



LA INGENIERIA Y LA SOCIEDAD



ING. MARCO FERNÁNDEZ BACA

La Ingeniería demandará una preparación mas intensa y moderna a fin de que los ingenieros peruanos continúen asumiendo las tareas que conciernen al futuro de nuestra Patria.

6

En las épocas más remotas de la historia, en la lucha por la supervivencia compitiendo con otras especies, el hombre comenzó a dominar en el mundo; pero no precisamente por que pudo erguirse sobre sus extremidades inferiores y liberar sus brazos para alcanzar fácilmente sus alimentos y vencer a sus depredadores; no precisamente porque en su evolución desarrollase un dedo pulgar maravillosamente articulado para aprehender y manipular ramas de árboles y guijarros; otras especies animales también alcanzaron esos privilegios y superaron al hombre en la fuerza, la rapidez y la violencia con que pueden usarlos. Tampoco justifican la superioridad de los humanos el mecanismo de su audición, de su

visión, en general de su sensibilidad a los estímulos externos; sensores más poderosos tienen un cóndor para ver a centenares de metros, o un murciélago en la oscuridad o el olfato de un perro.

Sin embargo, en el complejo ambiente que lo rodea, el hombre se ha impuesto por tener capacidad de transformar los materiales que le brinda la naturaleza y utilizar las numerosas fuerzas que le ofrecen sus fuentes de energía: domina el fuego, cruza los océanos, se moviliza a través del espacio, aún más allá de la atmósfera y de la gravedad terrestre. No necesita levantar la voz para comunicarse, con nitidez con sus semejantes, que se encuentran a centenares de metros o de kilómetros, o

en otros países o continentes al otro lado del globo terrestre.

Verdaderamente no existe en el mundo relato más fascinante que la historia del triunfo del ingenio humano para lograr los progresos que ha alcanzado la sociedad contemporánea.

Es la victoria de la inteligencia, del ingenio, de la ingeniería sobre una naturaleza salvaje, inhóspita, en la cual la mente humana ha dominado el mundo físico.

La mente creadora del hombre ha levantado el edificio del conocimiento y de la ciencia y ha realizado tantos descubrimientos e invenciones y creaciones que han hecho al mundo que nos rodea lo que es ahora.

Arquímedes no podría creer que los complicados mecanismos que existen en un telar moderno, o en la transmisión de una turbina o en una grúa que levanta 100 toneladas obedecen a los mismos principios de Mecánica que descubrió con todo su empeño.

Volta, Faraday, Ampere, se asombrarían al ver los prodigios logrados con la electricidad; apenas podrían entender que sus experimentos (ranas que colgaban de ventanas de bronce, pilas rudimentarias con simples barras de zinc y cobre sumergidas en un ácido,

pedazos de alambres y débiles electroimanes) pudieron ser los predecesores de poderosos motores eléctricos que hacen vibrar fábricas, y de generadores que iluminan ciudades.

Cómo se sorprenderían Homero y Virgilio al ver las ediciones modernas de sus obras, y cómo se imprimen centenares de miles de ejemplares de un periódico en pocas horas, de la noche a la mañana.

Napoleón quedaría desconcertado ante la complejidad de los modernos ejércitos y de los sistemas de comunicaciones electrónicas que disponen para procesar decisiones en fracciones de segundo.

Sin embargo, lo que ha hecho la Ingeniería en beneficio de la sociedad, a través de descubrimientos y esfuerzos ha debido superar prejuicios trágicos y terribles.

Giordano Bruno fue quemado vivo en las calles de Roma por difundir los descubrimientos de Copérnico y aún siglos después Galileo fue reducido a prisión por aseverar que la Tierra se mueve.

Priestley, descubridor del oxígeno fue exilado de su patria, Lavoiser terminó en la guillotina, y el descubridor de la circulación de la sangre (el primer bio ingeniero) Serveto,

antes de Harney fue quemado vivo por los calvinistas.

Posteriormente Fulton, Sephenson y otros padres de la moderna ingeniería mecánica fueron dismuidos, considerados como farsantes o peligrosos para la sociedad.

Al primero que se le ocurrió iluminar la ciudad, el famoso Walter Scott se le calificó de "un loco que quiere iluminar Londres con humo".

En sorprendente contraste, la sociedad hoy día recibe el impacto violento de los avances de la ingeniería y de la ciencia, en ese orden; durante los últimos diez años han habido más descubrimientos que en lo que ha transcurrido del siglo veinte, y desde la segunda guerra mundial la humanidad -sólo como referencia- consume más energía que en toda la historia previa.

La forma como trabajan los creadores del progreso, los ingenieros en particular, despiertan hoy en día el respeto, la atención y el interés de todas las sociedades del mundo.

Hoy día, la Ingeniería, que es expresión de las más refinadas habilidades de creatividad, de acción ejecutiva y realizadora, de perseverancia, de coraje y de atrevimiento calculado, implican bases mucho más exigentes que en épocas anteriores.

Un ingeniero en la sociedad moderna no solamente es el hombre que sabe proyectar y construir.

Las bases científicas de la Ingeniería moderna son más profundas y a la vez mas generales; requiere ahora de matemáticas que se extienden hacia el Algebra Lineal, al Cálculo Operacional, a los tensores, a la Lógica Matemática, y un mundo de otros horizontes.

En efecto, el ingeniero moderno se ha independizado de la esclavitud de los cálculos aritméticos a los que debía dar su atención y se energía, cuando tenía que manipular las aún inolvidables reglas de cálculo, hace muy pocos años, para hacer sus análisis de estructuras, sus diseños de redes eléctricas, el balance de sus circuitos electrónicos: con dos o tres cifras de precisión, y con altas posibilidades de error, al tener que concentrarse en diminutas escalas debajo del hilo del cursor de ese ya olvidado instrumento.

Entonces era ventajoso usar métodos de relajamiento y de análisis numérico hoy día en desuso; y no se diga de nomogramas fascinantes para obviar engorrosos calculos, o voluminosas tablas para determinar intereses, amortizaciones, o las tablas de logaritmos cuyo conocimiento es ineludible para aprobar la secundaria, o para calcular la posición de las

estrellas, por decir lo menos.

Seguramente muchos ingenieros aún recuerdan a Hardy Cross, que en 1939 puso en boga su método de aproximaciones sucesivas para calcular pórticos para edificios y puentes, o redes de agua o eléctricas, y que Kani y otros simplificaron con innovaciones ingeniosas. Pero con 3 o 4 ciclos, con 2 ó 3 cifras de aproximación, eran logros meritorios pero poco precisos y a menudo, al hacer diferencias (restas) conducían a errores absurdos. Lo que se pretendía, en verdad era, solucionar ecuaciones simultáneas de primer grado con muchas incógnitas; en pocas palabras, invertir matrices grandes que hoy día se resuelven con calculadoras electrónicas, físicamente pequeñas, pero veloces y precisas; dejando al ingeniero mayor tiempo y energía para reflexionar y buscar nuevas alternativas.

Ya sea con pequeñas calculadoras programables (pequeñas en tamaño pero gigantes comparadas con voluminosas de tablas numéricas), o con computadores personales, vuelven a adquirir importancia expresiones que fueron joyas de matemáticas en la época de Euler, Navier, Fourier, Laplace, D'Alembert, Bessel. Ecuaciones ortogonales y series que para ser prácticamente útiles requerían cantidades enormes de operaciones -sumas y multiplicaciones -no llegaron a mostrarse en toda su

potencia, en el campo de las aplicaciones que las demandaban.

Ahora una calculadora simple puede realizar algunos cientos de estas operaciones por segundo; en la nueva generación de computadoras rápidas ya se están logrando ejecutar centenas de millones de operaciones por segundo, enriqueciendo y ampliando el campo de aplicaciones que comenzaron en aquella época de oro en que se intuyó el poder de las transformadas y luego del cálculo tensorial.

En resumen, actualmente un Ingeniero dispone por consiguiente, de instrumentos muchos más poderosos que la regla y el compás, la escuadra, la tabla de logaritmos o la regla de cálculo que aún conservan como reliquias, como recuerdos sentimentales.

En el tablero de un ingeniero hoy día no falta una calculadora programable con módulos que resuelven sus problemas usuales, o computadores personales, con paquetes ya editados para resolver difíciles y variados programas de ingeniería. Que una docena de compañías fabricantes de EEUU y Japón se disputan en competencia de servicios y calidades para llegar y ser los primeros con sus más recientes creaciones a los gabinetes de los técnicos.

En esta circunstancias, la ingeniería

al servicio de la sociedad, demanda bases científicas modernas. Concurrentemente se dispone de abundante información tecnológica que aceleradamente se enriquece con los resultados de una era de investigaciones sin precedentes: ahora los ingenieros disponemos de inmenso material para estudiar y para aplicar, y cuyo dominio total, aún en los campos más especializados sería una ilusión que excede nuestra capacidad.

Sin embargo, revistas técnicas, compendios, conferencias y cada simposio que se realizan continuamente en las ciudades de todo el mundo, son las fuentes de la actualización de conocimientos y de técnicas para los ingenieros de todas las edades; la sociedad se beneficia continuamente con este flujo, cada día más intenso de interrelaciones, de transferencia tecnológica, muy especialmente para las naciones -como el Perú- que se encuentran en pleno desarrollo.

La Ingeniería, además de representar ciencia y tecnología, arte y habilidad para construir o fabricar, demanda capacidad empresarial.

Una obra de Ingeniería, cuanto más importante requiere más preparación para resolver problemas de evaluación de medios, de planeamiento, de finanzas, de economía y aún de visión clara del futuro.

Cuanto más grande es una obra

de Ingeniería, demanda mayor acción empresarial; tomemos a título de ejemplo, el caso de una de las más grandes obras de Ingeniería en Sud América en los años setenta: la construcción del oleoducto Nor-Peruano; más de ochocientos kilómetros a través de pantanos en la selva virgen, ríos grandes, como el Bajo Marañón cerca a Manseriche, laderas de una cordillera inestable, desniveles de miles de metros y falta de caminos rectos que fueron necesarios construir concebir y aceptar justificadamente, su localización requirió el trabajo intenso de equipos de ingenieros especialistas, durante más de un año, y la luz verde para iniciar el anteproyecto -ya de por sí costoso -ocurrió sólo cuando las reservas descubiertas justificaron la producción suficiente como para cubrir el costo de la obra.

El anteproyecto terminado en pocos meses por una compañía de prestigio mundial, confirmó las apreciaciones iniciales. Se inició el esfuerzo de financiación, en un momento coyuntural favorable; ingenieros petroleros, ingenieros economistas y economistas de carrera prepararon las bases para establecer los presupuestos y obtener la aprobación política; esta última tardó un año; las negociaciones se iniciaron, a nivel empresarial, con una Corporación Japonesa que constituyó especialmente y se consiguió, en resumen un préstamo de 550 millones de dólares,

sin comisiones bancarias u otras, al 6.5%, con cinco años de gracia, pagaderos en 15 años, en especie, pero con flexibilidad para hacerlo en moneda en caso conveniente como ha estado ocurriendo también; en cada remisión en caso de pago en especie, el petróleo se cotizaría al precio vigente en el mercado internacional en el momento de la entrega de dicho insumo. Todó ello ocurriría cuando se iniciaba la amenaza de la OPEP, cuando el precio del combustible, que dos años antes era menor de 4 dólares.

Aquel esfuerzo implicó consideraciones tecnológicas y sin ellas el oleoducto no se podría haber realizado. Mientras tanto, se habría adquirido ciento cincuenta mil toneladas de acero para la tubería, en Alemania y en el Japón; la iniciativa privada construyó una fábrica de tubos en Chimbote que solo hizo una parte muy pequeña, debido a la dificultad de importar acero especial. Se construyó un camino en pocos meses para atravesar la cordillera de Calpanqui. Se desplegaron helicópteros, gran cantidad de equipo mecánico pesado y aún dragas para abrir centenares de kilómetros de canales en la planicie amazónica.

La obra se terminó justamente cuando la Nación más lo necesitaba: 150 mil barriles de petróleo al día, que en un momento representaron, a

razón de casi 40 dólares por barril, unos 6 millones de dólares diarios, unos 2000 millones de dólares anuales en divisas.

Existen muchas otras grandes obras de ingeniería realizadas en el país, que como el oleoducto transandino, las obras hidroeléctricas del Mántaro, Machupichu, Cañón del Pato, San Lorenzo, Mancapomacocha, etc. etc, están contribuyendo al bienestar de nuestros pueblos, brindándoles cosechas, energía, alimentos, mejores condiciones de vida.

Pero todo ese inmenso esfuerzo de Ingeniería al servicio de la sociedad, solo representa un inicio en esta época de grandes transformaciones, de grandes demandas y de pesados y difíciles problemas socioeconómicos. Es el desafío para los Ingenieros de hoy y para las nuevas promociones de jóvenes que se preparan para servir a nuestra sociedad con realizaciones productivas

ALGUNAS CONSIDERACIONES RESPECTO AL PAPEL DE LA INGENIERIA EN LA SOCIEDAD PERUANA

1. ¿Cuál es la riqueza que poseemos?

En estos mismos instantes hay problemas de escasez en casi todos

los países del mundo, y el Perú no es una excepción: Especialmente escasez de alimentos, escasez de vivienda, escasez de educación.

Sin embargo, a pesar de su frígido océano, de lo desértico de su costa, de la desnudez de su cordillera y de los extensos pantanos de su selva (que es la primera visión de un pesimista), el Perú posee en cada una de esas regiones extensas riquezas marinas, petróleo, carbón, minerales, maderas, tierras susceptibles de irrigarse, fertilizarse y cultivarse. Tareas de la Ingeniería son, precisamente, contribuir a evaluar la presencia de esos recursos, que representan bienes económicos importantes para el futuro inmediato. Solo como un ejemplo vamos a citar una preocupación: deberíamos mantener el ritmo de exploración por petróleo de los primeros años del setenta; las reservas que entonces se descubrieron (unos 850 millones de barriles) aún están abasteciendo al país y aún se estuvo exportando; pero ya nos encontramos en la etapa de agotamiento (de los declives) y mientras el crecimiento del consumo nacional (a pesar de los precios) es un signo de su desarrollo. Al no haberse continuado con la búsqueda intensiva durante los últimos 15 años, ya estamos condenados a importar nuevamente petróleo, como en los primeros años de la década del sesenta. ¿Cuál sería el impacto social

si volviésemos a ser importadores netos? Recordemos, que la INGENIERIA tiene que estar constantemente buscando recursos: exploración, prospección de minerales, riqueza hídrica, etc.

2. ¿Son suficientes para el bienestar del país los recursos que posee?

Los recursos naturales -no humanos- que posee una nación no son precisamente la medida ni la garantía de su futuro desarrollo; más bien, y sin ser la regla general, la abundancia de sus recursos ha sido paradójicamente la raíz de problemas financieros y socioeconómicos: ejemplo concreto es el caso de uno de los países más ricos en petróleo del Mundo: México, que en 1982 tuvo que afrontar penosos problemas internos y externos frente a su deuda de 80 mil millones de dólares. En cambio, Japón, sin minerales, ni petróleo, ni agricultura, es uno de los países más ricos del mundo. Es indudable que el recurso más importante de un pueblo, es su recurso humano: así es, pero a condición de que ese pueblo posea actitudes positivas como son el espíritu de trabajo, la perseverancia, la disciplina, el respeto a las leyes, la honestidad sobre todas las cosas, y un profundo sentido de responsabilidad.

Precisamente éstas son las cua-

lidades que caracterizan a los realizadores, a los hombres de acción, a los que construyen una sociedad mejor y entre ellos, seguramente están los ingenieros.

3. ¿Cómo empleará el país sus recursos?

El Perú, país tradicionalmente no aislacionista, en el futuro inmediato continuará su desarrollo dentro del concierto de las naciones, manteniendo con ellas un intercambio cultural, y estimulando la transferencia tecnológica. Está considerado políticamente como un país del tercer mundo; no obstante los progresos que ha alcanzado en su productividad, en la calidad de vida promedio de sus habitantes, es un país en vías de desarrollo; sin embargo, el Perú es como uno de los países que tiene posibilidades de mayor desenvolvimiento económico, tecnológico y social; históricamente ha ocupado una posición expectante entre los pueblos del continente, tanto en la época pre-hispánica como durante el coloniaje, y los logros de su ingeniería a través de su historia republicana contribuyen a alentar el espíritu de los peruanos para hacer un Perú mejor. Dentro de sus fronteras no existen prejuicios raciales ni diferencias religiosas que enfrenten a sus habitantes. Y, su territorio, con grandes contrastes geográficos, posee variedad

de riquezas naturales.

Por tales circunstancias, no es difícil prever que en el futuro inmediato el papel de la Ingeniería contribuirá favorablemente a solucionar álgidos problemas actuales.

Hay que considerar la situación interna a la luz de lo que está ocurriendo en otras sociedades del mundo del que formamos parte; las esperanzas de mejorar la calidad de vida son semejantes a las de otros pueblos; y el concepto de lo que es bienestar y la expectativa de un mundo más acogedor no son muy diferentes aquí en otros en otros países.

Por ejemplo, conforme acabamos de escuchar, una de estas expectativas es de disponer de energía eléctrica suficiente y al alcance del presupuesto hogareño de todos los peruanos. No pensemos solamente en las ciudades importantes; recordemos que falta fluido eléctrico a las dos terceras partes de la población del Perú. Con los programas existentes, y con un esfuerzo perseverante de la Ingeniería, con Charcani V, Restitución, Lluta I, alto Chicama, y con otras más en los pongos y cañones de Manseriche, del Huallaga, del Apurímac, y diversos lugares que aparecen en el programa de desarrollo eléctrico, con minicentrales y microcentrales, es de esperar que todos los peruanos podrán disponer de electricidad al comenzar el próximo siglo. Es sólo un ejemplo.

Igualmente se pueden mencionar las expectativas, los programas y los proyectos de Ingeniería para disminuir el déficit habitacional, el saneamiento de las ciudades, las vías de transportes en tierra, en el mar y los ríos y las vías aéreas.

La Ingeniería Peruana tiene aún mayores oportunidades y desafíos en otros campos: así cuando madure el entendimiento internacional, por ejemplo cuando Perú y Bolivia se decidan a hacer realidad el aprovechamiento de las aguas del lago más extraordinario por su potencial hidroenergético, el Titicaca, para generar energía para el país hermano y el Sur del Perú; para irrigar cientos de hectáreas ahora estériles retornando justas regalías a ambas naciones. Todo ello sin alterar la ecología del altiplano, cuyo balance de aguas no será afectado.

4. Una visión del futuro, que sin ser fantasía, puede ser realidad.

Con los aportes modernos de la Ingeniería y de la Ciencia, que ya no son extraños y que se están comenzando a emplear en el país, nuestro pueblo podrá disponer, no muy lejos de ahora, de mas tiempo para su educación, para atención de su salud, de su bienestar y para la recreación de su familia. No se perderá tiempo

en movilizarse y hacer colas deprimentes para cumplir con actividades rutinarias que se puedan encargar por teléfono (video, télex, retrotelevisión, etc.), o con las computadoras de la oficina o del hogar (no se hablará de analfabetismo, sino del empleo masivo de computadoras, cuyo manejo se aprenderá -ya se esta haciendo- en la escuela primaria; ignorarlo llegará a ser tan malo como ser analfabeto). Las compras, los pagos, toda clase de operaciones bancarias, y quehaceres de rutina estarán a cargo de estos instrumentos que ha desarrollado la ingeniería electrónica. Los servicios de transportes serán más eficientes, con transportes masivos, cómodos y rápidos, los automóviles o vehículos equivalentes serán ligeros, económicos y a propulsión eléctrica.

Por supuesto, siempre habrán problemas, como en todas las épocas, pero superarlos constituirá especialmente un desafío a los Ingenieros, a su iniciativa y a la voluntad de vivir mejor.

La escasez del agua dulce para la población y las industrias ubicadas en los desiertos de la costa se subsanará con la destilación del agua del mar, utilizando plantas nucleares. El Perú, productor potencial de Uranio, mantendrá un intercambio favorable de su uranio natural con uranio enriquecido para sus plantas generadores de esa energía limpia

que tanto necesita nuestro país.

Se explotarán intensamente fuentes no tradicionales para producir más energía (células solares, energía eólica, energía geotérmica, etc.)

Las instituciones públicas y privadas, las universidades y otros centros de investigación se empeñarán en aumentar la eficiencia de las instalaciones, y en encontrar maneras de disminuir el desperdicio.

No olvidemos quienes dedicamos nuestra vida a la Ingeniería, que siempre persistirán los debates, constructivos y útiles entre quienes por una parte promueven el empleo intensivo de los recursos, y por otra quienes defienden el paisaje, la conservación de los bienes tradicionales y la ecología. Y, por supuesto no faltarán, como ahora, idealistas y soñadores que continuarán proclamando el "retorno a la naturaleza" y su aversión a las innovaciones de la tecnología, y a las realizaciones atrevidas de la Ingeniería.

Cualquier descripción, optimista o conservadora, de los logros de la Ingeniería para la sociedad, ya sea que hablemos de las personas, de las familias o de la nación, tiene que referirse necesariamente al modo de vivir de la gente y a sus justas aspiraciones, repito una vez más, de alcanzar mejores niveles de bienestar y de progreso.

No será posible alcanzar esas metas si no se cuenta con el factor ineludible y más importante del desarrollo, que es la educación, o sea, el preparar a los seres humanos, desde su edad más temprana, para que con salud plena, con principios elevados de conducta, con conocimientos y habilidades suficientes, puedan asumir, con seguridad y con satisfacción, los roles que hayan elegido dentro de la sociedad.

Y entre esos roles, el de la Ingeniería demandará una preparación más intensa y moderna, en los mejores centros tecnológicos y científicos del país y del extranjero, en los niveles más avanzados, a fin de que sean principalmente ingenieros peruanos los que continúen asumiendo las tareas, cada día más difíciles y delicadas que conciernen al futuro de nuestra Sociedad, de nuestra Patria, el Perú.