciones de obras, de la producción y de los sistemas vinculados.
- Racionalizar e instruir al personal, actuando como maestro y conductor.
- Optimizar los recursos humanos y materiales de todo tipo.

- Llegar a las bocas de expendio o puntos de consumo de los productos o sus resultados.
- Trabajar a la par, en su misma atmósfera, con obreros, técnicos y supervisores.
- Estudiar mercados para programar la producción y las obras.
- Cumplir los estrictos plazos de entrega que se estipulan en los contratos.
- Ser responsable de los resultados empresarios, en su campo específico.
- Redactar contratos y especificaciones, tanto para la compra como para la venta.
- Seleccionar materiales y planificar su empleo racional.
- Poner a punto sistemas completos y dirigir las pruebas de puesta en funcionamiento.
- Dirigir montajes y organizar acopios y traslados.
- Indagar nuevas necesidades y contratar a quienes hagan las investigaciones necesarias.
- Supervisar a los científicos que hacen tareas para la ingeniería.
- Preservar la seguridad de las personas y de los bienes.
- Optar entre diversas soluciones, empleando criterios técnicos, ecológicos y económicos.
- Comprobar los resultados de los estudios técnicos y aconsejar sobre ellos.
- Medir y controlar los elementos de las obras, sistemas y componentes.
- Recibir materiales, obras, componentes y sistemas.
- Hacer el mantenimiento de obras, industrias y sistemas.
- Realizar peritajes, estudios, auditorías e informes técnicos.
- Comprender los aspectos legales y financieros de sus tareas.

Conviene repasar, a esta altura del relato, cuáles son las *tres frustraciones* que puede padecer un ingeniero profesional a lo largo de su trayectoria:

- *PRIMERA FRUSTRACIÓN.* El joven graduado, cuando ingresa al sector productivo, descubre que el mundo real en que se ve envuelto es muy diferente al mundo teórico que le inculcaron.
- *SEGUNDA FRUSTRACIÓN.* Si logra sobreponerse y sigue su carrera alcanzando jefaturas iniciales o gerencias intermedias, descubre que desconoce el arte del mando y que le faltan elementos para sortear problemas económicos y administrativos.

- *TERCERA FRUSTRACIÓN.* Si logra sortear la situación con adecuados cursos, entra en el último tercio de su carrera y, cuando debe asumir direcciones o posiciones de tipo general, descubre que le falta el bagaje de cultura general y formación política necesario para desenvolverse en el mundo empresarial.

Las tres frustraciones tienen su comienzo en la universidad, aunque pocas veces sus científicos de la torre de cristal lo advierten.

4.3. LAS TAREAS TÍPICAS DEL INGENIERO CIENTÍFICO

Nótese muy particularmente que en la larga lista anterior no aparecen los trabajos de investigación y desarrollo, así llamados actualmente. Esto se debe a que consideramos que las tareas típicas de un *ingeniero científico* son, a grandes rasgos, las siguientes:

- Colaborar con los científicos en la investigación pura.
- Asumir la responsabilidad total de la llamada investigación aplicada.
- Idear nuevos productos, sistemas o componentes, con datos que los ingenieros profesionales proporcionan.
- Realizar y poner a punto los prototipos que luego servirán para proyectar la producción.
- Corregir y mejorar lo existente, analizando su comportamiento.
- Innovar en materia de elementos conocidos, para ponerlos al día.
- Encontrar nuevos materiales y procedimientos.
- Resolver problemas existentes en base a estudios e investigaciones.
- Encontrar nuevos métodos de obra o producción.
- Ejercer la docencia universitaria y la dirección de estudios.
- Crear modelos de simulación para estudiar el comportamiento de equipos.

Esta lista de tareas es netamente complementaria de la indicada para el ingeniero profesional, lo que nos induce a formular una proposición que es terminante desde nuestro punto de vista:

Cuando a un ingeniero profesional se le presenta un problema que lo coloca en trance de hacer investigación y desarrollo, lo más sensato es que contrate a ingenieros científicos, o doctores, o licenciados en ciencias de las universidades o de los institutos de ciencia y técnica, y les transfiera el problema.

Un ingeniero profesional no debe distraer su tiempo abandonando la producción, el proyecto, los servicios o la obra para enfrascarse en un gabinete o en un laboratorio, a fin de encontrar algo que demanda otro ritmo de trabajo, otras metodologías y otros medios. Ejemplifiquemos. Un ingeniero que está proyectando una planta de agua potable no debe apartarse del proyecto para hacer los análisis del agua a tratar, realizando trabajos de laboratorio que requieren una técnica particular de química analítica y una experiencia también particular, y que, indefectiblemente, no los hará tan bien como un químico profesional. Si un ingeniero profesional, haciendo el proyecto de una obra encuentra un problema matemático que le dificulta el avance, debe llamar a un matemático y encomendarle la tarea. Es erróneo pretender inmiscuirse en campos científicos, que para ello están los expertos. Sin embargo, todavía en las universidades de nuestro país —y lo hemos visto también en prestigiosos institutos extranjeros de renombre internacional— se enseñan al alumno-ingeniero métodos de laboratorio que nunca emplearán. Esto se debe —principalmente— a que a los estudiantes no se los acostumbra en la universidad a emplear los medios humanos y materiales de que dispone la ingeniería.

En las universidades se aplica mucho tiempo para enseñar asuntos que muy difícilmente aparezcan alguna vez en la vida profesional, y tal vez, si aparecen, el conocimiento universitario ya haya envejecido lo suficiente como para que sea inútil. Esto se debe a que en las escuelas de ingenieros conviven, con los profesores ingenieros, los profesores científicos que, por lógicas razones, se inclinan a enseñar los métodos de la ciencia que les son más caros, en vez de los métodos de la ingeniería que no conocen. Sobre este delicado asunto, está faltando en el ámbito internacional un serio estudio de competencias en las escuelas de ingenieros, basado en

que las ciencias puras necesarias para la formación del ingeniero se deben enseñar orientadas netamente hacia la ingeniería y repartidas a lo largo de la carrera en vez de todas «amontonadas» al principio de los estudios. Cierta cantidad de ciencia que hoy se enseña en los cursos de grado debería transferirse inmediatamente a los posgrados, por ejemplo, a las especializaciones, a los másters o a los doctorados. A su vez, las ciencias deberían enseñarse a medida que se avanza en los estudios de ingeniería, como ahora se dice, *just in time*.

4.4. LOS RASGOS DE LA PERSONALIDAD PROFESIONAL

Es importante revisar ahora los rasgos y modalidades que hoy se le exigen a un ingeniero profesional en su lugar más habitual de ejercicio, que es la empresa, sea pequeña, mediana o grande. Es mucho lo que ha cambiado la actitud del ingeniero profesional en los últimos diez años. Esos rasgos que ahora caracterizan a este tipo de profesional universitario podrían sintetizarse como sigue:

**RASGOS Y PERSONALIDAD PREFERIDOS AHORA
POR LAS EMPRESAS**

CREATIVIDAD
AUTONOMÍA
SENTIDO COMÚN
PLASTICIDAD ANTE UN ENTORNO CAMBIANTE
CAPACIDAD DE LIDERAZGO
DUCTILIDAD
POLIVALENCIA
VOCACIÓN DE SERVICIO
ALTO POTENCIAL DE DESARROLLO

No debe extrañar la lista anterior. Es la de un directivo de nuestro tiempo. Podrá argumentarse que estos rasgos no se enseñan en ninguna asignatura particular. Es cierto. Estos rasgos se inculcan por medio de la actitud profesional de los profesores, que deben saber muy bien qué es la ingeniería y cómo se la ejerce. Se inculcan por medio de las prácticas a realizar dentro de los estudios, llevadas a cabo en los lugares donde efectivamente se

ejerce la profesión, lugares que no son precisamente la universidad.

Esto nos conduce sencillamente a expresar que preferimos, en las escuelas de ingenieros, a los ingenieros como profesores, porque son los que pueden transferir la *ACTITUD PROFESIONAL*, que no se enseña como tema particular de ninguna asignatura. Los alumnos deben recibir ese sentir a través de profesores que ejercen la ingeniería y que, por ello, están al día con la profesión y saben qué se debe enseñar y cómo.

Esta última afirmación es motivo de polémica en las universidades, a lo que debemos agregar otro concepto. Resulta conveniente que muchos profesores se desempeñen con dedicación exclusiva en la universidad, para constituir ese núcleo esencial alrededor del cual se desenvuelve la vida académica. Pero si son de ese modo, no pueden practicar la profesión y recoger las vivencias que se deben transmitir. Sin embargo, muchas universidades han encontrado fórmulas para resolver este problema, permitiendo que sus profesores puedan actuar como consultores a tiempo limitado, completando el elenco con profesores de tiempo simple, que concurren solo a dictar sus clases. También puede ser conveniente que los profesores hagan pasantías en las empresas.

4.5. LA DEFINICIÓN MODERNA DEL EJERCICIO PROFESIONAL

Encaminándonos hacia los aspectos formales, es interesante volver a examinar la definición de ejercicio profesional de la ingeniería que adoptó un grupo de naciones de nuestro continente americano, y que habíamos citado más arriba.

DEFINICIÓN DE EJERCICIO PROFESIONAL
(CCPE, Canada Council of Professional Engineering)
Definición adoptada por el NAFTA (North American Free Trade Agreement)

El ejercicio profesional de la ingeniería es cualquier acto de planificación, proyecto, composición, evaluación, asesoramiento, dictamen, directiva o supervisión.

O el gerenciamiento de lo precedente, que requiera la aplicación de los principios de la ingeniería y que conciernan a la salvaguardia de la vida, la tierra, la propiedad, los intereses económicos, el bienestar público o el medio ambiente.

4.6. LAS HABILITACIONES PROFESIONALES (antiguamente «incumbencias»)

Vamos a aplicar un poco de tiempo a este argumento, dado que en la comunidad de ingenieros —y en el público en general— hay no pocas confusiones. Además, es un asunto que ha variado con la legislación actual y merece ser considerarlo.

El asunto de las «incumbencias» brotó por decreto N° 939, del 10 de abril de 1975, y ha finalizado su trayectoria con la promulgación de la Ley de Educación Superior (N° 24.521), de 1995, que ni las cita. Afortunadamente ha desaparecido de circulación, a pesar de su última manifestación con el decreto N° 256 del año 1994.

Quienes más han padecido su trayectoria hemos sido, precisamente, los ingenieros. Con más de 70 títulos de grado de ingeniero en la Argentina, y otros tantos de posgrado, el pretender establecer fronteras para saber dónde finalizan las «incumbencias» de un título y dónde comienzan las de otro título vecino ha sido algo que podemos calificar de risueño. Solo dio lugar a litigios estériles en el campo de batalla de los consejos profesionales. Por un lado, el avance vertiginoso de la ingeniería hace ilusorio buscar fronteras nítidas estables. Por otro lado, las universidades, con una llamativa superficialidad, fijaban «incumbencias» generosas creyendo

que así protegían a sus graduados. Bastaba la simple mención de un tema perdido en el programa de una asignatura para que esa ilusoria presencia diese lugar a una incumbencia.

Pero abordemos el verdadero fondo de la cuestión, que es la *HABILITACIÓN PARA AQUELLAS PROFESIONES CUYO EJERCICIO PUDIERA COMPROMETER EL INTERÉS PÚBLICO, PONIENDO EN RIESGO DE MODO DIRECTO, LA SALUD, LA SEGURIDAD, LOS DERECHOS O LOS BIENES DE LAS PERSONAS*. Para ello, la Ley de Educación Superior estipula criterios con relación a la carga horaria de las carreras y a la periódica acreditación de las mismas. *EL RESGUARDO DE ESTAS PROVIDENCIAS HA QUEDADO EN MANOS DEL ESTADO*, no ya de la universidad, y esto es lo importante actualmente.

Vale la pena hacer un brevísimo raconto, para mejor información. La llamada Ley Avellaneda (Nº 1.597), de 1885 —tomada tantas veces como referencia cuando hablamos de la esencia de la universidad en la Argentina— fundó las bases de todo lo que fue nuestra normativa universitaria por casi un siglo. Si bien en esta ley de solo cuatro artículos —uno de ellos de forma y quedan tres—, esencialmente no reglamentarista, no se trató el problema de las «incumbencias». Este tema fue posteriormente interpretado por los jueces en casos de litigios. En esos fallos, que sentaron doctrina, quedó claro que la universidad tiene atribución para conceder habilitaciones profesionales. El más notorio fue el de la Corte Suprema de Justicia del año 1929, que dice: «En virtud de la ley 1.597 el diploma otorgado por una universidad nacional habilita para el ejercicio».

Después de ley Nº 1.597 el país tuvo diversas leyes universitarias, muchas de ellas dictadas por gobiernos inconstitucionales, y sus correspondientes decretos reglamentarios. La ley constitucional Nº 13.031, de 1947, ya cita concretamente «otorgando títulos habilitantes», criterio reforzado por otras leyes posteriores de facto y también constitucionales, hasta que en 1958 con la ley constitucional Nº 14.557 observamos un cambio importante de orientación. En esa ley se dice: «La habilitación para el ejercicio profesional será otorgada por el Estado Nacional». Después aparece el decreto Nº 2.330/93, que refuerza este criterio, hasta que finalmente la actual Ley de Educación Superior, de 1995, redondea el asunto.

El doctor Emilio Fermín Mignone, ex presidente de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria, en un interesante y bien documentado artículo titulado «Título académico, habilitación profesional e incumbencias», nos dice lo siguiente:

Al mismo tiempo, resulta evidente la pérdida de confianza de amplios sectores de la sociedad respecto a las universidades estatales, por su extrema politización y su exposición a la demagogia gremial estudiantil. En relación con las privadas, por la carencia de transparencia y seriedad de algunas de ellas y la falta de evaluación de su calidad. Se duda por ello, no sin razón, acerca de la idoneidad para el ejercicio profesional de los egresados del sistema, particularmente en las carreras críticas.

En la sección 2ª, artículos 40, 41, 42 y 43 de la ley N° 24.521 puede encontrar, quien lo requiera, la legislación actual sobre habilitación para el ejercicio profesional.

Pero es sumamente importante discurrir que no se emplea en la ley la denominación de «incumbencias», que el doctor Emilio Fermín Mignone, en el trabajo antes citado, llama acertadamente «palabreja». La ley N° 24.521 la hizo desaparecer, de manera acertada, por lo que se aconseja a los profesionales de la ingeniería, dejar de emplearla, aun cuando el tardío decreto N° 256/94 todavía la menciona.

4.7. EL DESEMPEÑO PROFESIONAL AUTÓNOMO

Si bien venimos tratando con insistencia en este ensayo el ejercicio profesional circunscripto a la vida empresaria en relación de dependencia, no descartamos que el ingeniero pueda ejercer como profesional libre. Este caso se presenta más frecuentemente entre nosotros en la ingeniería civil, donde el ingeniero asume, con su firma en planos y especificaciones de las obras, una responsabilidad muy importante con relación a la preservación de vidas humanas y bienes materiales. Pero en ese caso, las condiciones deberían ser otras.

Consideramos que un ingeniero recién egresado de la universidad no puede ser totalmente autónomo para el ejercicio profesional, con firma habilitante, asumiendo la totalidad de las responsabilidades emergentes de una encomienda. Un ingeniero recién salido de la universidad debe tener bastantes limitaciones. Sin embargo, un recién graduado, al día siguiente de recibir su diploma y jurar —legalmente hablando—, puede firmar los planos y dirigir las obras de un puente entre Buenos Aires y Ciudad del Cabo, en Sudáfrica, sin apoyos intermedios. La humorada pertenece al ingeniero Arturo Bignoli.

Nos parece, entonces, que para esta forma de ejercicio profesional sería necesario estudiar dos condiciones previas indispensables: cierto tramo de ejercicio profesional controlado, más una edad mínima.

Concretando, la idea que sustentamos se puede resumir del siguiente modo:

**INGENIERO TOTALMENTE HABILITADO PARA EL
EJERCICIO AUTÓNOMO
(con firma habilitante para obras)**

- Debe cumplir —después de graduado— un tramo de ejercicio profesional a las órdenes de ingenieros habilitados, período que puede estar en el orden de los 3 a los 5 años.
- Debe tener, por lo menos, 30 años cumplidos para haber adquirido la estabilidad emocional indispensable.

Estamos proponiendo estas dos condiciones para resguardo de la sociedad: *experiencia suficientemente probada y edad que garantice una conducta estable y madura.*

LAS INGENIERÍAS DE BASE

5.1. PRINCIPIOS Y ANTIPRINCIPIOS

La formación académica del ingeniero argentino proviene de las ideas y principios sustentados hace ya más de un siglo. Esto no es sorprendente para nada. Si repasamos la estructura de la enseñanza de la ingeniería en muchos institutos y universidades del mundo más avanzado, nos encontramos con parecidas situaciones. Todo se inicia con una sólida base fisicomatemática, cuyas razones los tradicionalistas explican muy bien. Como nuestra tesis se aparta de estas concepciones, a las que consideramos fuera de época, debemos dedicar un tramo de este capítulo para explicar un asunto que ha sido muy poco tratado en la literatura especializada.

El tema que ahora vamos a tratar está también relacionado con lo que en la actualidad se denomina inteligencia, concepto que, además de tener variadas definiciones e interpretaciones, está en constante evolución a raíz de la intromisión de la computadora en la escena. Hemos escuchado inclusive que *una persona es inteligente cuando tiene éxito en lo suyo*. Esta definición, que podría calificarse de simplista y poco académica, aun así puede ser defendida. Quien es exitoso lo es por algo, y la medida de la cualidad puede ser el éxito que logra. Pero, según los medios académicos que frecuentamos para la enseñanza de la ingeniería, el desarrollo de la inteligencia —se sostiene— se logra inculcando

el *MÉTODO LÓGICO-DEDUCTIVO*. Quien es capaz de dominar ese método tiene la inteligencia suficiente como para ser un brillante ingeniero. El pensamiento tiene validez, pero lo discutible es cómo se logra dominar esa lógica y esa deducción. ¿Cuál es el camino pedagógico para que el pensamiento lógico-deductivo quede liberado y se manifieste en obras de ingeniería brillantes?

Este simplismo científico ha sentado sus reales, afirmándose que por medio del estudio de las ciencias puras, la matemática, la física y la química, está asegurada esa sobresaliente cualidad humana. Nosotros no negamos eso en este ensayo, pero dudamos de que sea el único camino. Como simple juego intelectual, vamos a ensayar una serie de *principios* y *antiprincipios*, tratando de poner en duda muchas ideas que nos han inculcado en los primeros años de la vida universitaria y que han sentado sus reales como verdades monolíticas. Un principio es una verdad tan evidente que no requiere demostración.

- *PRIMER PRINCIPIO*

A las ciencias fisicomatemáticas se les asigna en los pueblos latinos un gran poder formativo porque, al ejercitar el pensamiento lógico-deductivo, desarrollan las aptitudes intelectuales que se requieren en un buen ingeniero. Enseñan a razonar, imaginar, sistematizar, aplicar, resolver, demostrar, todo al amparo de una lógica estricta y probadamente demostrada y aceptada, acostumbrando al razonamiento abstracto y otorgando lo que en la jerga universitaria se suele denominar «vuelo intelectual».

- *PRIMER ANTIPRINCIPIO*

Las ciencias fisicomatemáticas, tal como las enseñan los científicos, son una gimnasia de cifras, letras y fórmulas basadas en experimentos, acostumbrando a la mente a lo exacto y lo abstracto, cuando la ingeniería es lo concreto y lo aproximado, exactamente al revés. La aptitud para razonar, imaginar, sistematizar, aplicar, resolver y demostrar, en un ingeniero, se logra mejor por medio de las asignaturas profesionales específicas como la resolución de estructuras hiperestáticas, los sistemas de control automático, el análisis de las cargas en una red eléctrica de potencia y otras.

- *SEGUNDO PRINCIPIO*
 Todas las ciencias fisicomatemáticas necesarias para un ingeniero profesional se deben impartir al principio de la carrera y, además, sirven «de por vida». De esa forma se adquiere una base sólida para comprender las restantes asignaturas de la carrera, que se van relacionando como eslabones de una cadena.
- *SEGUNDO ANTIPRINCIPIO*
 Las ciencias, no es necesario aprenderlas todas al principio de la carrera, amontonadas, sino solo una porción necesaria como para apoyarse en algunos hechos técnicos que, al principio, nunca son profundos. Es más conveniente enseñar las ciencias fisicomatemáticas distribuidas a lo largo de la carrera, en el momento en que son requeridas por otras asignaturas, bajo el concepto llamado *education just in time*. Muchos de los conceptos científicos que hoy se enseñan se aplican casi al fin de los estudios de grado y otros solo se emplean en los cursos de posgrado.
- *TERCER PRINCIPIO*
 Los programas de estudio de las asignaturas fisicomatemáticas deben contener todos y cada uno de los temas que luego van apareciendo en los desarrollos y demostraciones de materias posteriores, de manera tal que los profesores de las mismas los den por sabidos y puedan explicar así, con elegancia y rapidez, sus temas específicos.
- *TERCER ANTIPRINCIPIO*
 No es en absoluto necesario enseñar, escrupulosa y completamente, todos los temas que alguna vez han de aparecer en otras asignaturas posteriores de la carrera para demostrar algo o avanzar en el estudio. Muchos de ellos son simples métodos operativos que los puede explicar rápidamente el mismo profesor de la asignatura profesional, que conoce mejor cómo se usa ese conocimiento y sus alcances.
- *CUARTO PRINCIPIO*
 Hay una sola forma de enseñar los conocimientos fisicomatemáticos y es el empleado por los científicos, llamado *método pedagógico deductivo*, que parte de lo general y va a lo particular.

- *CUARTO ANTIPRINCIPIO*
Como los conocimientos fisicomatemáticos necesarios en la formación del ingeniero de grado son solo herramientas para su trabajo de graduado, es preferible el *método pedagógico inductivo* que, partiendo de lo particular y de la observación de los hechos, llega a lo general, es decir, el camino opuesto al método deductivo.

- *QUINTO PRINCIPIO*
Son los profesionales de las ciencias los profesores más indicados para confeccionar los programas de estudio de las asignaturas de ciencias fisicomatemáticas, porque las conocen en su integridad y pueden dar coherencia al conjunto.

 - *QUINTO ANTIPRINCIPIO*
Los ingenieros profesionales que ejercen la profesión son los más indicados para preparar los programas de las asignaturas de ciencias fisicomatemáticas, porque son los que saben a ciencia cierta qué es lo que se necesita y están al día con la práctica profesional.

Este ejercicio imaginario puede servir para sacar conclusiones. Muchas veces, siendo alumnos y luego profesores, hemos aceptado los cinco principios sin discusión, dado que nos fueron inculcados por calificados y prestigiosos profesores de ciencias. Cuando, hacia el final de la carrera, nos encontramos con asignaturas específicas a cargo de profesores que son ingenieros profesionales y que nos encararon las cosas en forma diferente, nos asaltaron muchas dudas, pero a esa altura de la carrera no era oportuno desviar nuestra atención con esas divagaciones. Luego, ya profesores, pudo parecernos que ese «ir contra la corriente» era descalificante. Ponerse en una posición combativa contra el exceso de ciencias nos colocaba —académicamente hablando— como «fuera de ambiente». Muchas veces, exponiendo estas ideas en foros universitarios, se nos ha descalificado con el mote de «practicones».

Con esta un poco insólita introducción para este capítulo, pretendemos mostrar que, cuando hablamos de un nuevo ordenamiento para la formación del ingeniero profesional, no pretendemos eliminar la enseñanza de las ciencias puras sino tan solo moderarla y otorgarle metodologías pedagógicas más modernas.

5.2. LA NECESIDAD DE UN NUEVO ORDENAMIENTO

Como hemos afirmado más arriba, existen hoy en la Argentina más de 70 títulos profesionales de ingeniero. Partiendo de unos pocos antes de la Segunda Guerra Mundial, se fueron agregando títulos representativos de las nuevas ingenierías que iban apareciendo. Pero las universidades no tomaron con entusiasmo la reconversión —o eliminación lisa y llana— de aquellas carreras que perdían vigencia o era necesario modificar fuertemente. A su vez, a medida que en cada una de esas carreras aparecían nuevos conocimientos por el natural avance de las cosas, agregaban esos elementos sin reducir —o quitar— lo que estaba sobrando. Un espíritu conservativo prevaleció y recién ahora, en 1996, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI) tomó la valiente iniciativa de estudiar globalmente el problema de la proliferación de carreras: llegó a la conclusión de que eran necesarias solo unas pocas, a las que llamó *ingenierías troncales*. Si bien ese número podrá ser reducido en un futuro cercano, nosotros ahora proponemos una racionalización aun mayor con las *ingenierías de base*, que contienen a las ingenierías troncales del CONFEDI.

5.3. LA ESTRUCTURA DE LA TESIS

Habíamos adelantado antes, al presentar la tesis, que la misma consistía en proponer que el estudiante de ingeniería cumpla dos ciclos netamente definidos, en la forma que se indica a continuación:

PRIMER CICLO FORMACIÓN DE LA PERSONALIDAD PROFESIONAL

Son las asignaturas y actividades que lo iniciarán de inmediato con temas de la ingeniería y lo situarán, también de inmediato, en el *CLIMA DE LA INGENIERÍA PROFESIONAL*. De la misma manera que a un estudiante de medicina se lo lleva en primer año a la morgue y se le hace reconocer un cadáver para ambientarlo con el cuerpo

humano, o se lo lleva cuanto antes a una guardia médica para que perciba la esencia de la medicina, al ingresante a ingeniería se lo debe llevar inmediatamente a ejercitarse en las obras, las industrias o los estudios de proyectos, ayudando a ingenieros en la resolución de problemas simples. Debe percibir los hechos técnicos y habituarse a ellos. Debe ensuciarse las manos desarmando un motor diesel o ayudando a empujar una carretilla de mezcla en una obra. Como muchas veces se dice, «ensuciarse las botas». Debe caminar por los tablones de una obra o verificar la descarga de un camión con combustibles. Para eso no hace falta aprender previamente cálculo tensorial o funciones desarrolladas con la transformada de Fourier. Esto evitará los lamentables casos de recién graduados que, al verse sumergidos en el mundo real de la ingeniería tal cual es, lo miran con cierto desdén y displicencia porque no presenta ninguna ecuación diferencial por resolver. Todas las que encuentra ya están resueltas.

Esta ambientación con el mundo de la ingeniería debe ser paralela a una formación científica general, prudente, en ciencias fisicomatemáticas, dosificada moderadamente, y cursos de ciencias de la ingeniería completos, más una serie de conocimientos operativos y culturales complementarios.

***Esta afirmación se puede sintetizar del siguiente modo:
Comenzar a conocer inmediatamente las vivencias de la profesión.
Comenzar a adquirir el rigor metodológico del ingeniero, no el del científico.
Comenzar a adquirir autonomía propia.
Comenzar a sentirse parte de la ingeniería.***

Desdichadamente, esto no ocurre en la actualidad. En los tres primeros años de estudio —la mitad de la carrera, en las de seis años— se lo zambulle, cual pequeña chalupa, en un océano tormentoso de ciencias puras, sin explicarle por qué. A la ingeniería han conseguido arrinconarla en la parte final de la carrera.

SEGUNDO CICLO
FORMACIÓN INICIAL EN UNA DE LAS
INGENIERÍAS DE BASE

Son las asignaturas y actividades propias de una de las ingenierías de base, de espectro amplio y con preparación elástica. De este modo, el estudiante *comenzará a penetrar en alguno de los grandes campos de la ingeniería actual* para poder tomar luego —con adecuados cursos de posgrado— orientaciones o especialidades más finas, pero, esencialmente, para poder ofrecer inmediatamente sus servicios y ser útil en una tarea inicial. Como la ingeniería de base elegida es amplia y abarcativa, el espectro de posibilidades laborales es también amplio.

Esta afirmación se puede sintetizar del siguiente modo:
Penetrar de lleno en alguno de los campos de base de la ingeniería actual.
Adquirir elementos útiles para las tareas iniciales del ejercicio profesional.
Reflexionar sobre su especialidad futura y la estructura de su carrera profesional.
Tomar decisiones en cuanto a seguir oportunos estudios de posgrado.

A estos dos ciclos hay que darles un final integrador. Por ello proponemos que, al concluir todos los estudios y haber aprobado todas las asignaturas y cumplido todas las exigencias, el candidato a ingeniero debe pasar por una prueba final.

PRUEBA FINAL DE MADUREZ
EXAMEN INTEGRADOR PARA VERIFICACIÓN DE
COHERENCIA Y DISERTACIÓN PÚBLICA

El candidato es sometido a la resolución de un problema concreto, multidisciplinario, que deberá cumplir en ocho horas de trabajo dentro de la universidad, pudiendo consultar toda la bibliografía que requiera y acudir a todos los manuales, libros y medios que usa un ingeniero en su trabajo normal —inclusive consultando con profesores— y que será juzgado por un tribunal examinador. Se trata de una prueba en que debe demostrar que es

capaz de integrar todos los conocimientos de la carrera y *ALCANZAR UN RESULTADO CONCRETO, EN UN TIEMPO CONCRETO*, como lo hace un simple ingeniero joven. Luego, debe ofrecer una disertación pública sobre un tema de su preferencia, para evidenciar su nivel académico.

***Esta exigencia se puede sintetizar del siguiente modo:
Verificar si el aspirante a ingeniero tiene autonomía propia.
Examinar posibles fallas en la formación, como autoevaluación de la universidad.
Ofrecer al aspirante a ingeniero una oportunidad de mostrar sus calificaciones.
Forzar al aspirante a ingeniero a realizar una síntesis de sus estudios.***

Si el aspirante a ingeniero no logra pasar esa prueba de madurez, es libre de volver a repetirla tantas veces como lo quiera y hacerse ayudar por sus profesores para lograrlo.

5.4. LAS INGENIERÍAS DE BASE

Ha llegado el momento de estudiar el panorama general de la ingeniería desde nuevos puntos de vista y proceder a clasificarla sobre la base de las situaciones actuales, para sistematizar mejor la formación de los ingenieros. Para ello, nuestra tesis propone encontrar unas pocas ingenierías que tipifiquen a la profesión y que permitan, a su vez, racionalizar mejor los estudios y el ejercicio profesional. De este núcleo, que nos atrevemos a denominar *ingenierías de base*, se podrán desprender con naturalidad todas las *ingenierías periféricas*. Un joven que tomó una de las ingenierías básicas podrá, por medio de cursos de especialización, máster o doctorado, alcanzar campos de especialización o de profundización, pero, además, podrá ingresar tempranamente al mundo laboral y poder desempeñar una tarea de iniciación. Este intento de sistematización de la ingeniería está apoyado en otra tesis que sostenemos enfáticamente:

Lo primero que debe tratar la universidad con el aspirante a ingeniero es, precisamente, procurar hacerlo ingeniero.

Esta tarea se ha visto dificultada porque en los tres primeros años de estudios se ha hecho tradición zambullirlo en una catarata de ciencias puras, físicas, químicas y matemáticas, todas amontonadas al comienzo, que lo confunden y lo desvían del objetivo. Se le inculca una mentalidad científica en vez de una mentalidad técnica. Esto se basó en la equivocada idea de que sin una gran base científica previa no es posible aprender ingeniería, asunto completamente erróneo. Alcanza una dosis moderada, y lo que falte se inculca a lo largo de la carrera, dentro de las mismas materias profesionales, con el criterio del *just in time*. Para quien prefiera ser ingeniero científico, el criterio es otro. En los másters y en los doctorados podrá atragantarse con toda la ciencia que se requiera, pero su destino en la vida es diferente. Lo primero que la universidad debe inculcar al bisoño aspirante a ingeniero, desde el momento en que transpone la puerta de la universidad, es mostrarle *QUÉ HACEN LOS INGENIEROS EN LA PROFESIÓN Y CÓMO LO HACEN*. Un ingeniero profesional es aquel que tiene una serie de *aptitudes* consistentes en el caudal de su saber específico, el volumen de sus estudios. Pero no es ingeniero si no posee, además, una serie de *actitudes* que lo identifiquen como tal. Esas *actitudes* son las que hay que formar inmediatamente porque son las que no han de variar a lo largo de su vida y valen para cualquier especialidad u orientación que tome.

Nuestra proposición es que *HAY CUATRO GRANDES ÁREAS en la ingeniería actual*, que presentamos en el cuadro que sigue:

INGENIERÍAS DE BASE	
Ingeniería de las	INFRAESTRUCTURAS
Ingeniería de la	PRODUCCIÓN
Ingeniería de la	ENERGÍA
Ingeniería de la	COMUNICACIÓN

Estas cuatro ingenierías pueden contener toda la estructura de la ingeniería actual y de ellas se pueden desprender todas las otras, como demostraremos un poco más abajo. Cualquiera de ellas se puede adquirir en los *cinco años de estudio* que —estamos pensando— debe durar razonablemente una carrera de ingeniero en la

Argentina. Deben contener los elementos esenciales como para dotar al graduado de una personalidad firme en el mundo de la ingeniería y de una serie de conocimientos que le permitan entrar en el mercado laboral con alguna herramienta habilitante. Si lo prefiere, con esos conocimientos podrá proseguir estudios del cuarto nivel académico, que en la Argentina se han definido como especializaciones, másters y doctorados. En algunos casos, con esos posgrados es probable que el ingeniero salga del campo profesional, ingrese al campo científico y se dedique a las labores que más arriba hemos definido para el ingeniero científico. En la mayor parte de los casos, seguirá como ingeniero profesional y para progresar en su carrera deberá frecuentar cursos del cuarto nivel académico y de la educación continua.

5.5. LA INGENIERÍA BIOLÓGICA COMO PLANTEO

Mucho hemos vacilado al no colocar una quinta ingeniería básica: la *INGENIERÍA BIOLÓGICA*. Debemos confesar que, al momento de escribir esto, tenemos serias dudas al respecto, por lo que sigue. Existe una serie de nuevas ingenierías de fuerte desarrollo actual, cuyas fronteras tropiezan con la Biología y las Ciencias Naturales, dudando sobre su correcta clasificación metodológica. Esta quinta ingeniería básica daría lugar a ingenierías periféricas como:

- Ingeniería del Medio Ambiente;
- Ingeniería de la Biología Humana;
- Ingeniería del Equipamiento Médico;
- Ingeniería de los Alimentos;
- Ingeniería de los Medicamentos;
- Ingeniería de la Administración Hospitalaria;
- Ingeniería de la Agronomía y Veterinaria;
- Ingeniería de la Administración Agraria.

Esta simple y provisional lista despierta las dudas de que estamos hablando, por lo que hemos preferido postergar para más adelante el tema, a la espera de reunir más elementos como para hacer afirmaciones mejor fundadas.

5.6. LA AUTONOMÍA UNIVERSITARIA

Toda propuesta de nuevo ordenamiento de estudios abre interrogantes en lo que respecta a la libertad de la universidad para diseñar, según sus propios criterios, los planes y programas de estudio. Este aspecto debe observarse cuidadosamente. Todo intento por uniformar planes y programas de estudio en las diversas escuelas de una misma disciplina o carrera puede ser visto como una intromisión en la libertad que toda universidad tiene para regir sus destinos, conforme sus metas y objetivos.

Por esta causa, en todo lo que sigue se procura solo señalar *políticas educativas*, sin pretender de ningún modo diseñar planes y programas. Para las asignaturas, solo se sugieren denominaciones indicativas del contenido, sin pretender avanzar mucho más en ello.

5.7. LAS INGENIERÍAS PERIFÉRICAS

Vamos ahora a realizar un intento por detectar algunas de las principales orientaciones o especialidades que pueden surgir de cada una de las ingenierías de base. Se entiende bien que cada una de ellas se obtiene por medio de algún curso de nivel cuaternario, con la carga horaria de dedicación que las normas establezcan.

Esto significa una modificación bastante importante en la forma de estudiar ingeniería en el país. En la actualidad, el alumno egresa con una especialidad u orientación, como Ingeniero Mecánico, Ingeniero Electrónico, y demás existentes. Egresa como *producto terminado* en alguna de las más de 70 especialidades. En la propuesta de esta tesis, sale esencialmente como *INGENIERO*, y la adquisición de la especialidad u orientación corresponde al posgrado.

Una clasificación de esta naturaleza presenta las ventajas que se enumeran a continuación:

- Permite carreras de grado con una duración posible y real de 5 años, adelantando el ingreso del joven ingeniero al sector

productivo a una edad menor. Con las especialidades actuales, las carreras de 6 años se hacen, en la práctica, de 8 o más años, según las estadísticas.

- Permite alcanzar la graduación con una menor fatiga, lo que alienta para proseguir estudios de posgrado. Actualmente, con las carreras tradicionales de 6 años, fuertemente sobrecargadas, el joven no dispone del suficiente tiempo útil para una vida higiénica con práctica de deportes, relación familiar intensa, participación social y mundo cultural. Ingeniería, en la Argentina, es vista como una de las carreras llamadas «duras». Si a esto se agrega que gran cantidad de estudiantes de ingeniería desempeña algún empleo u ocupación laboral mientras estudia, se explica esa duración de más de 8 años.
- Permite una mejor racionalización de los recursos de las universidades, tanto los humanos (personal docente) como los de dotación y equipamiento. La mayor parte de la carrera, en la propuesta que estamos presentando, *ESTÁ COMPUESTA POR LOS TRES PRIMEROS AÑOS, QUE ES COMÚN A TODOS LOS ESTUDIANTES*, mientras que los dos últimos años se dedican a la formación en una de las ingenierías básicas, donde se produce la ramificación.
- Permite retardar más la elección, por parte del estudiante, de la ingeniería de base, dándole la oportunidad de contar con una mayor información y una mayor madurez intelectual, evitando elecciones prematuras de especialidad. En la actualidad, en el momento del ingreso y sin madurez, se lo obliga a elegir una especialidad que desempeñará 8 años más adelante.
- Permite colocar y quitar ingenierías periféricas con total naturalidad, conforme la demanda o las necesidades, economizando recursos de las universidades.
- Permite tener un listado de ingenierías periféricas abundante y variable, ajustado cada año a la demanda o las necesidades regionales.

En lo que sigue, trataremos de presentar una visión panorámica de las *INGENIERÍAS PERIFÉRICAS*, procurando clasificarlas dentro de las *INGENIERÍAS DE BASE*. Debemos declarar que la tarea no ha sido sencilla y nos quedaron algunas dudas. Sin embargo, se puede observar que ingresaron a la tabla general la mayor parte de los títulos de ingeniero que hoy se encuentran dispersos en el país.

Es dable observar que el cambio del sistema actual al propuesto en la tabla que sigue implica una fuerte reducción de cantidad de asignaturas, dado que muchas de las actuales, que están colocadas en alguna de las 70 carreras existentes, deben dejar de existir o pasar a los posgrados. Además, al racionalizar los primeros años de todas las carreras haciéndolos comunes para todos los alumnos, disminuirá la cantidad de docentes y muchas de las ingenierías periféricas deberán ser de existencia variable, no pudiéndose dictar todos los años.

Debemos reconocer que esta propuesta hará *QUE TODO EL SISTEMA ACADÉMICO SE VEA FUERTEMENTE AFECTADO*. Lo más preocupante es la disponibilidad de los profesores y equipos de las cátedras actuales, que tienen derechos legales adquiridos en los concursos de oposición oportunamente ganados. Cada universidad debería idear un período de transición, que forzosamente será poco conveniente para los docentes universitarios, pero que alivianará la economía presupuestaria de la misma universidad. Pero, por otra parte, es muy evidente que con el sistema actual el país no puede continuar mucho tiempo más.

Ensayemos entonces una *tabla de ingenierías* que permita admitir lo existente, pero, mucho más importante, que *SEA FLEXIBLE A LOS CAMBIOS Y LA EVOLUCIÓN DE LA INGENIERÍA*.

5.8. LAS DISCIPLINAS FORMATIVAS ESENCIALES

Las materias componentes de lo que corrientemente se denomina en la Argentina «*el plan de estudios*» o *el contenido curricular* (en otros países, los programas) serán elegidas por cada universidad, según los criterios sustentados en cada caso. Sin embargo, en lo que sigue citaremos una lista de conocimientos, ordenados no por ciclos sino por grupos temáticos. Dentro de estas listas pueden encontrarse materias que —convenientemente combinadas— permiten armar el plan de estudios previsto.

TABLA DE INGENIERÍAS

INGENIERÍAS DE BASE	ALGUNAS INGENIERÍAS PERIFÉRICAS		
◀	▶		
INFRAESTRUCTURA	Edificios Fundiciones Aerospacio Aeropuertos Canales Puertos Obras hidráulicas	Obras viales Aeronáutica Oceánica Geodesia Obras sanitarias Presas Silos	Transportes Naval Estructuras Fluvial Ferrocarriles Puentes Topografía
PRODUCCIÓN	Planeamiento Manufactura Siderurgia Seguridad Mantenimiento Papelería Molinos	Industrias químicas Comercialización Materiales Alimentaria Metalurgia Control y calidad Industrias del gas	Hidrocarburos Explotación petrolera Minería Maquinaria industrial Automóviles Diseño industrial Textiles
ENERGÍA	Sistemas de potencia Máquinas eléctricas Máquinas térmicas Máquinas hidráulicas Medios de elevación Obras energéticas	Instalaciones eléctricas Instalaciones térmicas Luminotecnia Hornos industriales Fuerza motriz Líneas eléctricas	Instalaciones hidráulicas Generadores de vapor Energía nuclear Fuentes energéticas Baterías y acumuladores Electroquímica
COMUNICACIONES	Circuitos electrónicos Técnicas digitales Telefonía Control automático Electrónica cuántica Microprocesadores Circuitos integrados	Estado sólido Fibra óptica Técnicas satelitales Propagación y antenas Componentes activos Optoelectrónica Rayos catódicos y láser	Microondas Tratamiento de señales Tratamiento de imagen Electrónica de potencia Componentes pasivos Transductores Redes de telefonía

Conocimientos de las ciencias fisicomatemáticas que sirven de apoyo inicial

- Área de la Matemática
Álgebra y cálculo numérico. Análisis matemático. Ecuaciones diferenciales. Etcétera.
- Área de la Física
Mecánica del cuerpo rígido. Energía y trabajo. Elasticidad. Electrostática. Electromagnetismo. Fluidodinámica. Termodinámica. Fenómenos ondulatorios. Acústica. Óptica. Estructura atómica. Radioactividad. Etcétera.
- Área de la Química
Estructura de la materia. Sistemas periódicos. Reacciones químicas. Pesos moleculares. Ionización. Soluciones. Química inorgánica. Química orgánica. Hidrocarburos. Lubricantes. Combustibles. Aguas. Etcétera.

Estos conocimientos pueden colocarse en cursos y *DEBEN ESTAR ACOTADOS A LO ESTRICTAMENTE NECESARIO* para poder abordar el ciclo siguiente de las ciencias del ingeniero. Los ejemplos en ellas serán de casos y problemas de la ingeniería. Cualquier tema de matemática, física o química de expresa especificidad científica, aplicable solo al conocimiento de algún punto perdido en una materia posterior, se pasará al grupo siguiente de asignaturas de ciencias del ingeniero o lo dictará, si corresponde, el mismo profesor que lo necesita más adelante. Nunca los profesores de matemática, física o química determinarán, por sí mismos, el contenido de esas asignaturas. Se limpiarán los programas de temas muy particulares, de dudosa aplicación en el ejercicio profesional, y todo conocimiento especulativo científico algo superior que pudiese ser necesario se pasará a los cursos posteriores o a los cursos de posgrado.

Conocimientos esenciales en ciencias del ingeniero

- Termodinámica
- Estructuras
- Mecánica técnica
- Mecánica de los fluidos
- Campos y circuitos eléctricos y magnéticos

- Electrónica básica y digital
- Materiales de la ingeniería

Estos conocimientos constituyen la base teórica de todo buen ingeniero completo, capaz de penetrar —por sí mismo o con cursos doctorales, de máster o de la educación continua— hasta los últimos confines del conocimiento técnico. Este núcleo de asignaturas compone el cuerpo central de la personalidad profesional y permite proseguir trayectorias diversas. En los cursos de posgrado habrá oportunidad de profundizar las ciencias fisicomatemáticas, en caso de ser éstas necesarias. Estas asignaturas son la base para el segundo ciclo de la formación.

Conocimientos y actividades formadoras de la personalidad profesional

Esta serie de conocimientos es esencial para la formación de todo buen ingeniero dado que lo introduce en los hechos de la profesión.

- Ingeniería general (asignatura de aula en la universidad)
Por ser una disciplina menos frecuente, indicamos tentativamente su contenido.

Historia de la ingeniería. Definición de ingeniería. La ingeniería como profesión. Campos de ejercicio profesional. Formas de ejercicio profesional. Carrera profesional del ingeniero. Características de la vida profesional con relación a la sociedad y la familia. Clasificación de las ingenierías. Ética profesional y códigos. Reglamentos técnicos. Especificaciones técnicas. Normas empleadas en la ingeniería. Enfoque ingenieril de los problemas. Tolerancias. Obras de ingeniería en la Argentina. Profesiones auxiliares de la ingeniería. Etcétera.

- Trabajos de campo (actividades prácticas fuera de la universidad)

Visitas a obras concluidas y obras en ejecución. Visitas a plantas industriales de producción. Visitas a sistemas de

servicios públicos. Visitas a talleres. Redacción de informes de visitas técnicas. Ejercicios prácticos de cálculos típicos. Toma de datos en obra. Interpretación de planos. Anteproyectos. Planos de proyecto. Proyectos de detalle. Planos conforme a obra. Control de gestión. Preparación de cronogramas. Preparación de presupuestos. Análisis de costos. Redacción de informes técnicos. Especificaciones técnicas. Planteles de personal. Seguridad de las obras y de las plantas industriales. Estadías. Pasantías. Empleos estables. Residencias técnicas. Prácticas rentadas. Etcétera.

Estas actividades son el complemento lógico y natural de la formación teórica dada en las ciencias del ingeniero. Su inclusión obliga a la universidad a realizar un complicado estudio de posibilidades, dado que en este asunto la solución no es sencilla. El país debería disponer de suficientes oportunidades en el sector productivo como para ofrecer a todos los jóvenes estudiantes los lugares en donde ejercitarse mientras estudian. Una solución que en la Argentina se ha venido usando es desempeñar un empleo simultáneo con el estudio, lo que obliga, por lógicas razones, a que los horarios de clases en la universidad sean vespertinos o nocturnos. Si bien no siempre se logra una aceptable compatibilidad entre lo que se estudia y lo que se trabaja, este método ha venido empleándose, siendo la Universidad Tecnológica Nacional pionera en esta materia en la Argentina desde 1953, como lo revela su propio Estatuto. En este terreno resta todavía mucho por investigar y ordenar.

Un ejemplo muy interesante de observar es el del Reino Unido de la Gran Bretaña e Irlanda del Norte, con su sistema llamado *sandwich*. Este consiste en que el estudiante que aspira a ingeniero debe cumplir, por ejemplo, un año en un empleo empresario, luego tres años en la universidad y finalizar con un año en un empleo empresario. Existen otras variantes semejantes, como dos años de estudio, uno de empleo y otros dos de estudio.

Conocimientos específicos (se citan solo tres en cada caso, a modo de ejemplo)

Para Ingeniería Básica de la Infraestructura

- Estructuras de hormigón armado
- Obras hidráulicas
- Obras viales

Para Ingeniería Básica de la Producción

- Operaciones unitarias
- Organización industrial
- Procesamiento de hidrocarburos

Para Ingeniería Básica de la Energía

- Máquinas térmicas
- Instalaciones frigoríficas
- Instalaciones de potencia

Para Ingeniería Básica de las Comunicaciones

- Circuitos digitales
- Procesamiento de la imagen
- Electrónica de potencia

En este listado, solo se han indicado tres cursos de cada una de las ingenierías de base, a modo de simple ejemplo. Como se comprende, el listado puede ser muy amplio y su elección debería ser optativa por parte el alumno. Se trata de un grupo principalmente distinto en cada una de las ingenierías de base y esencialmente variable. Las materias de este grupo deberán ajustar sus programas todos los años y aparecerán o desaparecerán, según las demandas y perspectivas.

5.9. LAS DISCIPLINAS FORMATIVAS DE APOYO

Conocimientos herramientas

- Idiomas extranjeros
- Medios de representación
- Informática

Estas disciplinas pueden estar contempladas en los planes de estudio, pero cada vez es más común que las universidades exijan a sus alumnos que las conozcan de antemano o que las fortalezcan dentro de los dos primeros años de estudio, debiendo demostrar que las conocen lo suficiente como para seguir los estudios sin inconvenientes.

Conocimientos operacionales

- Electrónica aplicada a la ingeniería de base elegida
- Control automático

Es muy conveniente que el alumno conozca estas asignaturas, en la forma que la universidad determine. Sus conocimientos son de empleo tan frecuente en todas las ingenierías que deben ser bien adquiridos para poder resolver los problemas específicos.

5.10. LAS DISCIPLINAS DE FRONTERA NECESARIAS

La formación del ingeniero moderno debe ser integral. Debe conocer y compartir la totalidad del negocio de la empresa en que presta servicios y adquirir sentido económico y legal de sus actos. Debe, asimismo, poseer una cultura general que lo acredite como líder de su grupo de trabajo.

Conocimientos de frontera necesarios

Pueden ser cursos breves o ciclos de conferencias.

- Economía
- Derecho

- Administración
- Ecología
- Humanidades
- Conducción de personal
- Ejercicio profesional
- Lenguaje y comunicación
- Política internacional
- Investigación y desarrollo
- Política y geopolítica
- Artes
- Ética

Estas asignaturas serán impartidas con los criterios que cada universidad determine, pero son absolutamente necesarias en el entorno en que hoy se desenvuelven los ingenieros.

5.11. EL CURRÍCULUM GENÉRICO TENTATIVO

Como hemos afirmando más arriba en esta tesis, cada escuela universitaria de ingenieros, conforme su derecho a la autonomía y a la autarquía, compondrá sus planes de estudio. Sin embargo, si se acepta la política general expuesta en esta tesis, podrá hacerlo siguiendo un lineamiento general armónico, conforme pasamos a exponer enseguida. En este se pueden colocar los conocimientos que venimos de citar en los temas anteriores de este capítulo.

ESTRUCTURA CURRICULAR BÁSICA

PRIMER CICLO Formación de la personalidad profesional (3 años de estudio)	<i>Grupo de asignaturas</i>	<i>Porcentaje del tiempo</i>
		Ciencias Fisicomatemáticas
	Ciencias del Ingeniero	50
	Conocimiento Herramientales	5
	Formación de la Personalidad Profesional 1°	15
SEGUNDO CICLO Formación en una Ingeniería de Base (2 años de estudio)	<i>Grupo de asignaturas</i>	<i>Porcentaje del tiempo</i>
		Conocimientos Específicos
	Aptitudes Operacionales	5
	Cultura de frontera	10
	Formación de la Personalidad Profesional 2°	15



Candidato a INGENIERO



PRUEBA DE MADUREZ	<i>Actividades</i>	<i>Horas de aplicación</i>	
		Prueba integradora de aptitud	8
		Disertación pública sobre un tema	2



INGENIERO

Una vez cumplidas todas las asignaturas del curso en los dos ciclos previstos, el alumno se considera solamente «CANDIDATO A INGENIERO» y se presenta a un tribunal examinador, para rendir su PRUEBA DE MADUREZ. La misma debe ser tomada por un tribunal de no menos de cinco miembros del cuerpo de profesores titulares. Consistirá en un tema que deberá desarrollar durante un día de 8

horas de trabajo en la universidad, de carácter público y multidisciplinario. No será ni un proyecto ni cálculos que se parezcan a los trabajos prácticos. Se tratará de un planteo concreto para conocer cómo es capaz el graduado de planear la solución de un caso técnico, sin entrar en los detalles del mismo. Podrá consultar toda la bibliografía que requiera, e inclusive consultar con profesores para ayudarse. Se trata de determinar si está maduro para tener autonomía profesional. Cumplida la prueba multidisciplinaria, al día siguiente, el candidato a ingeniero deberá ofrecer una *DISERTACIÓN PÚBLICA*, de unas dos horas de duración, sobre un asunto a su elección.

Para la asignación de la carga horaria de una carrera de grado, es conveniente adoptar algún estándar de referencia. Si seguimos el estilo sajón, emplearemos el *crédito* como unidad de medida que puede tener más de una interpretación horaria, según la universidad. Un *crédito*, en general, está compuesto por las horas dedicadas a la atención de clases o trabajos en el aula, más trabajos en laboratorios, más el estudio y trabajos fuera de la universidad. Por ejemplo, un *crédito* puede estar compuesto por 1 hora semanal de clases efectivas, más 2 horas de trabajo académico comprobado, totalizando 3 horas efectivas semanales de dedicación del estudiante. De este modo, un alumno *full time* puede tomar entre 15 y 18 créditos por semestre de 15 semanas útiles, es decir, lo que le requiere $15 \times 3 = 45$ o $18 \times 3 = 54$ horas semanales de dedicación. Esto implica —repartido en 6 días a la semana— de 8 a 9 horas diarias de clase más estudio. Conforme los estilos argentinos, se emplea más el *TIEMPO EFECTIVO DE DEDICACIÓN*.

Sobre estos aspectos, citemos los criterios propuestos por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI), que son los siguientes:

Tiempo de duración de la carrera: 5 años.
Carga horaria total mínima: 3.750 horas (se entienden horas de 60 minutos).

Las 3.750 horas efectivas de clase son las que el alumno permanece en las instalaciones de la universidad, atendiendo clases de profesores, ejecutando trabajos en laboratorios o desarrollando ejercicios bajo la supervisión de sus docentes.

Es bastante frecuente suponer que, por cada hora que el alumno está en la universidad, deba dedicar otro tanto fuera de la universidad. En ese tiempo debe estudiar los temas, prepararse para los exámenes y evaluaciones, resolver casos que los profesores le plantearon, hacer consultas bibliográficas o practicar de diversas formas. Por lo tanto, el tiempo requerido para graduarse oscila aproximadamente en $3.750 \times 2 = 7.500$ horas.

En el Primer Congreso Argentino de Enseñanza de Ingeniería, patrocinado por el Consejo Federal de Decanos de la República Argentina (CONFEDI), en la Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, en 1996, se discutió *como proyecto* para los posgrados el siguiente criterio:

1 crédito = 20 horas-aula

Cursos de *ESPECIALISTA* (20 créditos x 20 = 400 horas-aula)

Cursos y seminarios Máximo: 12 créditos

Otras actividades Máximo: 3 créditos

Monografía final..... Máximo: 5 créditos

Cursos de *MÁSTER* (40 créditos x 20 = 800 horas-aula)

Cursos y seminarios Máximo: 25 créditos

Otras actividades Máximo: 5 créditos

Tesis Máximo: 10 créditos

Cursos de *DOCTORADO* (80 créditos x 20 = 1.200 horas-aula)

Cursos y seminarios Máximo: 20 créditos

Otras actividades Máximo: 10 créditos

Tesis Máximo: 40 créditos

En estos tiempos, la propuesta de más arriba referente a las actividades de la *personalidad profesional* para las carreras de grado del ingeniero profesional es de difícil evaluación. Sería necesario un estudio más profundo del tema para revelar cómo resulta la vida de un estudiante sometido a este esfuerzo. También es dificultosa la forma de estimar las horas de actividades en los lugares de trabajo, como, asimismo, el seguimiento que la univer-

sidad debe hacer para cada alumno de esas actividades desarrolladas en empresas o industrias.

Sobre el tema de la distribución del tiempo de un alumno universitario en la Argentina, reconocamos que están faltando estudios e investigaciones.