



La Ingeniería Industrial en el Año 2000

ING. FRANCISCO SAGASTI

Presentamos a continuación el texto de la importante Conferencia sobre la Ingeniería Industrial en el Año 2000 que acertadamente expusiera el Ing. Francisco Sagasti, durante el desarrollo de la Convención Nacional de Facultades de Ingeniería Industrial, realizada en la Universidad de Lima.

En dicha Conferencia el expositor trata con profundidad y claridad acerca del origen de la Ingeniería Industrial su evolución, el contexto en el que se desarrolla, formulando finalmente, interesantes recomendaciones de lo que debería ser en el Siglo XX, tanto en el contorno internacional como en el nacional, precisando que en nuestro País, por la crítica situación económica que atraviesa, promueva la conversión de cada ingeniero industrial en un empresario.

Tenemos el agrado de transcribir el texto de la citada Conferencia.

En primer lugar, quiero agradecer a los organizadores de este evento por darme la oportunidad de reencontrarme con mi profesión, con viejos amigos y con muchos maestros con los cuales tuve la oportunidad de estudiar y aprender lo que sé de ingeniería -de la cual algo queda todavía, después de varios años de

estar dedicado a actividades ajenas a ella.

Quiero ahora compartir algunas ideas con ustedes respecto a tres temas distintos, para luego plantear una discusión con el panel y con toda la audiencia. El primer tema es el origen de nuestra profesión, la Ingeniería Industrial. En segundo término me interesa reflexionar sobre cómo ha cambiado durante los últimos años el contexto en el cual se ejerce nues-

Tomado de la Conferencia ofrecida en la Convención Nacional de Facultades de Ingeniería Industrial realizada en la Universidad de Lima

tra profesión. Finalmente, haré algunas apreciaciones sobre lo que considero debería ser la Ingeniería Industrial al finalizar el siglo XX, tanto en el ámbito internacional como en el Perú.

Muchos de ustedes conocen el famoso *Manual de Ingeniería Industrial* de H.B. Maynard, que fue uno de los libros de referencia más importantes para los estudiantes de mi época y cuya primera edición fue hecha en 1956. Para mí ha sido muy interesante volver, mediante ese *Manual*, a las fuentes mismas de nuestra profesión, sobre todo para apreciar los cambios ocurridos en los últimos treinta años.

La Ingeniería Industrial empezó a plantearse como profesión a principios de este siglo, como resultado de trabajos realizados a partir de 1880 por personas como Henry Gantt, quien fue el primero en vincular la organización del trabajo industrial con los sistemas de incentivos y la programación de tiempos. Las Cartas de Gantt, creadas en 1885, siguen siendo uno de los instrumentos más utilizados en nuestra profesión. Luego está Frederick Taylor, el primero en sistematizar el estudio de tiempos y movimientos partiendo de lo que sucedía en las plantas industriales. La preocupación en esos años era cómo optimizar el funcionamiento de una planta industrial en términos de las relaciones entre los trabajadores, la tecnología, las materias primas y el producto final. Por esta época, también, la psicóloga industrial Gillian

Gilberth empezó a hacer estudios sobre movimientos. A su vez, en 1906, Frederick Taylor dictó una conferencia en la Asociación de Ingenieros Mecánicos, en Estados Unidos; pocos años después presentó su testimonio al Congreso Norteamericano sobre el tema de Gestión Científica, y en 1912 publicó su libro *Scientific Management*, el primero que consolidó las prácticas de Ingeniería Industrial y que sentaría las bases de lo que fue nuestra profesión durante los siguientes treinta o cuarenta años. También en esa época Henry Ford inventó la línea de ensamblaje, que ha pasado a ser el símbolo de toda una época de producción industrial.

Así, se puede decir que hacia 1912 ya se había consolidado la concepción de lo que era la Ingeniería Industrial. Tal concepción giraba básicamente alrededor de tres conceptos centrales, conceptos que, digámoslo claramente, son de carácter reduccionista, en tanto circunscriben el tema de la producción industrial a sus más mínimos componentes. Esos conceptos eran, primero, definir las **tareas** de la manera más precisa y con una secuencia claramente definida, lo que implica desmenuzar cada actividad productiva identificando sus elementos y componentes; segundo, definir de la manera más exacta el tiempo que toman estas tareas; tercero, establecer el **método** específico para realizar la tarea definida en el tiempo preciso, para que los trabajadores hagan las cosas exactamente de la manera indicada.

Varios decenios más tarde, como relata Maynard en su *Manual de Ingeniería Industrial*, los miembros de nuestra profesión flexibilizan un poco su perspectiva y notan que las rigideces introducidas en la actividad de los trabajadores mediante los sistemas de tiempos y movimientos, generan una serie de problemas y resistencias. Así, se empieza a ampliar el ámbito de la Ingeniería Industrial con la introducción del concepto de Ingeniería de Métodos. Más tarde, el experimento Haw Thorne llevado a cabo en 1931-32 en dos plantas industriales, demostró claramente que no era suficiente codificar los procesos productivos a través del estudio de tiempos y movimientos, sino que también era necesario prestar atención a los factores humanos.

El experimento fue muy interesante. Se escogieron dos plantas industriales, en una de las cuales no se hizo nada, y en la otra se puso un equipo de psicólogos a observar cómo trabajaban los obreros. Las dos plantas utilizaban exactamente los mismos métodos y generaban el mismo volumen de producción; la única diferencia era la presencia en una de ellas del grupo de psicólogos.

Sin cambiar métodos, sin cambiar absolutamente nada, la productividad de la planta que estaba siendo estudiada aumentó significativamente, pese a que no había ninguna *razón objetiva* que explicara este aumento. Pero eso no fue todo. Cuando se dejó de estudiar esta planta, se dio un

segundo aumento de la productividad. Mientras tanto, la planta que no había sido estudiada, operando exactamente con la misma tecnología, con los mismos procedimientos, con el mismo método, se mantuvo en un bajo nivel de productividad.

La única explicación que dieron los psicólogos industriales de la época fue que el hecho de considerar a los trabajadores como algo digno de estudio aumentó su autoestima, los hizo verse considerados, los hizo verse tomados en cuenta por la gerencia. Este fue el motivo central del primer salto de productividad. El segundo salto fue resultado de que, no solamente habían sido motivo de estudio, sino que, al retirar a los psicólogos, se estaba mostrando confianza en los trabajadores, lo que aumentó nuevamente su autoestima y su productividad.

He reseñado todo lo anterior para indicar que, a los pocos decenios de ser formalizada la profesión de Ingeniería Industrial, ya hacia los años treinta empezaron a incorporarse en ella los factores humanos. Se empezó a considerar que no bastaba simple y llanamente codificar los procesos productivos, precisar las tareas, los tiempos y los métodos.

Es interesante rescatar de la introducción del *Manual de Ingeniería Industrial* de Maynard, cuál era la concepción que se tenía hacia 1950 del futuro de la Ingeniería Industrial. En el ensayo introductorio, Maynard

plantea algunos desafíos para la Ingeniería Industrial percibidos desde los años cincuenta; comparemos sus ideas con los desafíos que enfrentamos ahora.

De acuerdo a Maynard, uno de los desafíos para el futuro era precisamente éste de entender mejor las actividades de los trabajadores. En los años cincuenta todavía no entendíamos muy bien el comportamiento de éstos; pese a que habíamos logrado codificar sus actividades, no entendíamos sus motivaciones, la forma en la cual operaban y sus relaciones entre sí y con la gerencia.

Exagerando un poco, podríamos decir que el ideal, el «santo grial» que debía ser buscado, era definir de una vez por todas lo que los ingenieros industriales de antes llamaban «*la única y mejor manera*» de organizar y llevar a cabo un determinado proceso productivo. En los años cincuenta todavía se pensaba en esos términos. Una vez definida esta «*única y mejor manera*» de hacer las cosas quedaban todavía problemas por resolver en la organización, planificación, contabilidad de costos, etcétera; sin embargo se tenía la ilusión de que era posible encontrar la solución óptima al margen de estos otros problemas administrativos, y a partir de ella se podría ir viendo como trabajar éstos. Luego, una vez encontrada la solución óptima y resueltos tales problemas, quedaba un tercer problema que en algún momento esperaba Maynard se iba a resolver: el proble-

ma de la motivación de los trabajadores. Cito textualmente lo que decía Maynard: «*Todavía tenemos el problema de cómo hacer que un grupo cualquiera de trabajadores pueda trabajar, colaborar de buena gana en esta empresa.*»

Bien, todos sabemos que, mientras nuestra profesión hacía un gran esfuerzo para sistematizar, codificar, registrar los procedimientos de producción y la organización de los procesos productivos, muchas cosas estaban cambiando fuera del ámbito de la Ingeniería Industrial. Y aquí quisiera hacer un aparte y hablar del tema de los paradigmas, pero definidos en términos tecnológicos. Mientras nuestra profesión surgía con un marco conceptual, con un paradigma, por decirlo así, de lo que era la producción industrial, los avances tecnológicos iban modificando y cambiando este paradigma, de tal manera que a lo largo de varios decenios se fue generando un cierto desfase entre la evolución incremental de nuestra profesión por un lado, y el tipo de desafíos planteados por el nuevo contexto de las actividades productivas y de la industria en general por el otro. Este nuevo contexto ha obligado a reestructurar y reacomodar nuestra manera de pensar la Ingeniería Industrial.

De acuerdo a Christopher Freeman, profesor de la Universidad de Sussex y uno de los pioneros en los estudios del cambio técnico, y de acuerdo a Carlota Pérez, investigado-

ra venezolana de muchísima experiencia práctica y con una gran capacidad para vincular los temas tecnológicos con los aspectos institucionales y sociales, el examen de la naturaleza de los cambios tecnológicos muestra cuatro niveles de complejidad y de «radicalidad».

En primer lugar están los **cambios tecnológicos incrementales**, que sólo mejoran la gama de productos, procesos, sistemas y organizaciones existentes, sin introducir una gran variación en ellos. Todos conocemos este tipo de cambio, que sin alterar de forma alguna la tecnología utilizada, aumenta su eficiencia, su productividad.

En segundo lugar están los **cambios tecnológicos radicales o básicos**, que son cambios que sobrepasan el marco de las innovaciones incrementales. Aquí estamos hablando, por ejemplo, de nuevas plantas industriales -ya no de mejoras en las plantas existentes- estamos hablando de nuevos mercados, nuevas organizaciones, distintas a las que teníamos anteriormente y que implican un grado de complejidad tecnológica mayor.

En un tercer nivel, aún más amplio, están los **nuevos sistemas tecnológicos**, en los cuales ya no se trata de innovaciones radicales aisladas, sino de núcleos interrelacionados de innovaciones radicales e incrementales que generan nuevos sistemas integrados de tecnología. Esto se dio,

por ejemplo, al crearse la línea de ensamblaje. No se trata de un cambio tecnológico, sino de un nuevo sistema tecnológico que junta varios tipos de cambios radicales e incrementales, provenientes de campos tales como la química, la física, la electrónica, etcétera.

Por último, Christopher Freeman y Carlota Pérez identifican lo que llaman **cambios de paradigmas tecnoeconómicos**, en los cuales se produce una combinación de sistemas de innovaciones tecnológicas que afectan a toda la economía, no sólo de un país, sino incluso a nivel internacional y que modifican lo que se podría denominar el «sentido común» asociado a la manera con la cual ingenieros, economistas, gerentes y administradores ven los problemas e interpretan los eventos en las plantas industriales. El cambio de paradigma tecnoeconómico es uno de los conceptos más importantes para entender el desfase entre lo que fue la concepción inicial de la profesión de Ingeniería Industrial y las tareas que tiene por delante ahora.

Christopher Freeman -utilizando algunas ideas de Kondratieff, un economista ruso que a mediados de la década de los años veinte publicó un libro sobre «ondas largas», y los planteamientos de Schumpeter acerca de los ciclos económicos- plantea que a lo largo de los últimos dos siglos hemos tenido varias olas de innovaciones tecnológicas, cada una de las cuales configura un paradigma, una

manera de ver el mundo de la producción industrial que es muy distinta a la anterior.

La primera ola se dio aproximadamente entre 1780 y 1840. Se caracterizó por tener al hierro como factor o insumo productivo *-clave-*; a los textiles de algodón como el producto que se constituyó en el principal motor de la industria; y a la construcción de canales para el transporte y las comunicaciones de esa época como el mayor esfuerzo en infraestructura. En conjunto, la fabricación del hierro, la expansión de la producción de textiles de algodón y los canales configuraron el paradigma tecnoeconómico de la época.

En la segunda ola, entre 1840 y 1880, el carbón y su uso para generar vapor se convirtieron en el factor clave. Los motores a vapor se difundieron y sustentaron las actividades productivas y el crecimiento económico. Se inventaron las máquinas-herramientas y empezaron a utilizarse para estandarizar productos, componentes y piezas. Los ferrocarriles reemplazaron a los canales como principal medio de transporte.

La tercera ola, entre 1890 y 1940 -período en el cual se configuró la Ingeniería Industrial-, tuvo en el acero y la generación de electricidad sus factores clave, entrando la ingeniería pesada en auge mediante la construcción de barcos, grandes máquinas y centrales hidroeléctricas, entre otros equipos. Además, se empezó a fabri-

car productos químicos orgánicos, una de las grandes innovaciones de la segunda mitad del siglo pasado. Durante los primeros treinta años de este siglo, época inicial de la ingeniería industrial, el acero, la electricidad, la ingeniería pesada y los productos químicos orgánicos configuraron todo un sistema de producción -un paradigma tecnoeconómico- que cambió la manera en la cual se razonaba sobre las actividades productivas. Es clara la diferencia con el anterior paradigma, el del carbón, los motores a vapor, las máquinas-herramientas y los ferrocarriles.

Entre 1940 y 1990 se produjo una cuarta ola -que, dicho sea de paso, mantiene algo de su inercia hasta la actualidad, ya que no ha habido una ruptura clara en la transición de dicho paradigma tecnoeconómico al actual. No fue ya el acero el factor clave, sino el petróleo. La posibilidad de producir petróleo barato, el que ello permitiera la generalización de la producción y el uso de automóviles y también de los productos, ya no de química orgánica básica, sino de química orgánica fina derivados del petróleo. Todo esto, añadiendo el transporte aéreo y por carretera, configuró un nuevo paradigma tecnoeconómico y un nuevo sistema de producción industrial.

Es importante recalcar que cada paradigma tecnoeconómico no sólo plantea un conjunto de innovaciones tecnológicas, sino que también da lugar a instituciones, a formas de

hacer política económica muy distintas. En el caso del paradigma en el cual el petróleo, los autos, los productos petroquímicos, los aviones y las carreteras formaron el núcleo de innovaciones tecnológicas, el impacto no sólo se dio sobre la industria automotriz: paralelamente los tractores cambiaron la producción agrícola, los camiones el transporte pesado, los tanques y los armamentos motorizados alteraron las formas de hacer la guerra, y los aviones transformaron el transporte de personas y bienes. Por primera vez se empezaron a producir masivamente bienes de consumo durable, como refrigeradores, cocinas y lavadoras. Se establecieron las plantas de procesos químicos en gran escala y se crearon los materiales sintéticos derivados del petróleo (rayón, nylon). Los productos petroquímicos se generalizaron, las carreteras se volvieron el medio principal de comunicación, los aeropuertos y las líneas aéreas se expandieron. Todo esto se basó en la disponibilidad de petróleo barato y en abundancia; además era posible procesarlo, transportarlo y ponerlo a disposición prácticamente de cualquier persona. La organización de los sistemas de distribución de gasolina, el que en un grifo, en cualquier lugar, se tuviera la fuente de energía para abastecer un automóvil, fue una innovación institucional que ahora nos parece obvia, pero que no existía hace ochenta años.

¿Cuáles fueron las características de la organización de las empresas y

qué tipo de instituciones surgieron alrededor de este núcleo de innovaciones que constituyeron el paradigma tecnoeconómico basado en el petróleo barato? En primer lugar, al tener una estructura de producción vinculada al consumo masivo, en la cual las economías de escala tenían un peso crucial, se establecieron formas de competencia oligopolística, caracterizada por el control de unas pocas grandes empresas sobre la producción en cada rama industrial. Las corporaciones multinacionales basadas en la inversión extranjera directa se convirtieron en la forma principal de expandir estos sistemas de producción por todo el mundo. Se ubicaron las plantas en diferentes lugares, y se crearon algunos sistemas de subcontratación, que permitieron a la gran empresa cumplir su objetivo central: articular verticalmente una serie de unidades de producción para maximizar sus utilidades. Esto llevó a una estructura rígida y jerárquica de la actividad productiva, en la cual el *-control-* predominaba en todas las estructuras verticales de producción.

Paralelamente se crearon los grandes sistemas institucionales como el Seguro Social y el Estado benefactor, que debía proveer servicios de salud y educación, programas de generación de empleo y seguro de desempleo, etcétera. Se conceptualizó la organización del Estado y la provisión de servicios públicos casi como corporaciones verticales. Esto estaba estrechamente ligado al paradigma tecnoeconómico y al sentido tecno-

lógico común que empezó a surgir en los años veinte, se extendió por los treinta, culminó en los años sesenta y setenta, y empezó a tener problemas a fines de los setenta y durante los ochenta.

Este paradigma tecnoeconómico basado en el petróleo ha permanecido vigente hasta los años noventa, pero en la actualidad estamos viviendo una transformación que tiene un profundo impacto en la Ingeniería Industrial. Desde hace unos años estamos en un periodo de transición hacia un nuevo paradigma tecnoeconómico, surgido de innovaciones tecnológicas producidas en los setenta y ochenta. Esta vez el factor clave es el *chip* microelectrónico producido en gran escala (como el petróleo se produjo en gran escala), que se incorpora a una gran cantidad de otros productos (como se hizo en el caso del petróleo a través de la petroquímica y la generación de energía), y cuyo costo ha ido disminuyendo rápidamente. Recuerdo cuando en 1965 compré por 99 dólares mi primera calculadora electrónica, una Texas Instrument TI56, que sólo servía para sumar, restar, multiplicar y dividir, y tenía el tamaño de un libro pequeño; ahora esas calculadoras se regalan.

Les daré un ejemplo adicional. Yo empecé a trabajar con computadoras en 1961, cuando llegó a la Universidad Nacional de Ingeniería la primera computadora IBM 1620. Esa computadora tenía 64 K bytes de

memoria, necesitaba una habitación especial para ella sola y un par de «sumos sacerdotes» que controlaban el acceso a ella. Tuvimos que aprender a programar en lenguaje de máquina, con filas de ceros y unos, antes de pasar al Lenguaje FORTRAN.

Pocos años más tarde, cuando hice la maestría en Ingeniería Industrial en la Pennsylvania State University, se me ocurrió la locura de componer coreografías con computadoras. Para ello me dieron acceso a la gran innovación de ese momento: una IBM 360/145, que tenía un MB de memoria total; una cosa realmente increíble. La capacidad de procesamiento con que trabajábamos hace veinte años es la misma que ahora se tiene en una calculadora de mano. El cambio ha sido tan radical que en sólo una generación, este factor clave que es el *microchip* ha transformado totalmente el sentido común de las actividades de producción. Además ha permitido, a través de su impacto en telecomunicaciones, cambiar radicalmente la forma en que nos comunicamos y la manera en que se gerencian las actividades productivas.

Así pues, es claro que estamos ahora en el umbral de un nuevo paradigma tecnoeconómico, que cambia fundamentalmente la manera de organizarnos, la manera de producir desarrollada gradualmente en los últimos cincuenta o sesenta años. Veamos cuáles son sus principales características.

Primero, es un paradigma tecnoc-económico que deja atrás lo que se llamó el «Fordismo», es decir, la fabricación masiva de productos homogéneos aprovechando economías de escala. Se trata ahora de un paradigma basado en la tecnología de la información y las comunicaciones, en la cuales las computadoras, los productos electrónicos, el *software*, las telecomunicaciones, las fibras ópticas, la robótica, los nuevos materiales, los bancos de datos, los sistemas de información de servicios, las redes de comunicación digital, el uso de celulares y de satélites, todo esto en conjunto configura un nuevo esquema que cambia el sentido común de producción y lleva a un nuevo paradigma.

En el campo de las organizaciones, en vez de tener empresas y corporaciones integradas verticalmente, se pasa a redes de empresas pequeñas o medianas, vinculadas mediante sistemas de computadoras, operando en relaciones de cooperación-conflicto, trabajando en forma muy estrecha. No existe esa distancia que había antes entre contratista y subcontratista; por el contrario, se trabaja de manera integrada, los servicios que proporciona uno u otro proveedor están estrechamente vinculados al concepto de *just-in-time* («justo a tiempo»), se generaliza el concepto de calidad total y la empresa que entrega insumos a otra se hace responsable por los niveles de productividad y calidad de ella.

En este nuevo contexto ya no es

necesario tomar una tarea y dividirla en pedacitos, definir con exactitud cada componente de una tarea. Disminuye así la importancia de los estudios de métodos, tiempos y movimientos. Como las tareas cambian y hay que aprender continuamente, lo importante es formar ahora recursos humanos, invertir en entrenar a los trabajadores, de tal manera que éstos puedan adaptarse rápidamente a situaciones cambiantes. No se puede pretender que el trabajador siga haciendo lo mismo de manera óptima a lo largo de toda su vida productiva, o siquiera de un segmento importante de ella; debe ir reaprendiendo y cambiando siempre. Por lo tanto, no tiene sentido esforzarse por definir una manera «óptima» de hacer las cosas, tal como se decía en el «*Manual de Ingeniería Industrial*», para determinar la mejor manera de organizar el proceso productivo.

Pero no es sólo la concepción de la organización industrial lo que ha cambiado en el nuevo paradigma dominado por la información y las comunicaciones. También ha cambiado la concepción de lo que es el Estado. Ya no se piensa en un Estado monolítico, en ministerios verticales y en una administración central rígida; por el contrario, se piensa en descentralizar, en incorporar a las organizaciones no gubernamentales, a los gremios empresariales, a los sindicatos, a tomar parte activa en la prestación de servicios a todo nivel.



Por ejemplo, ha cambiado la concepción de lo que es la seguridad social al modificarse la premisa sobre la cual estaba basada en el paradigma tecnoeconómico anterior. La premisa anterior era que habían puestos de trabajo «estables», a los cuales entraba un trabajador y se quedaba por treinta años, contribuía al Sistema de Seguridad Social y, muchos años más tarde, podía disfrutar de los beneficios de sus contribuciones -dicho sea de paso, este concepto de seguridad social está en crisis no sólo en Estados Unidos, sino también en Europa y en Japón.

Debe tenerse en cuenta que cuando cambia el paradigma tecnoeconómico, se reduce el contenido de trabajo en la actividad productiva, y aumenta el contenido de información. No es posible seguir creando, de manera indefinida, el número de puestos de trabajo para la generación que debe sostener a la generación que ya trabajó. Por lo tanto, la carga de jubilados en Europa y Estados Unidos está aumentando sin que a la vez aumente la base de personas activas necesarias para mantener ese tipo de sistema. Esto está llevando a una crisis en los sistemas de seguridad social, en los sistemas de salud, en las formas de organizar la sociedad y, entrando muy brevemente a un tema en el que estoy trabajando ahora, se produce lo que hemos llamado una «crisis de gobernabilidad», es decir, las instituciones que hemos creado para resolver los problemas sociales -la gran empresa, el Estado Benefac-

tor, la Seguridad Social- se vuelven incapaces de enfrentar los problemas que surgen con el cambio de paradigma tecnoeconómico.

Todo este proceso descrito a grandes trazos genera un conjunto de desafíos que recién estamos empezando a entender. Cuando les hablo de los trabajos de Christopher Freeman y sus colegas, estoy hablando de trabajos que están aún en la fase de investigación. Los problemas asociados a la transición hacia un nuevo paradigma tecnoeconómico no están del todo claros, y generan incertidumbre que es necesario enfrentar.

Quisiera plantearles, ahora, algunas ideas sobre cómo cambia, por ejemplo, el sentido común gerencial, es decir, cómo cambia el concepto que se tenía hace algunos años acerca de lo que es importante. Por ejemplo, cualquier ingeniero industrial sabía lo importante que era aprovechar las economías de escala; eso no tiene ahora la misma fuerza e importancia que hace unos decenios. Estas ideas que constituyen un conjunto de presupuestos compartidos, se diluyen al cambiar el paradigma tecnoeconómico. A lo largo de varias dimensiones voy a tratar de contrastar el sentido común tradicional de gerencia y el sentido del nuevo patrón de eficiencia gerencial.

Una primera dimensión en la cual se puede realizar el contraste es en la referida a los **sistemas de mando y control**. Anteriormente se tenía la

concepción de un mando centralizado, de un control vertical, de una cascada de niveles supervisores que van bajando poco a poco; en última instancia, es la Gerencia la que sabe. Así como en la época de Taylor el ingeniero industrial definía la manera óptima y el tiempo para los procesos productivos, en el paradigma que estamos superando la Gerencia es la que impone un esquema de control vertical. Es un esquema, por así llamarlo, autoritario o autocrático de gestión.

En el nuevo paradigma, en cambio, ya no se necesita el mando centralizado, sino metas y coordinación central. Se trata de ponerse de acuerdo sobre los objetivos y la manera de coordinarlos para luego dejar que cada uno trabaje con autonomía local y autocontrol horizontal. El gerente delega y ya no impone la manera de hacer las cosas, sino que plantea metas y coordina. Como la situación cambia tan rápido, sólo quien está cerca del cliente, sólo quien está cerca del mercado, sólo quien está cerca de la planta y de la producción, sabe cuál es la mejor manera de hacer las cosas. Desde arriba el gerente no tienen forma de saber cuál es la respuesta más adecuada en circunstancias cambiantes. Por lo tanto, en el nuevo paradigma el sentido común gerencial dice: *«deleguemos hasta donde se pueda, dejemos que los problemas se resuelvan en el nivel más descentralizado posible»*.

También se deja de lado la idea de

la cascada de niveles de supervisión, en la cual cada supervisor le exige a su subordinado. En el nuevo paradigma el sentido común gerencial está asociado a la idea de calidad total, según la cual cada unidad o cada trabajador se evalúa a sí mismo y plantea sus propias maneras de mejorar su desempeño. Los procesos decisivos no se basan en la idea de que el gerente lo sabe todo, sino que se deja lugar a un proceso decisorio participativo: desde el trabajador más humilde hasta el técnico especializado saben tanto como el gerente, cada uno en su propio ámbito de actividad, y por lo tanto es necesario instaurar procesos participativos de decisión. El nuevo sentido común que se está imponiendo contempla establecer metas que deben lograrse mediante coordinación, autonomía local, autocontrol horizontal, autoevaluación y automejoramiento y procesos decisivos participativos.

El nuevo paradigma tecnoeconómico, al afectar el sentido común gerencial, altera también la **estructura organizativa** de la empresa. Anteriormente, cada vez que crecía una empresa, lo hacía como una pirámide de manera estable, se iba ensanchando la base y con ella toda la pirámide en conjunto, manteniendo la misma estructura global; la expansión aumentaba la complejidad y el tamaño de la pirámide al añadirse niveles de supervisión. En la actualidad se trata más bien de operar a través de redes chatas, coordinadas horizontalmente, muy flexibles; existen unidades

que se crean y desaparecen, y la estructura empresarial se mantiene plana cuando se expande. Lo que ha permitido la tecnología de información es expandir las actividades de la empresa sin necesidad de aumentar los niveles de supervisión ni complicar la pirámide organizadora.

En el paradigma tecnoeconómico anterior, una organización se caracterizaba por tener **componentes, vinculaciones y nexos** claramente definidos en sentido vertical, con departamentos separados y especialidades por funciones. Ustedes recuerdan las cartas organizativas, los organigramas que utilizábamos definiendo claramente las funciones y luego las unidades organizadoras. Todo esto ha cambiado. En vez de nexos y relaciones definidos y separados, ahora se mantienen lazos de interacción o vinculaciones de cooperación muy flexibles, que se redefinen continuamente. Las funciones no se mantienen separadas sino que se agrupan en núcleos y se trabaja de manera integrada. Esto se observa, por ejemplo, en el diseño de nuevos productos, para lo cual cada departamento (Marketing, Ingeniería Industrial, Producción, Costos) coordina con el otro; para diseñar un buen producto se requiere que todos trabajen juntos.

El nuevo sentido común gerencial cambia también el **estilo de operación**. No entraré en detalles pero, como dije previamente, antes se postulaba una sola manera óptima de hacer las cosas. Hoy el nuevo sentido

común gerencial plantea un aprendizaje continuo, sistemas flexibles y prácticas adaptables, en vez de rutinas estandarizadas y prefijadas. Las tareas no se definen de manera puntual para cada individuo, sino para un grupo; éste debe autoorganizarse y operar de la manera que considere más adecuada.

En el esquema tradicional la mano de obra era vista como un costo variable a ser minimizado. El personal era entrenado fundamentalmente fuera de la empresa: se contrataba a un operario de alguna otra empresa o en un centro de estudios, y se le consideraba como algo intercambiable. En el nuevo paradigma, los trabajadores son vistos como **capital humano**, como parte de la inversión, del acervo y del capital de la empresa. Como los métodos y las condiciones de producción cambian rápidamente, no se puede esperar que el mercado capacite a los trabajadores. El nuevo sentido común gerencial exige crear programas de entrenamiento, y vincula a la empresa con los centros de educación técnica y profesional de manera más directa. Cobran mayor importancia los programas de entrenamiento dirigidos a una empresa específica y se establecen relaciones privilegiadas con los proveedores de servicios de entrenamiento.

Otra dimensión del nuevo sentido común gerencial es la referida a los **equipos y la escala de producción**. En el sistema tradicional se utilizaba un equipo diseñado para una activi-

dad específica; recordemos que los diseños de plantas industriales se hacían para producir de manera óptima un solo producto. En la actualidad se trata de diseñar sistemas de producción flexibles, en los cuales las máquinas deben servir para varias actividades y la producción se va adecuando a las variaciones de la demanda. Antes la idea era producir lo máximo posible, pensando que el mercado podía absorber todo lo que se producía; la idea central era producir de manera masiva al menor costo. En la actualidad se trata de satisfacer los gustos diferenciados de los consumidores, segmentados por niveles de capacidad adquisitiva, origen, preferencias estéticas y otros criterios.

Este cambio en el sentido común gerencial que hasta aquí hemos descrito afecta la forma en la cual conceptualizamos la profesión de Ingeniería Industrial. En el paradigma tecnoeconómico anterior, basado en la energía barata, se desarrollaron y prevalecieron las ideas de Taylor, Fayol, Gillian Gilberth; sus propuestas fueron correctas en el contexto en que operaron. Fundaron la Ingeniería Industrial, una profesión que ayudó a aumentar el bienestar de la humanidad durante gran parte del siglo XX. No hubiera sido posible llegar a los niveles de bienestar y consumo sin todo este conjunto de innovaciones tecnológicas y si los ingenieros industriales no hubieran hecho lo que hicieron durante la primera mitad del siglo.



Sin embargo, ahora vivimos una transición acelerada hacia otro contexto, otro paradigma tecnoeconómico, otro sentido común gerencial. Por lo tanto, nuestra tarea central debe ahora consistir en asumir este conjunto de cambios, entender el nuevo paradigma tecnoeconómico que prevalece y, a partir de eso, diseñar las formas de replantear nuestra profesión.

Tengo algunas sugerencias sobre la forma en que, me parece, deberíamos empezar a transformar nuestra profesión para los próximos años, sobre todo en un país como el Perú. En primer lugar, debemos entender muy bien la base tecnológica y productiva de este nuevo paradigma tecnoeconómico. Para esto los ingenieros industriales del futuro deberán ensuciarse las manos, tal como nos decían nuestros antiguos profesores: es necesario ir a las plantas industriales, conocer los procesos de producción en la práctica. La gran ventaja que tenemos los ingenieros industriales sobre los economistas y los sociólogos es que conocemos una planta industrial por dentro. Cada vez que converso con economistas que no han supervisado una planta o no han trabajado en una fábrica, veo que hay una diferencia enorme entre la percepción que ellos tienen de lo que es el sistema productivo y la que tenemos los ingenieros industriales. Por lo tanto, aunque parezca interesante convertir al ingeniero industrial en un experto en sistemas, en administrador o en gerente, es esencial mante-

ner ese componente en nuestra formación: la familiaridad con las plantas industriales nos da una ventaja comparativa sobre otras profesiones.

En segundo lugar, el paradigma tecnoeconómico de la actualidad está caracterizado por el uso intensivo de la información, abarcando la informática, el análisis de sistemas y las nuevas tecnologías de la comunicación. Por lo tanto, es absolutamente indispensable que los ingenieros industriales del futuro entiendan cómo operan los sistemas informatizados y sepan utilizarlos. Es necesario comprender bien lo que se puede hacer con combinaciones de *software* y *hardware*, y cómo esto cambia la naturaleza de la actividad gerencial. En resumen, es necesario saber cómo esos avances tecnológicos modifican el sentido común gerencial.

En tercer lugar, a medida que pasa el tiempo, y recordando las lecciones del experimento Haw Thorne que mencioné al principio, se hace claro que es necesario tener conciencia del enorme peso que van a tener el factor humano, las formas de organización y las relaciones interpersonales en lo que será nuestra profesión en el futuro. Por lo tanto, además de la base técnica fundamental, además de la base de informática y tecnología de la información, es necesario tener una base de conocimientos acerca del comportamiento humano, el comportamiento organizativo y la psicología de las relaciones interpersonales.



Esos tres aspectos son comunes a la Ingeniería Industrial en cualquier parte del mundo. Pero en el caso del Perú, creo que hay dos exigencias adicionales, que se derivan de la situación crítica que está viviendo nuestro país.

La primera de estas exigencias adicionales es que los ingenieros industriales del futuro deberán saber mucho de economía. ¿Por qué? Porque en un país como el nuestro, la macroeconomía, lo que se decide en el Ministerio de Economía y en el Banco Central sobre tasa de cambio, tasa de interés y otras variables, está muy vinculado a la microeconomía y al desempeño empresarial. Por lo tanto, un ingeniero industrial debe estar en capacidad de entender cómo las decisiones de política macroeconómica y sectorial afectan su actividad productiva. En otros países esto no es tan importante, en tanto existe un entorno macroeconómico estable y una actividad productiva tan grande y amplia, que resulta más importante saber lo que piensan los competidores que entender la lógica del gobierno. En el Perú, en cambio, no basta saber qué piensan los competidores, sino sobre todo lo que piensan los funcionarios del gobierno, y tener la capacidad de explorar las consecuencias de sus políticas en detalle.

La segunda exigencia adicional se deriva de la crítica situación económica que vivimos desde hace decenios. Hemos sido incapaces de generar puestos de trabajo para absorber

a quienes se incorporan a la población económicamente activa. Cada año hay alrededor de 250 mil jóvenes que entran a la fuerza de trabajo, pero la capacidad de generación de empleo de la economía peruana se mantiene muy reducida, incluso para el caso de los egresados de las universidades. Por lo tanto, es necesario dar una formación empresarial al ingeniero industrial. No se puede esperar que hayan puestos de trabajo esperándolo, y que cuatro o cinco empresarios se peleen por contar con sus servicios; esta situación es ahora la excepción. Por lo tanto, además de tener la capacidad de analizar el impacto de las políticas económicas, el ingeniero industrial debe convertirse en el Perú en un empresario capaz de generar puestos de trabajo para él y para otros.

Esta tarea, en apariencia difícil, se facilita en el nuevo contexto que plantea el paradigma tecnoeconómico de la informática. Sin embargo, se requiere que la juventud, que todos quienes están estudiando, y que todos los profesores que van a formar a las siguientes generaciones, además de aprender el contenido técnico de nuestra profesión -informática y tecnologías de la información, comportamiento organizativo, vinculaciones entre la política macroeconómica y la actividad industrial-, tengan una clara idea de la urgencia de convertir a cada ingeniero industrial en un empresario.