



## **EMPRESAS, TECNOLOGIA Y CIENCIA**

Amado Cabo

IONAR S.A.  
Arias 3422  
C1430CRB Ciudad de Buenos Aires  
ionar@ionar.com.ar

**Ciudad de Buenos Aires, Noviembre de 2005**



## TABLA DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN</b> .....	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>EMPRESAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO</b> .....	<b>6</b>
Investigación y desarrollo en grandes empresas.....	6
Empresa PYME.....	6
Empresa de Base Tecnológica .....	7
<b>EL CASO DE LA METALMECÁNICA EN ARGENTINA</b> .....	<b>9</b>
¿Qué desarrollar? .....	11
¿Quién puede hacer desarrollo tecnológico?.....	12
Las empresas y su capacidad de innovación .....	12
Sectores industriales demandantes .....	13
<b>TEMAS HORIZONTALES</b> .....	<b>14</b>
<b>APOYO PÚBLICO Y PRIVADO A LA INNOVACIÓN</b> .....	<b>14</b>
Recursos humanos.....	17
<b>REFLEXIÓN FINAL</b> .....	<b>17</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</b> .....	<b>18</b>
<b>ANEXO I</b> .....	<b>19</b>
Materiales, procesos y diseño.....	19
Tratamientos Térmicos e Ingeniería de Superficies.....	19
Soldadura .....	20
Fundición.....	20
Modelización .....	20
Ensayos no destructivos .....	21



## RESUMEN

Cualquiera que sea el lugar y momento en que nos encontremos, es muy probable que acordemos sobre la necesidad de generar más riqueza y repartirla equitativamente. En ese acuerdo, la empresa grande o micro, pública o privada, es un actor esencial en cualquier sociedad civilizada, no obstante son innumerables las variables que condicionan su éxito o fracaso, entre ellas están las de tipo económico, legal, tecnológico, científico y cultural.

En esta presentación se mencionan aspectos que van desde “la revolución industrial”, una época donde la ciencia tuvo poco o nada que ver con la producción industrial, hasta el momento actual donde ha pasado a ser un elemento valioso, en algunos casos vital, en la vida de empresas modernas. Se destacan algunos hechos que tuvieron lugar en el mundo industrial y condicionaron su pasado, y el nuestro, debido a su impacto económico, político y cultural, por lo que convendrá tenerlos en cuenta para las acciones de desarrollo futuro. Finalmente, considerando esa perspectiva histórica, se exponen conceptos que tienden a aclarar el comportamiento de empresas grandes, pequeñas y de base tecnológica, ante el desafío de realizar innovación tecnológica; esto se desarrolla en particular para el sector metalmeccánico argentino.

Varias de las afirmaciones o criterios sustentados derivan de experiencias personales del autor y por lo tanto, limitados a esas vivencias; el objetivo de exponerlas es convocar a una discusión y análisis en mayor profundidad, tendiente a consolidar opiniones sobre un tema que se considera relevante para nuestro futuro cercano como sociedad industrial.

## INTRODUCCIÓN

A mediados del siglo XVIII comienza en Europa un proceso denominado “revolución industrial” que determinó un cambio económico y cultural inmenso en el sector productor y consumidor de bienes y servicios <sup>[1]</sup>. A medida que dicho proceso fue desarrollándose, comenzó a gestarse una situación en donde una parte del mundo proveía materias primas y la otra, productos manufacturados, lo cual generó consecuencias que conocemos bien.

Hasta mediados del siglo XX, las empresas manufactureras basaban su éxito en producir cada vez más de lo mismo, en lo posible, con mano de obra y materias primas del menor precio posible. Los recursos naturales se consideraban inagotables y el medio ambiente no era tenido en cuenta, se suponía que podía tolerar todo. Dado que las máquinas eran relativamente simples, en muchos casos el hombre (la mano de obra) era la variable de ajuste para poder mejorar el rendimiento económico. La disciplina en el trabajo en esas grandes organizaciones era muy similar al orden militar donde “los cuadros piensan y el soldado ejecuta”. Durante ese período comienza la normalización técnica, algo que en el mundo industrial equivale a las leyes del código civil. Estos instrumentos junto con las patentes y marcas juegan un rol decisivo en la expansión de la producción y en la protección de mercados.



La sociedad industrial se estructuró en base a reglas de juego simples, estables y confiables; pocos están convencidos que sean las mejores pero las respetan y sino tratan de cambiarlas por los métodos que sea. Es aceptado que no es posible vivir transgrediéndolas, eso es posible (típico) de una sociedad de tipo mercantil y rentista donde es mas importante “traficar” con la riqueza que generarla. Estos rasgos nefastos nos son conocidos y están tanto mas arraigados cuanto mas rica fue la colonia de que se trate <sup>[2]</sup>. En ese ambiente muchos tratan de vivir cobrando peaje y complicando mas las cosas para “crear fuentes de trabajo” con lo que las condiciones para la generación de riqueza se vuelven mas difíciles.

El símbolo quizás más representativo de esa época es el reloj, más que la máquina de vapor u otros elementos, pues todas las acciones debían ser sincrónicas y repetibles dentro de márgenes de error acotados. En teoría, se pensaba que los fenómenos eran reversibles y (algún día) serían predecibles porque el mundo parecía simple. Por otra parte, se creía que el futuro todavía no era predecible (de manera científica) porque faltaba información y modelos adecuados que permitieran interpretarlo correctamente. Ese es el pensamiento científico de la época, donde la mecánica teórica, con Newton a la cabeza, es reverenciada como un nuevo credo <sup>[3]</sup>. Había razones objetivas que permitían suponer que el mundo era “como un reloj”. En aquellos tiempos, se incrementa la capacidad y seguridad en la navegación de ultramar y se establece un uso horario internacional referido al meridiano que pasa por Greenwich. Paralelamente con dichos descubrimientos, Inglaterra comienza a dominar los mares y lo hará después de la batalla de Trafalgar hasta fin del siglo XIX.

El determinismo histórico es la corriente filosófica que también se nutre con ese pensamiento científico. La termodinámica, el campo de la física que estudia el calor, en la cual uno de cuyos máximos exponentes es Carnot, será el “pariente pobre” del conocimiento científico, aunque permitiera explicar el funcionamiento de las máquinas térmicas que impulsaron la revolución industrial. En ese mundo científico, las cosas debían entenderse desde primeros principios y la termodinámica se ocupaba de situaciones demasiado complejas. El instrumental científico que podría simbolizar esos tiempos son el microscopio y el telescopio. Lo infinitamente pequeño o lo infinitamente lejano; el mundo macro que nos rodea es demasiado complejo y burdo como para que valga la pena ocuparse de él.

En el ámbito industrial, las grandes empresas trataban de hacer todo dentro de si mismas para producir sus manufacturas. Se integraban verticalmente y varias llegaron a tener decenas de actividades disímiles y miles de operarios, con lo cual creció la corporación sindical para defender “sus” derechos. El poder estaba asociado esencialmente al tamaño: “cuanto más grande, mejor” y por consiguiente la pequeña empresa era tal, porque no podía ser grande y nada original o trascendente podía esperarse de ella.

En esos tiempos se desarrollaron sectores básicos como: metalurgia, química, textil, naval, ferroviario y minería extractiva. Luego, ya entrado el siglo XX vendrá la gran transformación estructural y el crecimiento en todos ellos, con el uso masivo de la energía eléctrica. Recién, durante la década del 50 comienza en Estados Unidos y luego se extiende a Europa, una etapa de automatización (que hoy llamaríamos NO flexible)



particularmente en la industria automotriz. Se trata de producir más con menos gente, disponiendo de enormes líneas de producción que pudiesen ser atendidas por pocos. La inversión económica fue cuantiosa y solo podía amortizarse produciendo muchos miles de unidades iguales <sup>[4]</sup>.

En una visión global <sup>[5]</sup>, se puede decir qué, desde la revolución agrícola hace miles de años hasta la primera parte del siglo XX, se desarrolló mucha tecnología y se aplicó el método científico pero, la ciencia básica tuvo muy poco o nada que ver con las empresas, salvo quizás en la industria química. Es durante y después de la segunda guerra mundial que la ciencia irrumpe como un factor decisivo en el desarrollo de tecnología y sus resultados empiezan a usarse en el desarrollo aeronáutico, los antibióticos, la electrónica, los materiales sintéticos, el uso pacífico de la energía nuclear <sup>[6]</sup>, la exploración del espacio y de las profundidades marinas, siguiendo con la ingeniería genética, para llegar a la pequeña aldea en tiempo real en que hoy vivimos gracias a las comunicaciones y a la informática.

La evolución descrita, en forma más que sucinta, llega a nuestros días mostrando y afirmando algunas tendencias en el comportamiento de las empresas, que se puede resumir así: las grandes empresas modernas tienden a ocupar cada vez menos gente por unidad de producto y a esta, la seleccionan con la preparación mas adecuada posible, al mismo tiempo requieren insumos especiales provistos por empresas más pequeñas, autónomas, creativas y responsables. Parece haberse tomado conciencia que estamos en un mundo impredecible y complejo <sup>[7]</sup>, donde la capacidad de entender está distribuida, ¡felizmente!, en forma bastante democrática y se acepta que los pequeños también pueden hacer aportes significativos. Es reconfortante que los estudios más modernos de las ciencias físicas (termodinámica de procesos irreversibles) llevan a conclusiones semejantes frente a la alta complejidad <sup>[8]</sup>. Mas aún, es válido suponer que estamos ante un cambio de paradigma en el campo científico propiamente dicho <sup>[9]</sup>.

Otro aspecto que muestra la actualidad es la “desmaterialización” de la economía. Para competir, es necesario usar menos energía y materias primas por unidad de producto (riqueza); esa reducción es reemplazada por conocimiento aplicado en forma inteligente. Los productos tienden a ser cada vez más livianos e inteligentes, lo cual no implica que necesariamente sean mejores pero eso es una corrupción de la tendencia más que algo intrínseco del fenómeno; es el caso de los virus en informática y del uso mediocre que actualmente se hace de Internet.

Lo expuesto, busca presentar en forma global, una realidad que influye sobre nuestras creencias y deberíamos tenerla en cuenta al invertir esfuerzo para tratar de mejorar el futuro, mediante las acciones de la pequeña empresa en una sociedad democrática y moderna. Se trata nada menos que de afrontar un cambio cultural que debe asumirse fundamentalmente desde la educación. Recordemos que la universidad, en general no orientó sus esfuerzos a formar empresarios innovadores, sí lo hizo para formar especialistas que eran necesarios a las grandes organizaciones públicas o privadas.



## **EMPRESAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO**

En nuestro país “en vías de desarrollo” el vínculo entre empresa, tecnología y ciencia es sumamente difuso o inexistente, sabemos que tampoco es óptimo en los países desarrollados pero allí, su importancia cualitativa y cuantitativa es enorme. Si bien lo que sigue se centra solo en aspectos del desarrollo tecnológico, no pretende minimizar ni desconocer los problemas de política industrial (aduaneros, laborales, financieros, de gestión, ambientales, impositivos, etc.), simplemente se sostiene que si no hay desarrollo tecnológico, nuestro destino no será el más atractivo. Más aún, si esa falta de desarrollo comenzara a resolverse eficientemente, algunos de los obstáculos mencionados, probablemente pasarían a ser mucho menos relevantes de lo que son ahora.

Como ya se mencionó, las empresas “manufactureras” con miles de operarios que fueron producto y orgullo de la revolución industrial, son cada vez menos. Las empresas más grandes y modernas tienen proporcionalmente cada vez menos gente y más calificada, requiriendo del aporte de mayor cantidad de pequeñas, medianas y micro empresas de alta tecnología. En esta etapa es donde tienen mejor chance los emprendedores y donde se ve en toda su intensidad la calidad y formación de recursos humanos. En este sentido, la PYME es una institución trascendente y en consecuencia, conviene preguntarse acerca de sus características en relación a las grandes empresas, respecto a investigación y desarrollo, sobre como pueden surgir los emprendedores y cual debería ser el rol de las instituciones públicas en su apoyo.

### **Investigación y desarrollo en grandes empresas**

Las grandes empresas modernas, originadas por algún emprendedor o emprendedores, crecieron fortaleciéndose y adaptándose a lo largo del tiempo. El poder de adaptación más que cualquier otra cosa es lo que está presente en las que sobreviven y crecen. En varias de ellas, cuando los cambios fueron consecuencia de investigación y desarrollo internos, se originó un área de producción y otra de investigación y desarrollo, normalmente separadas. Tal separación fue aceptada con naturalidad en la mayoría de las actividades industriales porque se entiende que producción e investigación y desarrollo tienen tiempos, objetivos y costos distintos. Consecuentemente, son realizadas por personas con formación y actitudes distintas, tan distintas que en algunos casos, el resultado de ese esfuerzo terminó siendo un fracaso debido, principalmente, a que la comunicación entre ambos sectores (aun dentro de la misma empresa) se tornaba cada vez más difícil a medida que ambos crecían en tamaño. Lo relevante en este punto es tener en cuenta que el resultado de la investigación y desarrollo industrial es usualmente de alto riesgo y sus costos, obviamente deben ser acotados. Naturalmente, quien financia esa inversión son las ventas de la empresa o de otras empresas a través de “ayudas” que el Estado puede dar luego de cobrar los impuestos a esas otras. Si la ayuda es bien empleada por la empresa, el resultado puede ser de gran beneficio para toda la sociedad.

### **Empresa PYME**

El concepto de empresa PYME no está bien definido, hasta no hace mucho nuestros burócratas utilizaban una fórmula que requería extraer ¡una raíz cúbica!, pero en general



hay acuerdo sobre lo siguiente: Existen en todos los sectores de la economía. Estas empresas son importantes generadoras de empleo. Asimismo, tienen gran capacidad de adaptación y eso prueba que existan aún en las condiciones más adversas: si mueren son reemplazadas por otras. Por otra parte, dependen fundamentalmente del mercado interno. No pueden emigrar; en contados casos llegan a cambiar de región dentro del país. En cuanto a lo tecnológico, se acepta que tienen bajo nivel de formación profesional y son empleadoras de mano de obra intensiva más que de “cerebro” y capital intensivo. Suelen ser fundadas por personas salidas de las grandes empresas y su organización interna tiende a ser vertical en cuanto a la distribución de responsabilidades. Su crecimiento tecnológico generalmente está vinculado con la exigencia y aporte del cliente. En general, la tecnología se obtiene por copia, imitación o plagio y en muchos casos, simplemente por transferencia de “padres a hijos”. En las más modernas, otro método de obtención ha sido concurrir a ferias o exposiciones, donde se ponen en contacto con lo de “última generación” aunque siempre lleguen tarde. En efecto, el producto que superará al expuesto estará en la próxima feria, aunque probablemente ya está hecho o en proceso avanzado de fabricación. También se ha dado el caso de comprar “prototipos”. Es como “hacer la guerra comprando las armas al enemigo”.

Por las características mencionadas, este tipo de empresa normalmente tiene rechazo a asociarse con otra para realizar algún proyecto en común; el “secreto industrial” preside varias de sus decisiones.

### **Empresa de Base Tecnológica**

A diferencia de la PYME descrita anteriormente, hay pequeñas empresas de producción y desarrollo, también llamadas Empresas de Base Tecnológica (EBT) que son esencialmente distintas en cuanto a su origen, crecimiento y futuro, aunque normalmente se las considera indistinguibles del resto. En estas empresas, lo más importante es la gente y su capacidad para generar riqueza conforme a la demanda del mercado o anticipándose a él. Para ello, tratan de apropiarse tanto del conocimiento científico como de la experiencia directa.

El empresario de una EBT, a veces llamado emprendedor o innovador, se ajusta a normas vigentes (técnicas y otras), pero aprovecha todo lo que no está prohibido, además de hacer todo lo permitido, si es esto lo que conviene. El funcionamiento de estas empresas se inscribe en la filosofía de “Mejora Continua”. La mejora incremental y permanente les puede permitir alcanzar resultados valiosos, más que lo que suelen dar las ideas geniales “sueltas”. Sus bienes y / o servicios son también demandados por las grandes empresas, inclusive transnacionales que, como ya se dijo, necesitan insumos locales de tecnología actualizada, la cual a veces está disponible en la casa matriz, pero sus representantes vernáculos no están enterados. La organización interna de la EBT tiende a ser “horizontal” en cuanto a la distribución de responsabilidades y busca socializar el poder al tomar en cuenta la opinión de todos sus integrantes. Otro aspecto que distingue con claridad la PYME tradicional de la EBT es la diferente actitud frente al uso de las normas técnicas, escritas o no. La PYME tradicional, se ajusta a las normas para minimizar errores, haciendo que tanto hombres como máquinas se aparten lo menos posible de lo preestablecido, con lo que se espera que el resultado sea óptimo, mientras



que la EBT trata de normalizar y simplificar al máximo todos los procedimientos, que puedan ponerse en forma de rutina para qué, de ese modo, quede tiempo “libre” para hacer las cosas creativas con gente que difícilmente puede ser reemplazada por otra.

Los sistemas de calidad, de los cuales tanto se habla, surgen naturalmente en una EBT y para su puesta en vigencia, solo suelen ser necesarios algunos “retoques” formales para obtener certificaciones tipo ISO 9000 u otras. Por otro lado, sabemos cuan pobres suelen ser los resultados que se obtienen con esos sistemas cuando la empresa o institución en que se aplican carece de la cultura que los pueda soportar naturalmente.

Cuando el emprendedor necesita adquirir tecnología suele ir a los lugares donde se discuten los problemas, más que donde se venden las soluciones o los prototipos. Trata de participar en conferencias y congresos donde se presentan (parcialmente) proyectos, avances o logros que pueden llegar a ser de interés para el futuro. En esas oportunidades es donde se mueven con más facilidad aquellos que tienen una formación científico-técnica adecuada. Por otro lado, ese ambiente está prácticamente vedado al empresario PYME tradicional. Curiosamente, esta manera de obtener tecnología puede costar bastante menos que lo normalmente supuesto; se trata de saber leer y escribir (y hacerlo). Los congresos y conferencias tecnológicas y científicas, las visitas a centros académicos especializados, que contribuyen al desarrollo tecnológico, las patentes y la bibliografía en general, son una fuente importante de información accesible. La búsqueda de dicha información debería ser una actividad regular de empresarios e investigadores en conjunto. Asimismo, el hecho de concurrir a esos eventos o lugares, debería realizarse de forma organizada, según un plan específico preparado previamente, para luego, contrastarlo con un informe escrito al regreso.

Varios institutos, universidades o centros de investigación, abren sus puertas, si tenemos algo para intercambiar. Es falso sostener que todo lo tienen cerrado bajo “siete llaves”, solo es necesario saber hacer las preguntas o llevar propuestas atractivas, aún sobre temas que parecen simples. Son los subdesarrollados “intelectualmente” los que creen que los del mundo desarrollado se imaginan saberlo todo y no tienen interés en iniciar contacto alguno con nosotros, por lo menos no es una regla general. Eso sí, no hay que ir con “las manos vacías” solo a recibir, eso además de dar pésimos resultados, sienta peores precedentes. En general, todos los que hacen cosas interesantes, desean mostrarlas (es humano) no de forma ingenua obviamente, pero mostrarlas. El secreto total en la mayoría de los lugares (no solo entre nosotros), sirvió para ocultar proyectos extravagantes, inoperancias, pésimos resultados, etc. etc. y cada vez es mirado con más recelo por los ciudadanos que pagan impuestos.

Por lo mencionado, las Empresas de Base Tecnológica tienden a estar “localizadas” en el mundo, más que ancladas a la comarca donde nacieron, como lo está la PYME tradicional pero necesitan una consideración especial por parte del Estado que debiera promover su multiplicación y asegurar su supervivencia.

Hasta aquí, una caracterización, digamos que funcional, de la PYME tradicional y de la EBT pero ¿como son consideradas por el Estado, los bancos y organismos como AFIP, Inspección General de Justicia, etc.? en primer término los dos tipos de empresa son



indistinguibles. En segundo, cualquiera sea su forma jurídica (Sociedad Anónima, Sociedad de Responsabilidad Limitada, etc.) deben cumplir, con requisitos de tipo contable, comercial, legal, laboral y ambiental, iguales (cualitativamente) que la mayor de las corporaciones, lo cual hace muy difícil su existencia a no ser que tenga alta rentabilidad. Menos del 3 % de las PYMEs están asociadas a alguna cámara empresaria, lo que da una idea de su atomización y dificultad para plantear propuestas sectoriales de su interés. Las EBT naturalmente no se sienten representadas por las Cámaras tradicionales.

## **EL CASO DE LA METALMECÁNICA EN ARGENTINA**

A continuación, se describe y analizan algunos aspectos del desarrollo tecnológico argentino en metalmecánica y metalurgia, que caracterizan su pasado y seguramente condicionan su futuro. Es correcto que se realizaron obras y proyectos relevantes en este sector, a nivel micro y macro, no obstante lo que sigue pretende poner de relieve algunos puntos que fueron común denominador y que permiten explicar fracasos y frustraciones, aun en aquellos casos en que los actores directos hicieron todo lo posible para lograr un resultado distinto. Quizás la historia se puede resumir en qué, desde el punto de vista industrial hubo exceso de juventud y recursos, por lo que un análisis distante de ambas cosas puede, espero, contribuir a despejar algo el futuro.

Mirando a ese futuro, independientemente del gobierno de turno, el país autónomo deberá ser competitivo en este sector vital de la economía. Deberá serlo con los chinos o con los europeos (del primer mundo), quizás sea posible elegir. Lo que no podemos elegir es un nivel (estándar) de vida que sea incompatible con el nivel de desarrollo alcanzado. Este último determinará nuestro estándar de vida. La falta de coherencia entre estándar de vida y capacidad tecnológica que lo respalde llevará a pésimos resultados; esta incoherencia parecía posible en el país cerrado, que tuvimos hasta hace algunos años o durante la década del 90.

Los errores que se mencionan a continuación no son para ponerse a llorar, no haber cometido ninguno por falta de voluntad de hacer habría sido el mayor de ellos, no obstante de esas fallas debemos tomar la parte positiva y hacerla crecer para no empezar siempre desde cero.

Ya en tiempos de la Confederación nos preocupábamos por racionalizar el Sistema de Pesas y Medidas, algo básico para un país civilizado, y a fin del siglo XIX, Argentina fue uno de los países signatarios en la primera Convención del Metro celebrada en París, cuando se estableció el Sistema Métrico Internacional, sin embargo todavía en nuestras escuelas técnicas se suele hablar “en pulgadas”. Tenemos el Instituto de normalización (IRAM) mas antiguo de Iberoamérica (1935) pero la generación de normas propias y el respeto de las miles que fueron traducidas es escaso.

La industrialización liviana [10], centrada en la industria automotriz a partir de los años 50, empezó ensamblando automóviles y décadas después, se montaron altos hornos para producir aceros al carbono. Este proceso que ignoró la historia hizo creer a muchos que se pueden “quemar etapas” y por atajos, violar los desarrollos naturales. Es obvio que no



podemos recorrer el pasado como si este mundo fuera reversible, pero debemos tener presente que el proceso seguido tampoco es correcto, parece necesario avanzar lo más rápido que se pueda a través de todas las etapas. Esto es esencial, por lo menos, en el proceso de la educación técnica; es difícil o imposible que alguien pueda “sacar” de la computadora un buen diseño si antes no fue capaz de hacer un buen croquis con lápiz y papel. Los jóvenes deben aprender haciendo, solamente un ingeniero o ignorante puede creer que el conocimiento válido se podrá “bajar de Internet”.

Cuando éramos un país autárquico nos “preparábamos” para fabricar reactores nucleares de potencia, aunque no podíamos competir en la exportación de maquinaria agrícola. Íbamos a producir aviones de combate a reacción pero importábamos motores, instrumental de vuelo y todos los materiales básicos, lamentablemente todavía no podemos fabricar eficientemente (con tecnología propia) un biplaza que se necesita imperiosamente. Ni hablar de lo que se pudo hacer en el área ferroviaria, naval o de la máquina herramienta y no se hizo. Para extraer mineral de hierro, hicimos más de 90 Km. de túneles por donde pueden circular camiones de 60 toneladas, luego no pudimos poner en operación el emprendimiento. Durante los años ‘90 vivimos “de prestado”, despreciando la generación de riqueza que podía proveer la industria, en particular las PYMEs tradicionales. Sin embargo, los macro emprendimientos dejaron recursos humanos formados e introdujeron tecnología, aunque su costo haya sido demasiado elevado al no alcanzarse los objetivos o tener que cambiar a otros no previstos desde el origen. Es el caso del proyecto aeronáutico en Córdoba, su contribución a lo específico fue muy baja pero con esos recursos humanos se formó la base de la industria automotriz y del tractor privadas.

Lo anterior permite concluir que tenemos y hemos tenido industria metalmeccánica pero no sufrimos ni vivimos la revolución industrial y por lo tanto no adquirimos sus pautas culturales.

Actualmente, es el consumidor quien tiene la última palabra en la dirección de la realidad económica, es quien determina el futuro con su elección. La internacionalización de la producción de bienes y servicios lo ponen en contacto con inmensas posibilidades de elegir y este es un fenómeno irreversible. El Estado solo puede (y debe) atenuar los efectos colaterales de esta interconexión, pretender ser competitivo eternamente en base a barreras arancelarias o moneda subvaluada, es algo trasnochado. Los mercados exigen productos de máxima calidad hechos a medida y a costo competitivo. La manera de lograrlo es crecer en capacidad de innovación, haciendo uso racional de los recursos disponibles. Es necesario analizar qué posibilidades hay de realizar innovación tecnológica con eficiencia en el país actual abierto, con una sociedad que conoce de los fracasos mencionados y desconfía de los “mega proyectos”.

Es obvio que existe mercado para productos de alto valor agregado y que será imposible a mediano plazo, mantener una producción masiva basada en mano de obra barata (solo sería posible si vivimos como la mayoría de los chinos, en China). Por otro lado, hay que aceptar que no le podemos sacar el trabajo a las máquinas, ellas hacen mejor y a menor precio todo lo que es repetitivo y en gran escala, mejor aún si es de alta precisión. En consecuencia, cabe preguntarse: ¿Qué desarrollar? Y ¿Quién puede hacerlo?



## ¿Qué desarrollar?

Aquí, en lugar de esforzarnos por inventar cosas “de punta”, deberíamos explorar todo lo posible, las necesidades de nuestro mercado potencial interno y cercano ¿Sabemos qué le conviene hacer a nuestros países vecinos y por exclusión, qué nos conviene a nosotros?, porque las cosas se van a hacer de alguna manera, por lo tanto vale la pena hacer el ejercicio seriamente. Como ya se dijo, habrá que apuntar a productos del mayor valor agregado posible, con originalidad, calidad y precio adecuado, donde los materiales (mercancías) sean la parte menor, el conocimiento y la creatividad la mayor en la matriz insumo-producto. Esto es válido tanto para una artesanía como para un bien de capital de alta complejidad.

Es imprescindible desarrollar aquello que sea necesario en el mercado interno y que sea difícil importar o no convenga hacerlo por razones diversas. Cuesta creer que todavía haya quienes sostienen de buena fe, que la capacidad de desarrollo e innovación tecnológica se logra importando los bienes de capital más modernos, junto con el “saber cómo” y ponerse a producir (bajo licencia) con mano de obra barata. Esta importación, de hecho tiene lugar en algunos casos de producción masiva, donde la mano de obra no es barata, sino que la cantidad ocupada es mínima. Son los enclaves industriales que pueden estar en cualquier lado y producen para el mundo. Lo fundamental de esas inversiones (de todas) es su rendimiento y para mejorarlo el inversor no va a distraer ni un minuto en ensayos o cambios no programados, es decir, no hay lugar para el desarrollo tecnológico por esa vía. En muchos casos, esa vía ni siquiera necesita servicios técnicos de mantenimiento de alto nivel tecnológico (se obtienen a través de Internet); suele ser más prioritaria una buena vigilancia periférica para asegurar las instalaciones físicas.

La verdadera transferencia de tecnología es la transferencia de la gente que la lleva en “la sangre”. En ese sentido, el trabajo conjunto entre gente del ámbito científico y del empresario beneficiará a todos. Una función esencial del área científico – técnica pública es generar los recursos humanos y facilitar su migración al campo empresario. Esta es la forma más genuina de achicar la brecha entre ambos mundos. En el pasado se sostenía que debía hacerse investigación básica y luego naturalmente, esos conocimientos serían tomados por otros investigadores que trabajaban en investigación aplicada, para finalmente ser transferidos a la producción por empresarios que los estarían necesitando. Este modelo “lineal” fracasó en todo el mundo con grandes costos para la comunidad que lo financió.

El desarrollo tecnológico es vital para ser eficientes en la producción de “series cortas” de alto valor agregado. Esta es la situación que requiere mas mano de obra con imaginación (mente de obra), capacidad de trabajo, flexibilidad y sobre todo, conducta (inflexible en los principios). En este escrito consideramos el desarrollo desde este punto de vista, es decir, el que puede realizarse de manera endógena y autónoma: el único posible.

Las razones por las que no es conveniente la tan mentada importación de tecnología (llave en mano) pueden ser varias, entre ellas: cara o poco apropiada técnicamente. Conocemos casos en los que se importó lo de “última generación” y fracasó desde el



principio. La tecnología más apropiada tampoco, necesariamente existe en otro lado, allí pueden estar demasiado adelante y desconectados de nuestra realidad. Cuando llegue la hora del mantenimiento puede ser que el repuesto ya no exista; que los técnicos que se encargaban del tema están en otra cosa, etc.

### **¿Quién puede hacer desarrollo tecnológico?**

Muchos políticos, funcionarios y a veces científicos, opinan que sólo se trata de crear las condiciones generales (macro) apropiadas y luego las empresas, naturalmente, se interesan por el desarrollo tecnológico. Esto no es así, ni lo ha sido en otras partes del mundo. En todas las épocas hubo empresas grandes y chicas que hicieron trabajos de desarrollo tecnológico sin recibir ningún estímulo ni premios de ninguna clase y, por supuesto, no fueron noticia. Otras, la mayoría, tuvieron y tienen vocación, únicamente por la producción y es difícil (o imposible) inducirlas a la innovación: prefieren hacer más esfuerzo en producir más de lo mismo. Son, como dos especies distintas, esenciales y complementarias; confundirlas implica perjudicar a ambas. En general, la gran diferencia puede resumirse en que unas hacen solo lo que está permitido (conforme a normas) o como se pide en la Orden de Compra, si existe, y las otras hacen además, lo que no está prohibido y es correcto. Una forma de identificar de qué tipo de empresa estamos hablando, es a partir de la manera en que sus dueños valoran su patrimonio. Un empresario dirá que lo más importante son: sus máquinas, inmuebles, marcas, licencias, fondo de comercio, etc., el otro dirá que su patrimonio es: su conocimiento e información sobre el tema, sus vínculos con centros de investigación, su documentación técnica y fundamentalmente, su gente; en última instancia pondrá también sus máquinas y equipos, etc. Este último empresario puede hacer producción y usualmente asume el riesgo de la innovación, el primero enfrenta otros riesgos y puede hacer únicamente producción.

### **Las empresas y su capacidad de innovación**

Se acepta internacionalmente que las “micro o pequeñas empresas” son más proclives a ser innovadoras y esto es real. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el número de personas que pueden trabajar en una misma empresa en forma eficiente, está asociado a muchas variables culturales que deben ser tenidas en cuenta, lo contrario es asegurar el fracaso. En las sociedades donde el tráfico es ordenado y el ciudadano advierte a su vecino que debe corregir su comportamiento, cuando este se aparta de la convención aceptada por la mayoría, las pequeñas empresas pueden tener decenas de integrantes. Nuestro caso dista mucho del mencionado, y por lo tanto debemos reconocer esas diferencias, transformarlas en ventajas y actuar en consecuencia. Lo contrario es simplemente violentar nuestra naturaleza, cosa que hacemos sistemáticamente con los resultados conocidos.

Si consideramos a la sociedad como un ente natural y complejo, por lo tanto sometido a sus leyes (termodinámica), debemos aceptar que su estado de equilibrio dinámico exige una concentración de defectos determinada. La perfección no es de este mundo. Esa concentración depende de muchos factores y fija los límites de la eficiencia. En muchas empresas el orden y la limpieza, se practican solo cuando van a venir visitas, si es que se practica. En la intimidad se cree que es un lujo que solo se pueden dar los “grandes” que



destinan recursos específicos para eso. Esto muestra nuevamente, una grave ignorancia. Si no fuese un buen negocio, los grandes habrían abandonado esas pautas hace rato. Es imposible crecer en el caos, sin normas, que en primera instancia deben ser endógenas; sin ellas quizás puede generarse algún desarrollo pero luego será imposible crecer eficientemente.

Convendría hacer un relevamiento de las empresas que, a lo largo de los años, resultaron exitosas y ver cuales son sus características comunes, eso seguramente ilustrará acerca de cómo promover su multiplicación en el futuro. En esa búsqueda tienen una responsabilidad indelegable las cámaras empresarias y los organismos públicos de ciencia y técnica.

### **Sectores industriales demandantes**

Como ya se dijo, el desafío es producir máquinas, equipos e insumos más livianos y seguros, que generen un menor impacto ambiental, que permitan mejores condiciones de trabajo y consuman menos energía, a un precio competitivo. Estas condiciones las demandan o lo harán en el corto plazo, los sectores:

- Industria del plástico y del cuero
- Industria de la madera (mueble)
- Modernización ferroviaria
- Generación de energía (petróleo, gas, eólica)
- Maquinaria agrícola
- Industria agroalimentaria
- Elementos para uso médico (implantes e instrumental)
- Industria naval y aeronáutica liviana
- Reingeniería

En cuanto al último sector mencionado, podemos decir que se trata de un tema valioso porque en muchos casos, el viejo equipamiento puede recuperar su competitividad a través de nuevos diseños, materiales, instrumentación, etc. Por varias razones, en muchas situaciones no es posible obtener repuestos ni accesorios originales.

En cualquiera de los sectores mencionados se deberán integrar: materiales, diseño, procesos de fabricación, selección de componentes de alta tecnología de libre disponibilidad en el mercado internacional, etc. Esa integración inteligente se da, en general, en la construcción de plantas o equipos piloto. Por ejemplo, en varias oportunidades se suelen requerir elementos de precisión que pueden obtenerse por adaptación de elementos fabricados en serie (automotrices), si hubiera que desarrollarlos específicamente su costo sería prohibitivo. Huelga describir situaciones particulares, son tantas como las que se puedan imaginar.

Para desarrollar los sectores mencionados se necesita avanzar en varios temas "horizontales" fundamentales, algunos de ellos se mencionan en lo que sigue. Los resultados podrán verse a mediano o corto plazo con inversiones accesibles y en su



desarrollo puede invertirse al máximo el esfuerzo personal y la inteligencia que decimos tener. Otro aspecto central de esos temas es que, por ser precompetitivos pueden hacer mas fácil la asociación entre las empresas que de otra manera no se sentarían a la misma mesa.

## **TEMAS HORIZONTALES**

Algunos temas accesibles con relativamente baja inversión, que se consideran fundamentales para el desarrollo de todo el sector se enuncian a continuación.

- Materiales, procesos y diseño
- Tratamientos Térmicos e Ingeniería de Superficies
- Soldadura
- Modelización
- Fundición
- Ensayos no destructivos

En el Anexo I se expone cada tema, sin orden de prioridad, con una extensión mínima como para hacer mas evidente su relevancia. Crecer y modernizarse en todos ellos preparará el camino para participar activamente en la nueva disciplina denominada mecatrónica, lo cual significa un salto hacia delante en el desarrollo tecnológico necesario.

## **APOYO PÚBLICO Y PRIVADO A LA INNOVACIÓN**

Sabemos que las principales instituciones públicas en la región metropolitana, competentes en las áreas de ingeniería, tecnología y ciencia (CNEA, INTI, CITEFA, UTN, UBA, Escuela Superior Técnica y otras) no conforman un sistema, como se suele mencionar, sino un Complejo donde cada una funciona muy poco relacionada con las demás, a pesar de innumerables convenios que “duermen” en cajones. Por esta razón, es imposible que tal Complejo genere las inquietudes y mucho menos ejecute las acciones que deben llevar a la innovación tecnológica, la cual fundamentalmente debe realizarse en las empresas. No es un tema de política partidista ni de personas, es estructural y si no lo asumimos como tal, nada cambiará. Las demandas y propuestas deberían de llegar al Complejo desde afuera, por parte de quienes van a hacer las cosas o por lo menos en estrecha relación con ellos. El Complejo solo puede y debe colaborar en esa cruzada, no hay duda que a la mayoría de los de adentro y de afuera nos interesa que todo ande mejor, pero como ocurre muchas veces, la respuesta del Complejo es la natural: oponerse, con el objeto de mantener su equilibrio interno. Es la respuesta de cualquier organismo vivo de alta complejidad: mostrar un comportamiento homeostático y ante cualquier “perturbación” externa o interna, reaccionar para neutralizarla (16). De esta manera todos perdemos, aunque no quede contabilizado en ningún lado.

Un criterio que quizás se podría aplicar es demandar al Complejo la realización de “experiencias cortas” no de rutina, con base científica, donde los involucrados aprendan sin necesidad de exponer títulos, dar exámenes de ingreso o entrar en conflictos de “incumbencias”. Lo esencial debe ser la competencia técnica. Habría que fomentar la creación de plantas piloto donde se puedan ensayar procesos o fabricar prototipos o



partes de ellos. Es en esas actividades donde resulta esencial determinar el orden de magnitud y no la enésima cifra decimal. La aproximación teórica no permite eludir esta etapa, como podría creer algún ingenuo, probablemente la puede hacer más eficiente al ayudar a entender mejor los fenómenos. Asimismo, ese debiera ser el lugar donde también se obtienen los temas de investigación básica cuyos resultados puedan publicarse en las mejores revistas internacionales del tema. Si esto último no ocurre, el grupo, laboratorio o lo que sea, ¡no existe! y entonces sí, es difícil que se abran las puertas de esos lugares que mencionamos antes. El fin de la investigación básica es en primera instancia, formar recursos humanos con el rigor que provee el trabajo científico serio, en segundo lugar, estar en contacto con la evolución del conocimiento en el mundo y en tercer lugar, contribuir a entender fenómenos que pueden no explicarse en una planta piloto y mucho menos en producción. Estos grupos deben ser pequeños y del mayor prestigio posible. La investigación básica de “medio pelo” vicia los valores mencionados y debe tratar de eliminarse.

Las mayores inversiones deben asignarse a las plantas piloto porque requieren tiempos de respuesta más cortos que la investigación básica, y sirven para poner a punto la producción, por lo tanto, también su amortización es más rápida. Es obvio que si los empresarios no saben (técnicamente hablando) qué quieren, es imposible avanzar en este terreno, pero si la selección de empresas que se mencionó anteriormente se hizo con seriedad, seguramente esto no va a ocurrir.

Si el Complejo y las empresas siguen trabajando “a puertas cerradas”, como en gran medida se hace hasta ahora, el resultado seguirá siendo mediocre. El fantasma del “secreto industrial” es solo una muestra de ignorancia y miedo de cada sector hacia el otro. La razón de esta afirmación es simple, si las cosas son fáciles y se pueden copiar sin problema, entonces también se pueden hacer sin colaboración externa, por el contrario, si no lo son, como siempre es la realidad ¡para que preocuparse! El único que logrará saber cómo, será el que finalmente obtenga los resultados. Aquellos que creen que la tecnología se logra solo con espionaje, tomando fotos y cosas por el estilo, simplemente muestran que nunca hicieron desarrollo en serio. Actualmente, cientos de materiales nuevos y tradicionales además de métodos de fabricación, se pueden (y deben) combinar para obtener el producto final óptimo, ese que responde a la ecuación costo-beneficio más atractiva. Esto no es fácil de copiar, es imposible.

Un tema que conviene recordar es el de patentes. El concepto de patente tiene como sentido práctico la reserva de un mercado por un plazo establecido y en muchos casos es fundamentalmente un negocio de abogados. En metalmecánica, muchos diseños y cosas “parecen” visibles y por lo tanto obvias. Sin embargo, eso era antes, ahora como dice El Principito “lo esencial es invisible a los ojos”. Los nuevos materiales y procesos de fabricación hacen que a veces ni la información obtenida a través de análisis exhaustivos, permite hacer la copia. Esta barrera “natural” es la mejor protección. Esto cambia cuando estamos en presencia de un producto masivo, en ese caso, lo más importante parece ser la marca que no tiene fecha de vencimiento.

En cuanto a recursos financieros asignados al desarrollo, tradicionalmente comparamos el porcentaje del Producto Bruto Interno (PBI) que distintos países asignan, con el



porcentaje que asignamos nosotros, para mostrar quien apoya más o menos. Pocas veces se ha expresado algo en forma tan precisa y lamentable, deberíamos comparar el producto inteligente, si es que lo hay. No tiene sentido hacer esas comparaciones entre países, para explicar o justificar atrasos o adelantos, lo que sí tiene sentido es mencionar montos específicos, a quien se asignaron y qué hizo con ellos.

Respecto al precio de los servicios que brindan algunas de las instituciones mencionadas, debería establecerse una política basada en el criterio siguiente: Los trabajos (ensayos) de rutina debieran ser relativamente caros para inducir a su realización en el sector privado, donde bajo la auditoria técnica del ente oficial competente, el mercado impondrá el precio adecuado. Los ensayos especiales, que no pueden hacerse en otro lado, porque requieren infraestructura de alto costo o recursos humanos de difícil formación, deben ser subvencionados todo lo necesario para que sean accesibles a quienes más los necesitan y no pueden pagar su costo directo. Esto no es regalar algo público, porque serán devueltos con los impuestos a la generación de riqueza (IVA y Ganancias). La política seguida durante años, de subvencionar los ensayos de rutina, es un freno al desarrollo tecnológico, que termina perjudicando a todos. Buscar el auto financiamiento de estas instituciones a través de una mayor venta de ensayos de rutina es incorrecto, es como pedirle al laboratorio de cualquier empresa líder en el mundo que se auto financie; lo que se auto financia es la empresa, si el laboratorio hace lo que debe. El ente público, cuando brinda servicios especiales, debiera ver a la pequeña empresa innovadora como integrante esencial del sector y no en forma aislada. Es el sector jerarquizado el que va a pagar con sus impuestos.

Algunas formas de apoyo a las empresas podrían ser: Inducir a que grupos de empresas desarrollen conjuntos de elementos más complejos, en lugar de vender partes sueltas a una terminal (automotriz) que las puede extorsionar; Premiar a los mejores; Dar préstamos a fondo perdido (subsidios) exigiendo que su devolución sea a través del incremento en impuesto a las ganancias y / o del IVA, entre otras. Los proyectos que se desarrollan en el ámbito público deberían estar dirigidos por un responsable pagado en parte por las empresas, si no es así se corre el riesgo que estas pierdan el interés. Durante el desarrollo de los proyectos, gente del Complejo debería ir a trabajar a las empresas y viceversa, así se podrían conocer mejor los costos y la idiosincrasia de cada sector y habría una sinergia positiva.

La Ley 23.877 de fomento a la innovación tecnológica, en su aplicación inicial fue “un incentivo al fracaso”. Resultó perversa porque permitió el despilfarro de millones de dólares, al financiar con fondos públicos hasta el 80 % de proyectos que tenían como condición la siguiente: si resultaban exitosos (técnicamente) debían devolver el préstamo, si fracasaban el préstamo se convertía en subsidio; el resultado es obvio. Si la propuesta hubiese sido la inversa, no cabe duda que casi todos los proyectos hubieran resultado exitosos y el erario público habría recuperado sus recursos en forma directa o, mejor aún, a través de impuestos y creación de nuevas fuentes de trabajo.

Los mecanismos de control muchas veces resultan demasiado complejos e inoperantes y se tornan algo que debe ser manejado por expertos: auditores, gestores y demás integrantes de un grupo que puede vivir del proyecto que todavía no se hizo. El control



debe hacerse por resultados asegurando que la empresa devuelva lo recibido a través de impuestos, es así de simple.

## Recursos humanos

En todo lo expuesto queda de relieve que el nivel de desarrollo que podamos alcanzar depende de quienes seamos en cuanto a valores éticos y capacidad profesional. Por razones obvias, aquí consideramos únicamente aspectos de la formación profesional. En ese sentido es muy importante una formación básica de la mejor calidad posible, donde se inculque el rigor y la metodología científica. Lo que importa es la calidad, la cantidad siempre será insuficiente. Lo analógico vuelve a ser fundamental, esto implica claridad de conceptos, más que recordar cifras exactas. Debemos formar gente que asuma el aprendizaje como el “trabajo permanente”, la formación puramente tecnológica no la puede dar solo la institución académica, es el aprendizaje en la acción directa lo que genera la formación válida, obviamente esto es condición necesaria pero no suficiente. De ahí que las empresas suelen buscar su gente ordenando sus criterios de la manera siguiente: primero, los aspectos éticos, segundo la capacidad de trabajo e inteligencia y por último los conocimientos. Es importante enviar gente al exterior a completar formación de postgrado en temas que previamente han sido detectados como importantes localmente por el propio interesado o el grupo de que forma parte. En el pasado, hemos enviado al exterior cientos de jóvenes a formarse en temas que, a su regreso eran páginas en blanco. El resultado ha sido el esperable, frustración y / o preparación para expulsar a la “mente de obra” a los países que no pusieron nada del costo, sin hablar del fenómeno humano asociado.

## REFLEXIÓN FINAL

De lo expuesto, restringido al sector metalmeccánico formado por pequeñas empresas, se puede inferir que es imprescindible y posible un desarrollo tecnológico autónomo en el que tengan participación relevante los emprendedores, en particular los que obtuvieron una formación técnico – científica adecuada. Es obvio que seguirá habiendo desarrollo de tecnología con mínimo requerimiento científico, en base a la experiencia y al uso de las “mejores reglas del arte” y esto también debe ser apoyado. Por otro lado, el tema tomado en forma integral, combina muchas variables donde quizás las más importantes se relacionan con el conocimiento y la actitud de las personas involucradas. En el mundo actual, por su complejidad, deben ponerse en primer término los aspectos éticos, por la simple razón que no es posible el control “policial” de épocas pasadas. El innovador y su grupo son flexibles pero para crecer deben tener un autocontrol formidable. Esta es una diferencia fundamental con la empresa clásica donde las personas tienden a adaptarse a una estructura más vertical, en cuanto a distribución de responsabilidades se refiere.

El Estado tiene varias funciones relevantes que cumplir, entre ellas: contribuir a la formación de recursos humanos en sus instituciones de ciencia y técnica a través de una metodología moderna, poniendo énfasis en una formación experimental rigurosa y desarrollando temas horizontales que sirvan a todo el sector. También debe concurrir con



el esfuerzo privado, técnico y financiero, al desarrollo de nuevos emprendimientos. Otra tarea trascendente y difícil que le compete, es simplificar procedimientos que faciliten la supervivencia de esos emprendimientos; es absurdo suponer que alguien formado en una “incubadora”, podrá sobrevivir cuando salga a la calle, en las condiciones actuales. Tanto la PYME tradicional como la de base tecnológica necesitan atención especial con vista a dotarlas de una legislación simple, estable y transparente. La complejidad e ineficiencia actuales no puede neutralizarse dando solo créditos blandos o facilitando el acceso a ferias del exterior.

Debemos superar tabúes cuyo origen podría atribuirse a la falta de experiencia, por no haber vivido y sufrido las etapas de la revolución industrial. Dada esta realidad, tanto en el sector público como en el privado debemos hacer un esfuerzo sostenido, en busca del tiempo perdido, para que las acciones de las PYME y en particular las empresas de base tecnológica, hagan la mejor contribución posible a la sociedad.

## **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

- [1] T. S. Ashton – La Revolución Industrial (1760-1830); Fondo De Cultura Económica, México 1981.
- [2] Andrew Graham Yooll - La Colonia Olvidada, Emecé, Buenos Aires, 2000.
- [3] Bertrand Russell – The Scientific Outlook; The Norton Library . W.W. Norton & Company Inc. New York, 1962.
- [4] Friedrich Pollock – La Automación; Editorial Sudamericana, Buenos Aires 1959.
- [5] Jöel de Rosnay - Le Macroscopie, Vers Une Vision Globale, Editions du Seuil, Paris 1975.
- [6] J. A. Sabato y Michael Mackenzie – La Producción de Tecnología; Instituto Latinoamericano de Estudios Transnacionales. Editorial Nueva Imagen, Méjico 1982.
- [7] Alvin Toffler - The Third Wave; Pan Books Ltd. Cavaye Place, London 1981.
- [8] Ilya Prigogine and Isabelle Stengers – Order Out of Chaos; New Science Library, Shambhala Publications, Inc. 1984.
- [9] Tomas S. Kuhn – La Estructura de las Revoluciones Científicas; Fondo de Cultura Económica, Méjico 1980.
- [10] Adolfo Dorfman - Cincuenta años de Industrialización en la Argentina (1930-1980), Ediciones Solar, Buenos Aires 1983.



## ANEXO I

### **Materiales, procesos y diseño**

Deben aplicarse los materiales convencionales de manera más inteligente. Es falso suponer que ya dieron todo y son antigüedades. Todavía se publican avances tecnológicos en fundición de hierro nodular y en tratamientos termoquímicos que se usan en la industria desde hace más de medio siglo. Su racionalización debe combinarse con la inmensa cantidad de materiales nuevos accesibles. Se dan situaciones en que la combinación de nuevos procesos de fabricación y “viejos” materiales permite nuevas soluciones, etc. En cuanto a procesos, la aplicación de plasmas, tecnología de vacío, láser, implantación iónica y otros, son accesibles si se adquiere el conocimiento adecuado que en gran medida es de dominio público. Además se impondrán en el futuro debido a su alta eficiencia energética, bajo o nulo impacto ambiental, condiciones de trabajo óptimas y máxima calidad de producto.

En cuanto al diseño, cualquier estudiante de ingeniería o ciencias sabe que hasta la función matemática más compleja se puede derivar sin mayor dificultad, el problema empieza cuando queremos integrar. Aquí, hasta las funciones más elementales ofrecen escollos, en la mayoría de los casos insalvables. El procedimiento para superarlos es integrar numéricamente, es decir, sumar y sumar pequeños incrementos, como esclavos. Esto, en la actualidad, pasa desapercibido con el cálculo electrónico que permite sumar algebraicamente, a una velocidad fantástica. Sin embargo, estamos haciendo lo mismo pero mucho más rápido y con un gasto de energía ¡casi nulo! En realidad, cuando diseñamos algo, aunque sea elemental, hacemos un proceso de integración, que se ajusta en un todo a lo que conocemos de ese campo de las matemáticas. No existe (felizmente) algoritmo que nos permita derivar el futuro ni mucho menos “deducir” la creatividad, solo trabajar duro y bien, esperando que el principio de inducción nos de una mano. Las ideas se le ocurren solo a algunos pocos que están todo el día ¡metidos en la cosa! hace falta conducta, tenacidad, trabajo y más trabajo. No hay tal diseño por computadora, a lo sumo hay un diseñador que se vale de ese instrumento. A esa imagen que el diseñador crea, luego se le aplicarán si hace falta, el análisis que corresponda para verificar que las cosas pueden funcionar bien. El buen diseñador se hace, no sólo por su aptitud natural, sino también con la experiencia, ahí aprende a crear los elementos que serán fáciles de fabricar, lo cual implica que debe conocer sobre materiales y procedimientos de fabricación y control de calidad, además de tener una visión realista del funcionamiento y mantenimiento futuros del elemento en proceso de diseño. Por ser una labor de síntesis de una multitud de elementos, se parece al trabajo de un artesano que usa cabalmente el conocimiento científico.

### **Tratamientos Térmicos e Ingeniería de Superficies**

El área de tratamientos térmicos arrastra viejas tradiciones, inclusive en países desarrollados. Fue la “pariente pobre” de la ingeniería y ahora debe asumirse que los materiales metálicos “son ellos y sus tratamientos térmicos y de superficie”. Es un área que requiere conocimientos de termodinámica, físico química y materiales, además de todos los “detalles” de uso corriente en la buena práctica industrial. Durante años se



asoció esta actividad, quizás por ser una de las mas antiguas, a “calentar y enfriar” siguiendo alguna receta mágica. Actualmente, es una de las que requiere y permite mayor incorporación de conocimiento científico para elevar el rendimiento de los materiales tradicionales, y es imprescindible para el uso eficiente de aceros especiales y otras aleaciones modernas.

La mayoría de los componentes mecánicos requieren propiedades estructurales en el núcleo, esto es, determinada resistencia mecánica, al choque y estabilidad dimensional, lo que se obtiene con material y tratamiento térmico apropiado. Sin embargo, también en la mayoría de los casos, se requiere en la superficie propiedades “funcionales” especiales como son: resistencia a la corrosión, al desgaste, a la fatiga, propiedades ópticas, biocompatibilidad, etc. Esta parte debe “cubrirse” con la llamada ingeniería de superficies que considera la modificación físico-química y / o el estudio, desarrollo y aplicación de recubrimientos metálicos, cerámicos, etc. Es un campo imprescindible de tener en cuenta en la industria metalúrgica y metalmeccánica por sus efectos multiplicadores en todos los sectores ya mencionados.

### **Soldadura**

Quizás el proceso donde se reúnen simultáneamente todos los fenómenos metalúrgicos y por lo tanto de extrema complejidad, cuando se necesitan hacer bien las cosas. Es por otro lado, de extrema importancia tecnológica y en consecuencia debería haber actividad experimental intensa y de la máxima calidad en su desarrollo, especialmente en la formación de recursos humanos en todos los niveles imprescindibles.

### **Fundición**

Su mención induce a pensar en viejos tiempos, sin embargo continúan los avances científicos con aplicaciones a todos los materiales, tanto en las aleaciones más antiguas a base de cobre como en las de los metales del siglo XX (aluminio, titanio, etc.). La industria automotriz, de la maquinaria agrícola, vial y minera, son demandantes de las mejoras que se puedan aportar.

### **Modelización**

El recurso moderno de la modelización tanto de procesos como de productos es algo a lo que deberemos llegar. La informática pone a disposición herramientas poderosas, principalmente cuando se trata de abordar problemas de extrema complejidad como los que surgen de los temas mencionados antes. Sin embargo, es conveniente adquirir la preparación “clásica” antes. El caso mencionado cuando hablamos de diseño, de pretender “sacar la idea” de la computadora, sin haber vivido la experiencia de hacer perfectos croquis con lápiz y papel, aquí se aplica en mayor grado aun. Quizás la única manera eficiente de llegar a buenos resultados es trabajar en estrecho vínculo entre los usuarios que creen en el potencial de estas herramientas y los Centros que dispongan de ellas.



## **Ensayos no destructivos**

Las modernas técnicas de ensayos no destructivos, que esencialmente hacen uso de la energía en forma de radiación (ultrasonido, emisión acústica, termografía, rayos X, gamagrafía, métodos magnéticos, etc.) son fundamentales tanto en producción como en mantenimiento y aseguramiento de la integridad y rendimiento de componentes e instalaciones. Es un sector en si mismo, inseparable de la industria metalmeccánica moderna. Por su complejidad requiere formación especializada y entrenamiento permanente de los recursos humanos imprescindibles para su aplicación.