

# APROVECHAMIENTO DE MATERIALES PARA EL PROGRESO NACIONAL

ALVARO L. OSPINA MONTOYA  
*Profesor Asistente Universidad Nacional de Colombia*

HORACIO SIERRA RESTREPO  
*Profesor asociado. Universidad Nacional de Colombia*

## RESUMEN

Se presentan las ideas más relevantes de la conferencia dictada por el Dr. Baker en 1976 y en la cual exhorta al pueblo de los Estados Unidos a hacer un manejo eficiente de los materiales y a desarrollar nuevos. Asimismo, se compara la realidad de nuestro país con lo expuesto por el Dr. Baker y se hace un llamado para que quienes trabajamos en el área de los materiales impulsemos el uso racional de nuestros materiales y desarrollemos aquellos adecuados a nuestras necesidades, usando nuestros propios recursos.

### PALABRAS CLAVES:

Uso y desarrollo de materiales. Mejoramiento de calidad y productividad.

## ABSTRACT

The most important ideas of the conference given by Dr. Baker in 1976 are presented. In this one, he exhorts to American people to do an efficient handling of materials and to develop new ones. In the same way, the reality of our country, Colombia, is compared with that explained by Dr. Baker and a call is made to whom work in the area of materials in order to use rationally our materials and to develop those adequate to our needs, using our proper resources.

### KEY WORDS:

Use and development of materials. Improvement of quality and productivity.

## 1. INTRODUCCION

Hace varios años, el doctor W. O. Baker ofreció una conferencia titulada "Materials Proficiency for National Progress", la cual fue distinguida en Materiales y Sociedad y publicada ese mismo año en la revista Metallurgical Transactions A.

Debido a las actuales exigencias en calidad y productividad impuestas al mercado colombiano por la internacionalización de la economía, creemos pertinente presentar una reseña crítica de dicha conferencia donde la exhortación hecha por el Dr. Baker a su nación para un manejo más eficiente de los materiales y del desarrollo de aquellos nuevos que requiera la sociedad para mejorar el nivel de vida, es válida ahora en la nuestra.

## 2. EL CONFERENCISTA, Dr. BAKER

En 1976, el Dr. BAKER era presidente de Bell Telephone Laboratories. Se graduó en Washington College en 1935 (Bachiller en ciencias, visitador y gobernador escolar, obtuvo las Medallas Simmons Y Alumni). Continuó sus estudios en Princeton University (Ph.D. en 1938 en físico química, Becario de Harvard y Procter). Se unió a Bell Laboratories en 1939 como miembro del "Staff" técnico. En 1952 fue nombrado Asistente del Director de Investigación en ciencias Físicas; en 1955 fue nombrado Vicepresidente de Investigación y se mantuvo en esta posición hasta 1973 cuando asumió la Presidencia. Los trabajos técnicos y científicos del Dr. Baker, desde 1939, han sido sobre materiales para comunicaciones y electrónica y, especialmente, sobre

las propiedades del estado sólido de aislantes y polímeros. También encontró moléculas tridimensionales en el desarrollo de cauchos sintéticos durante la II Guerra Mundial, y lideró el desarrollo de cascos protectores del calor para misiles y satélites, y el uso de compuestos de polímeros de carbono.

Como Vicepresidente de Investigación fue responsable de los programas con los cuales se produjeron el láser, superconductores y fuertes imanes permanentes, nuevos gráficos por computador y comunicaciones por onda milimétrica.

En sus investigaciones personales, se concentró en estudios de materiales en estado sólido y macromoléculas, los elementos básicos de plásticos, fibras, cauchos naturales y sintéticos, tejidos de plantas y animales. Tales sustancias son fundamentales en aislamientos y partes estructurales de sistemas de comunicación.

Miembro de la Academia Nacional de Ciencias y de la Academia Nacional de Ingeniería. Invitado a dictar muchísimas conferencias, como la "Charles M. Schwab de la AISI, en 1976. Ha sido condecorado, ha recibido grados honorarios y numerosas altas distinciones.

Ha sido asesor, a un alto nivel, del gobierno, y ha participado activamente en educación. Él resume la manera cómo la ciencia y la ingeniería pueden contribuir al bienestar social.

### 3. EL TEMA

A medida que la sociedad avanza hacia una nueva era de mejoramiento de la Calidad de Vida, los avances tecnológicos requeridos claman por sistemas de materiales obtenidos mediante la interacción de la ingeniería y la ciencia de los materiales con el diseño. Aún, se discute el papel del sector privado-industria y las universidades. En su conferencia, revisa las recientes acciones alrededor de las políticas del gobierno para el control de los materiales que están surgiendo y discute las fuerzas políticas que favorecen tal intervención. Sugiere que el sector privado puede

reducir la presión sobre el control público, tomando la iniciativa, produciendo las innovaciones necesarias mediante el uso del diseño asistido por computador e incorporando las modernas ideas realísticas acerca de la materia "imperfecta".

### 4. CONSIDERACIONES GENERALES

#### CONTROL DEL GOBIERNO SOBRE LAS POLITICAS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO.

El doctor Baker inicia la conferencia enfatizando sobre las expectativas públicas en ciencia y tecnología, que cambiaron en la última década. Señala como en la primera mitad de un siglo agitado, urgido por los retos de defensa, se inició el programa espacial y se generaron mezclas de economía con ingeniería, tecnología e incluso con ciencia. Estos programas y el desarrollo de armas para salvaguardar la seguridad nacional, fueron las prioridades. Era claro que el gobierno, quien subsidiaba y administraba las actividades de investigación y desarrollo, fuera quien fijara las políticas al respecto. Semejante soporte mantenía la ilusión de que así se aseguraba el éxito en la búsqueda de lo maravilloso y en el logro de lo imposible.

La industria era empleada por el gobierno como productora y, algunas veces, como operadora para su sistema de tecnología. Era el gobierno quien mayores aportes económicos hacía para programas de investigación y desarrollo, tanto en la industria, como en las universidades.

Por estas razones, sostiene el Dr Baker, no se tiene plena conciencia sobre las oportunidades que tiene la industria para mejorar los productos civiles, ahora requeridos, aplicando el uso de sistemas de materiales, debido a que la filosofía industrial, en la primera mitad del siglo, surgió de investigaciones científicas y desarrollos que provenían de situaciones diferentes a las que hoy se presentan.

Una sociedad pacífica, argumenta el Dr. Baker, no empleará sus recursos para financiar, únicamente,

programas tecnológicos como el espacial o los misiles. Más bien, ella intentará satisfacer un mercado orientado a mejorar la calidad de vida. Por ello, en la actualidad, se requieren complejos sistemas tecnológicos tales como: energía, transporte, salud, ecología y del medio ambiente, comunicaciones, etc.

Pero aún en estas áreas, la posición pública no es dada por una política social, si no que, más bien, corresponde a la suma de una enorme cantidad de preferencias y juicios individuales. La industria deberá entrar a satisfacer a sus consumidores y patrocinadores, tanto en los campos ya indicados, como en los mercados bien posicionados de alimentos, vestido, vivienda, entretenimiento y artes. Para satisfacer necesidades altamente personalizadas, las cuales involucran gran diversidad de materiales y diseños, muchas instituciones diferentes al gobierno, y especialmente la industria, deberán tomar gran parte de la responsabilidad.

Significativamente para nuestra sociedad, afirma el Dr. Baker, la ciencia de los materiales y la ingeniería parecen ser los ingredientes centrales en el progreso nacional que requieren los nuevos avances económicos, ecológicos, sociales y conservacionales.

Por estas razones, concluye, desde los requerimientos de recuperación de energía, refinación y procesamiento de ciertos materiales hasta la duración, confiabilidad y versatilidad implícitos en una sociedad de reciclaje, el adquirir nuevas habilidades en el uso de los materiales será el punto central para fortalecer la industria y la economía.

### **LIDERAZGO DE LA INDUSTRIA EN EL APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES.**

En esta parte de la conferencia, el Dr. Baker hace un recuento del estado en que se encontraba el debate sobre la legislación para el control y manejo de nuevos materiales, y la investigación y desarrollo, en los Estados Unidos en 1976. Este aspecto no será considerado acá: aunque interesante, la información suministrada no se ajusta a nuestra realidad. En cambio se resumirán los aspectos sobre nuevos

conocimientos en materiales, los cuales unidos con el diseño asistido por computador, son propuestos como estrategias para que la industria, ubicada en un mercado libre, lidere el desarrollo tecnológico, buscando siempre proveer un mejoramiento en la calidad de vida.

Plantea el Dr. Baker, que institucional y culturalmente es el momento justo para generar nuevas relaciones entre la ciencia y la ingeniería. Relaciones que hagan, verdaderamente, buen uso del conocimiento que se tiene del estado sólido y de las modernas técnicas de diseño ayudado por computador.

Se trata de aprovechar las nuevas circunstancias, dejando los métodos utilizados donde los diseños e inventos, se acomodaban a materiales baratos o que, por algún interés, debían ser empleados. De igual manera, se orientó la educación y preparación de ingenieros y científicos hacia los conceptos de alta resistencia, larga duración, fácil conformado y otras propiedades. Pero esto, aunque admirable, no tuvo éxito.

Afortunadamente la situación cambió en los años 50 como resultado de la era de los semiconductores, transistores y de los monocristales altamente puros y perfectos, necesarios para aquellas tecnologías emergentes. Lo que significó el firme reconocimiento de las dislocaciones, las impurezas, los defectos puntuales y las vacancias en gran parte de la materia real. Algunas de estas nociones se conocen desde hace un siglo. Por ejemplo, se postuló que los límites de grano entre cristales separadamente orientados en un sólido podrían producir un alineamiento imperfecto de capas adyacentes de átomos.

Entonces, en 1926, Frenkel postuló los defectos puntuales y las imperfecciones de línea (dislocaciones) fueron concebidas por Orowan, Taylor, Volanti y otros. Finalmente, los grandes y relativamente cristales perfectos de Germanio, permitieron la observación directa de los arreglos básicos de las dislocaciones mediante técnicas de ataque y de coloración. Esto fue simultáneamente tratado con elegancia teórica por Read (Dislocaciones en Cristales, McGraw-Hill, New York, 1953).

Lo anterior, permitió que se conceptualizaran y manejaran materiales sobre una nueva escala de realismo, más allá de las expectativas de fuerzas interatómicas y geometría, en forma idealizada.

El conocimiento actual indica que casi toda la materia real formada como sólido, contiene grandes imperfecciones, así como impurezas que son, desafortunadamente, propios de nuestro mundo. Estudios modernos sugieren que esto es el resultado del proceso mismo de solidificación, los diversos procesos de sintetizar el orden y los enlaces internos, que como la entropía y la energía, determinan la calidad de los materiales.

Esto ha sido demostrado por los trabajos de Jackson, en los que se aprecia el increíble proceso de ensamble de partículas desordenadas, bajo un procedimiento por cinética de ensayo y error, lo que da como resultado inevitable la formación de dislocaciones y otros desplazamientos atómicos, a medida que se genera un sólido.

Así, lo que una vez fue considerado desviación incidental de una norma, llega a convertirse en estado normal, por sí mismo. Consecuentemente, se deberían revisar las formas en las que se han relacionado el diseño con los materiales, y progresivamente educar a nuestros expertos para considerar el comportamiento de la materia como un continuo con imperfecciones. Estas dislocaciones, imperfecciones, vacancias, etc., deberán permitir que los diseñadores exploren el maravilloso espectro de comportamiento que la ciencia de los materiales y la ingeniería proveen. Este intervalo consiste, a menudo, de películas de un espesor de pocos átomos, con frecuencia expuestas a atmósferas reactivas y a menudo sujetas a campos eléctricos y magnéticos. De tal manera que los márgenes del diseño y su función sean adecuadamente ajustados a un nuevo conjunto de creencias e intuiciones sobre la resistencia, la cedencia, la rigidez, la conductividad y otras propiedades parecidas.

En recientes investigaciones para analizar la dureza y la resistencia en sólidos, G.Y. Chin notó que un monocristal de hierro mostraba flujo plástico

alrededor de  $10 \text{ MN/m}^2$ . Sin embargo, fibras de monocristales "Wiskers" analizados por Galt, Herring y Arnold, pueden resistir hasta  $13,6 \text{ GN/m}^2$  o miles de veces más. La diferencia, por supuesto, se debe al contenido y movimiento de dislocaciones, en estos cristales comparables.

Similarmente, la rigidez, o la capacidad reversible para mantener la forma bajo esfuerzos, es un factor importante en el diseño de casi cualquier cosa. Pero principios generales indican que en cristales covalentes firmemente unidos, como el diamante, el módulo de corte es únicamente 10 veces la dureza, mientras que en los metales esta relación puede llegar a ser de cientos de veces. A la fecha, se puede complementar el rápido crecimiento del conocimiento acerca de la resistencia, la dureza y la rigidez de la materia en términos atómicos y moleculares, con los conceptos de movimientos de dislocaciones y su expresión como rasgos reales de los materiales.

La dureza real de los metales puede ser únicamente 0,006 veces el módulo de corte para materiales típicos como aluminio, cobre, níquel, etc., mientras que para sólidos covalentes, como el silicio, el carbono, etc. es de 0,1. En sistemas iónicos como el cloruro de sodio, fluoruro de litio y óxidos de magnesio, la relación está entre los metales y los sólidos covalentes, indicando también una movilidad de dislocaciones, aunque no tan inestable como en los metales.

Por supuesto, junto con esta nueva intuición acerca de la relación de los materiales con el diseño, viene un nuevo conjunto de estrategias para modificar el papel de los defectos. Esto va más allá de los tan bien conocidos procesos de aleación en soluciones sólidas, la descomposición de fases desde el eutéctico o el eutectoide, la dispersión de sistemas más rígidos tales como óxidos y carburos y otros en el cristal. A esta nueva concepción no escapa la precipitación de partículas de segunda fase y obviamente, los efectos de la orientación o del endurecimiento por deformación.

De nuevo, como ha sido reconocido durante un siglo de filosofía de diseño racional, la influencia de estos tratamientos en los metales puede ser profunda. Los

aceros especiales pueden tener resistencias a la tracción de hasta  $4,2 \text{ GN/m}^2$ , comparado con  $0,1 \text{ GN/m}^2$  para el hierro convencional. Esto presumiblemente refleja una descomposición eutectoide alrededor de  $720^\circ\text{C}$  y  $0,9\%$  de carbono. Esto produce una resistencia alrededor de  $1,2 \text{ GN/m}^2$ , y luego de cerca de  $98\%$  de reducción de área mediante estirado, se alcanza la resistencia de  $4,2 \text{ GN/m}^2$ .

Enfatiza el potencial de diseño que tienen las fibras con polímeros de carbono, los cuales retienen una alta orientación del plano basal, paralelo al eje de la fibra. En estas, el módulo de Young de  $420 \text{ GN/m}^2$  está asociado con una tenacidad de  $3,2 \text{ GN/m}^2$ . Estas fibras embebidas en matrices de plástico vaciadas en forma continua representan una oportunidad de diseño de materiales de amplia importancia, que harán más durables válvulas, álabes de turbinas y muchos otros componentes demandados.

Estos ejemplos, que evidencian los nuevos campos del conocimiento, son los argumentos dados por el Dr. Baker para lanzar la estrategia que permitirá que las habilidades profesionales de inventores y creadores puedan ser unidas a los profundos recursos de los científicos e ingenieros de materiales, y convencido de que si todo se hace bien, ello cambiará profundamente las presiones de la intervención del gobierno en la industria, y en particular en el comercio de los materiales. De este modo, se fortalecerá notablemente la economía nacional.

Si bien es cierto que aún subsisten restricciones al uso y desarrollo de ciertos materiales en los Estados Unidos, también lo es que durante estas dos décadas ha habido mayor flexibilidad y se han logrado altas transferencias tecnológicas de los programas espaciales y de "guerra de las galaxias" hacia materiales utilizados en diversas aplicaciones civiles tales como: Comunicaciones, transporte, salud, etc.

En contraste, en Colombia no existe ni ha existido una política gubernamental acerca del uso y desarrollo de los materiales. Lo que en gran parte explica la ausencia total de políticas oficiales acerca de la investigación concomitante.

El poco desarrollo de esta área ha sido iniciativa de las universidades y de algún sector empresarial con el auspicio económico, en algunas oportunidades, de Colciencias o de otras agencias. El trazado de políticas de desarrollo en el área de materiales deberá, en consecuencia, ser liderado por la Universidad y por la Industria, teniendo en mente nuestros propios recursos y cómo aplicarlos para satisfacer nuestras necesidades. Para esto se hace necesario un ambicioso plan de capacitación de profesionales adscritos a ambos sectores y una verdadera voluntad de la Industria en invertir en el mejoramiento de la calidad y de la productividad.