

## ALGUNAS ANALOGÍAS ENTRE LOS SISTEMAS DE INGENIERÍA Y LOS SISTEMAS ADMINISTRATIVOS

### RESUMEN

En el presente artículo se describen algunas analogías entre sistemas que pertenecen a las ciencias de la Ingeniería y sistemas que pertenecen a las ciencias sociales, entre los cuales no habría ninguna relación en principio.

**PALABRAS CLAVES:** Costos explícitos, costos implícitos (costos de oportunidad), alianzas estratégicas, globalización, desregulación, competitividad, ventajas comparativas, ventajas competitivas, mipymes.

### ABSTRACT

*In this piece, some analogies between systems belonging to the engineering sciences and those belonging to the social sciences are described. This takes into account the fact that in principle no relationship exists between them.*

**KEYWORDS:** *Explicit costs, opportunity costs, strategic alliances, globalization, deregulation, competitiveness, comparative edges, competitive edges, small industries.*

### LUIS GUILLERMO RÍOS A

Ingeniero Químico, M. Ing., MBA.  
Profesor Asistente  
Facultad de Tecnología  
Universidad Tecnológica de Pereira  
luis@utp.edu.co

### YAMAL MUSTAFÁ IZA

Ingeniero Mecánico, M. Ing.  
Profesor Asistente  
Facultad de Ingeniería Mecánica  
Universidad Tecnológica de Pereira  
yamal@utp.edu.co

## 1. INTRODUCCIÓN

En la literatura administrativa existe un conocido libro escrito por Gareth Morgan titulado “Las Imágenes de la Organización” [1] en el cual se compara a estos entes complejos sobre los cuales se ejerce la administración, con ocho (8) entidades, a saber: máquinas, organismos, cerebros, culturas, sistemas políticos, cárceles psíquicas, flujo y transformación, e instrumentos de dominación. En dicho volumen se parte desde metáforas ó representaciones mecánicas y adaptativas, pasando sucesivamente por otras inteligentes, normativas y conflictivas, para llegar finalmente a la trampa autocreada<sup>1 2</sup>, al cambio, y a la resistencia que éste genera.

En el presente artículo se pretenden señalar algunas analogías entre los sistemas ingenieriles y los sistemas administrativos, sin llegar, claro está, a las profundidades conceptuales exploradas por Morgan. En un artículo anterior [3] los autores ya habían iniciado esta tarea, aclarando que lo que hoy por hoy se conoce como un “proceso administrativo”, no es más que una extrapolación del concepto “proceso” que siempre se ha manejado en las *industrias químicas* como “la transformación de materias primas, energía, y *know how* en productos comercializables”. Son los puntos de vista aquí expuestos, las visiones o símiles que desde el ejercicio de la Ingeniería podemos obtener en relación con distintos conceptos comprendidos en las, como dirían

los estadounidenses, “taken-for-granted”-on-the-part-of engineers, ciencias administrativas.

## 2. ¿EN QUÉ CONSISTEN LOS COSTOS EXPLÍCITOS Y LOS COSTOS IMPLÍCITOS?

Sea lo primero hablar del recurso más escaso en cualquier organización, el dinero. Debemos aceptar como un hecho que el profesional técnico promedio en nuestro medio colombiano está preparado sólo marginalmente en temas económico-financieros y por tal razón es posible que no encuentre fácilmente la diferencia que existe entre *costos explícitos* y *costos implícitos*. Hay que recordar entonces que un *costo explícito*, como su nombre lo sugiere, es el que está asociado con un desembolso físico de dinero, mientras que un *costo implícito* es aquél que no lo está. Así las cosas, no parece haber ningún problema, a no ser que alguien formule preguntas del siguiente tenor: ¿Cómo así que hay costos que no implican un desembolso de efectivo?

A lo anterior, y sin tratar de sentar cátedra en la materia, ni agotar el tema, podemos responder que efectivamente a esta categoría pertenecen costos mejor conocidos con el nombre de *costos de oportunidad*, los cuales no son más que ingresos que se dejan de percibir (“foregone earnings” en la jerga de los economistas) al seleccionar una alternativa para un proyecto de inversión por ejemplo, en lugar de la siguiente mejor. En este caso hay que señalar enfáticamente que el *costo total* corresponde al agregado de los *costos explícitos* más los *costos implícitos*, y es contra este total (y no contra los *costos explícitos* solamente) que se deben cotejar los ingresos

<sup>1</sup> Mucha gente se siente involucrada en problemas que, al menos en parte, son de su propia creación.

<sup>2</sup> Un anciano moribundo citado por Mauricio Nelligan [2] decía: “Tuve muchos problemas en mi vida la mayoría de los cuales nunca llegaron a pasar”.

obtenidos a partir de la operación del proyecto. Muy a menudo ocurre que los *costos de oportunidad* no son tenidos en cuenta, lo que equivale a no asignar un costo para los recursos propios, con lo cual entran en operación muchos proyectos presuntamente rentables, pero no suficientemente “castigados”, los cuales no son sostenibles a largo plazo (términos mayores que un año ó mercado de capitales).

Bueno, pero qué relación tiene esta situación administrativo-financiera con otras instancias de la ciencia? Para contestar esta pregunta debemos remontarnos a las épocas en las que los pioneros de la Química-Física empezaron a investigar sobre los cambios de estados físicos ó estados de agregación de la materia y sometieron una masa de hielo a un proceso de calentamiento @ presión constante. Al suministrar calor al hielo, éste sufre en primer lugar un cambio desde la temperatura inicial hasta la temperatura de fusión @ una presión dada. Una vez alcanzado este punto, los investigadores mencionados no entendían por qué al continuar con el suministro de calor a la masa de hielo en calentamiento, la temperatura de ésta no aumentaba, sino que permanecía constante hasta completar el cambio de estado de sólido a líquido. A partir de allí la temperatura aumentaba por cuenta del suministro de calor, hasta alcanzar el punto de ebullición @ la presión de trabajo, situación en la cual se repetía el fenómeno observado, pero no entendido en el primer cambio de estado, en el sentido de que la temperatura de la masa líquida en ebullición permanecía constante.

Los trabajos de estos preeminentes hombres de ciencia concluyeron posteriormente con el descubrimiento de que los cambios de estado de una sustancia pura son procesos isobáricos e isotérmicos; en otras palabras, dichos cambios involucran un calor al que llamaron *latente*, que significa oculto, porque no está asociado con un cambio de temperatura. De otro lado, al calor necesario para llevar el hielo desde una temperatura inicial hasta el punto de fusión @ una presión dada, y el agua líquida desde esta temperatura hasta el punto de ebullición @ la misma presión, los denominaron *calor sensible del sólido* y *calor sensible del líquido* respectivamente, dado que ambos sí están asociados con cambios de temperatura.

¿Cuál es entonces la analogía entre los dos sistemas descritos? A partir de la discusión anterior, puede verse claramente la relación directa que existe entre los *costos explícitos* y el *calor sensible*, y entre los *costos implícitos* y el *calor latente*. Esta representación ó imagen, utilizando las palabras del citado Gareth Morgan, puede ser usada para ilustrar la problemática de los costos discutidos a un grupo de estudiantes ó profesionales técnicos, quienes no hayan sido expuestos previamente a

estos temas <sup>3</sup>. Podemos ahora a la luz de la Termodinámica, encontrar el verdadero peso que tienen los *costos implícitos* en un proyecto, si tomamos en cuenta que en el ejemplo anterior, el *calor latente* ú oculto contabiliza más del 80% del calor total necesario para convertir agua líquida comprimida ó subenfriada @ 0°C en vapor de agua saturado seco @ 100 °C.

### 3. ALIANZAS ESTRATÉGICAS

Pasemos ahora a otro tema de palpante actualidad en la Administración, las denominadas “alianzas estratégicas”. Este es un tema que ha acaparado la atención de muchas empresas en el mundo que encuentran en procesos estratégicos de esta naturaleza el camino más seguro para poder sobrevivir en un mundo globalizado. Los pasos que dieron los empresarios colombianos más visionarios en las últimas décadas del pasado siglo 20, tuvieron que ver inicialmente con el afianzamiento de los procesos de exportación de bienes y servicios, a los que siguieron otros tales como la internacionalización de las operaciones, consistente en llevar el negocio por fuera de las fronteras geográficas.

¿Qué sucedió posteriormente? Como es de común conocimiento, a partir de los años 80's, se desencadena un fenómeno mundial con un objetivo final muy claro como es el de la *desregulación* de todo tipo de mercados, y la respuesta generalizada ante este problema ó amenaza ú oportunidad, según los distintos enfoque observados, fue la búsqueda de la *competitividad*, dado que las antiguas *ventajas comparativas*<sup>4</sup> de las cuales “habíamos vivido” toda la vida, si bien seguían siendo necesarias, ya no eran suficientes per se para mantenerse en operaciones. A partir de allí los empresarios ya mencionados, quienes habían actuado proactivamente, empezaron a cosechar los frutos que se derivan de un amplio conocimiento de los sistemas de producción<sup>5</sup>, de

<sup>3</sup> Este enfoque ha sido usado por uno de los autores del presente artículo en el curso “Administración y Diseño de Laboratorios” que se imparte en el sexto semestre del programa de Tecnología Química de la U.T.P.

<sup>4</sup> Las *ventajas comparativas* son las que se derivan de los factores de producción, a saber, tierra, trabajo y capital, los cuales están dados en una región. Por el contrario, las *ventajas competitivas* no están dadas sino que deben ser obtenidas.

<sup>5</sup> “A partir de los años 80's la planta de producción vuelve a ser importante en las empresas de todo el mundo. Al revisar las diferentes estrategias seguidas por los japoneses en la posguerra, se encuentra que todas éstas están basadas en la planta de producción, único lugar donde se pueden desarrollar las verdaderas *ventajas competitivas sostenibles* para las empresas. Por esta razón el área de producción es el *área dura* de la empresa moderna, y se considera que las *ventajas competitivas* que se derivan de las otras áreas son muy volátiles”[4]. Hay que agregar que la verdadera relación de funcionalidad entre la producción y las exportaciones fue aclarada por parte del profesor Alfredo Ceballos Ramírez, Ph.D. de Harvard Business School, de la siguiente forma [5]: “Las exportaciones colombianas se han promovido tradicionalmente con la devaluación y por eso se ha creado en el país una estructura exportadora altamente dependiente del precio del dólar. Un exportador es adjetivamente exportador y sustantivamente productor; el único y

los clientes, de los mercados, y del comercio internacional, todo lo cual se constituye en el *valor agregado* necesario para convertir las anteriores ventajas en las verdaderas *ventajas competitivas* sostenibles a largo plazo<sup>6</sup>.

En el interregno, ¿qué ha pasado con las otras empresas, entre las que se cuenta un buen número de *mipymes*, conducidas por empresarios reactivos por necesidad, quienes se debaten permanentemente entre unos costos fijos cada vez más altos y un punto de equilibrio cada vez más lejano? Son estas empresas, las que cuentan con estructuras de costos más saturadas (lo cual las hace más débiles) las que se ven obligadas a configurar *alianzas estratégicas* con otras empresas pares, con la única finalidad de seguir manteniendo una participación en el mercado.

El comportamiento descrito anteriormente corresponde precisamente con el encontrado en la Química de los elementos no metálicos los cuales forman "*alianzas estratégicas*" denominadas *enlaces covalentes*, por medio de la compartición de pares de electrones entre dos átomos; el *enlace covalente* es el enlace característico de los compuestos de la Química Orgánica. En este punto, hay que recordar que en la Química se dan esencialmente dos tipos de enlaces. En primer lugar, el ya mencionado *enlace covalente* el cual puede ser simple, doble o triple según se comparta un par, dos pares, o tres pares de electrones respectivamente, y, en segundo lugar, el *enlace iónico ó electrovalente* en el cual un átomo de un elemento electronegativo ó de alta afinidad electrónica (no metal) atrae hacia él los electrones transferidos desde un átomo de un elemento electropositivo ó de bajo potencial de ionización (metal). El *enlace iónico* es igualmente fuerte en todas las direcciones, mientras que el *enlace covalente* es dirigido; la gran diferencia que existe entre éstos radica en que el *enlace iónico* es mucho más fuerte que en *enlace covalente*, y por esta razón, por ejemplo, para fundir un compuesto covalente se requiere menos energía que para fundir un compuesto iónico.

Como puede verse de lo discutido anteriormente, las *alianzas estratégicas* obedecen a un comportamiento de la Naturaleza misma frente a situaciones de desigualdad manifiesta en donde sólo "la unión hace la fuerza". En la misma forma en la cual se discutió al final del numeral anterior, en el presente, a la luz de la Química, podemos entender el curso que han seguido muchas *alianzas estratégicas* en nuestro medio, las cuales en algunos, ó mejor, en muchos casos, no han sido hechas entre organizaciones lo suficientemente pares, por lo cual dichos procesos, débiles por definición y llevados a cabo

---

verdadero mecanismo de promoción de exportaciones es el de fortalecer la producción nacional".

<sup>6</sup> Para entonces los gurús mundiales de la *estrategia* ya nos habían enseñado que la *competitividad* es un reto microeconómico, o sea que son las empresas y no los países ni las regiones los que son competitivos.

sobre la marcha, por no decir que en forma apresurada, son altamente vulnerables, pudiendo fácilmente terminar no sólo con la alianza como tal, sino con lo que queda de las partes que la constituyeron ó formaron.

Un caso totalmente opuesto al anterior es el de aquellas empresas que por su alta participación y, por ende, buen posicionamiento en el mercado, bien sea por la calidad, confiabilidad, y/o costo de sus productos ó servicios, no son dadas a establecer alianzas. Este comportamiento también lo observamos en la Química con los denominados *gases nobles*, los cuales por su estructura atómica no reaccionan con otras especies, ni siquiera consigo mismos.

#### 4. CONTROL DE INVENTARIOS

El Control de Inventarios en una empresa es una simple aplicación de la Ley de la Conservación de la Masa a un sistema termodinámico abierto. Cuando estudiamos una empresa comercializadora de productos, llevar el inventario es muy sencillo, ya que la aplicación de dicha ley conservativa es inmediata. Cuando se trata de una empresa que pertenece al sector de las *industrias químicas*, en la cual se manejan una serie de insumos, de productos en proceso y productos terminados, donde las materias primas sufren cambios físicos y/o químicos, es necesario conocer de antemano el *know how* del proceso para poder llevar a cabo los correspondientes balances de masa y energía.

En Control de Inventarios existen dos métodos clásicos, el método denominado FIFO (First In, First Out) y el método LIFO (Last In, First Out)<sup>7</sup>. El primero de estos métodos tiene una gran similitud con lo que sucede en el flujo de fluidos en tuberías, flujo de sólidos en bandas transportadoras, etc., donde la masa que primero entra a la pieza, es también la primera en salir de ésta. De otro lado, algunos equipos industriales funcionan de una forma similar al método LIFO, es el caso de una bomba alternativa de pistón, en la cual las últimas gotas de líquido que entran a la bomba son las primeras que salen, de una manera muy similar a lo que ocurre con una solución parenteral inyectada con una jeringa, y a lo que ocurre generalmente en el ascensor de un edificio.

Los comentarios hechos en este numeral también son aplicables en el campo de la Administración a los *balances contables* y en el campo de la Ingeniería a los *balances de una magnitud física cualquiera en un sistema termodinámico abierto*; en estos últimos "lo que se acumula es igual a lo que entra menos lo que se

---

<sup>7</sup> Hablando un poco acerca de la calidad de las utilidades de una empresa, hay que decir que ésta mejora cuando se contabilizan los inventarios según el método LIFO, dado que cuando los precios de los productos aumentan debido a la inflación, dicho método da lugar a un más alto costo de ventas y en consecuencia a más bajas utilidades.

consume más lo que se genera menos lo que sale”. Este cálculo residual de lo que se acumula en un sistema ingenieril es precisamente el mismo que se lleva a cabo para calcular el *patrimonio* en un sistema administrativo, como la diferencia “activos menos pasivos”.

## 5. ¿QUÉ SIGNIFICAN “COMMODITIES” Y “SPECIALTIES”?

Para terminar el presente artículo, se toman prestadas dos palabras de la jerga de las *industrias químicas* como las que encabezan el presente numeral. La primera hace referencia a los productos químicos que se obtienen y se utilizan en grandes cantidades bien sea como productos intermedios o productos finales; la segunda, como lo sugiere su nombre, hace referencia a productos químicos especializados los cuales, por sus características, son objeto de un menor volumen de ventas tanto en dinero como en unidades, dados sus altos costos unitarios. Ejemplos de los primeros son: ácido sulfúrico, soda caústica, carbonato de calcio, hipoclorito de sodio, etc.; ejemplos de los segundos son: dióxido de titanio, catalizadores, termoaceites, especies de alta pureza para análisis químicos, etc.

El “préstamo” al que se hacía alusión en el párrafo anterior consiste en clasificar (en un orden aleatorio) algunas componentes ó características de los procesos administrativos de acuerdo con los significados anteriores, los cuales se enlistan en el siguiente cuadro:

<b>Commodities</b>	<b>Specialties</b>
Reactividad	Proactividad
Calidad	Mejoramiento Continuo
Planeación Estratégica	Pensamiento Estratégico
Investigación de Mercados	Inteligencia Comercial
Optimización Local	Balance de Fuerzas
Costos de la Sí Calidad	Costos de la No Calidad
Productos	Servicios
Eficiencia	Mejores Prácticas
Control	Seguimiento
Poder	Autoridad
Individuos	Grupos (Equipos)
Factores Críticos de Éxito	Procesos
Responsabilidad	Resultados
Éxito	Ética
Creatividad	Innovación
Organigrama	Estructura Organizacional
Interno	Entorno
Jefes	Coaches
Ventajas Comparativas	Ventajas Competitivas

Como puede verse en el cuadro anterior, a la izquierda aparece una radiografía de las organizaciones tradicionales, mientras que a la derecha aparece una radiografía de las organizaciones modernas. No es

difícil concluir que los componentes de la columna izquierda son sólo prerequisites de los correspondientes componentes de la columna derecha, y los primeros no deben caracterizar, ni individualmente, ni en conjunto, a las mejores empresas.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Finalmente se puede concluir que existen analogías entre los sistemas ingenieriles y los sistemas administrativos, tal como se evidencia en el desarrollo de los distintos numerales; se puede afirmar que en los sistemas administrativos se presentan relaciones de funcionalidad similares a las encontradas en la Naturaleza misma. El principal aporte del presente artículo consiste precisamente en destacar estas analogías. En un próximo artículo de esta serie, se pretende complementar lo expuesto aquí, con otras situaciones paralelas entre las ciencias de la Administración y las ciencias de la Ingeniería.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] MORGAN, Gareth. “Images of Organization”. Newburg Park, CA: Sage Publications, Inc., 1986, 421 pp.
- [2] NELLIGAN, Mauricio. “La Guía del Buen Vivir”. México D.F. : Editorial Diana S.A., 1995, p. 16.
- [3] RIOS AGUIRRE, Luis Guillermo y MUSTAFÁ IZA, Yamal. “Origen de los Actuales Procesos Administrativos”. En: Scientia et Technica, Pereira: Universidad Tecnológica, No. 24, 2004, pp. 231-236.
- [4] KALLEWAARD ECHEVERRI, Valentina, RIOS AGUIRRE, Luis Guillermo, y VANEGAS USECHE, Libardo. “Manufactura de Clase Mundial”. En: Scientia et Technica, Pereira: Universidad Tecnológica, No. 14, 2000, p. 133.
- [5] CEBALLOS RAMÍREZ, Alfredo. “Recetas para Reinventar la Promoción de Exportaciones”. En: El Espectador, 10 de Enero de 1999, p. 6B.