

UN CASO DE EMPODERAMIENTO EN LA INDUSTRIA QUIMICA¹

MARCOS SINGER²,
PATRICIO DONOSO

ABSTRACT

Empowerment (giving others, within operative levels, a certain degree of decision-making power) is one of the requirements to execute quality management programs. The autonomy afforded by empowering others could be detrimental to systems where complexity and variability is high, as local decisions may have undesired consequences in the system as a whole. To resolve the conflict between empowerment and strategic issues, we propose a method based on the Open Systems Theory: sections of a certain firm are seen as a system that must reach imposed objectives. The head of each section has the freedom to decide how to reach the given objective, by defining and delegating goals for the subsystems. This technique was implemented in a chemical plant as a pilot. From this analysis we derived a set of proposals to improve monitoring and management capacity. The results of the first eight months after the implementation are promising.

Keywords: Quality management, QM, Total quality management, TQM, empowerment, Open systems theory, Chemical industry

JEL Classification: M11, M12, M13

RESUMEN

El empoderamiento (delegación en los niveles operativos de cierto ámbito de la toma de decisiones) es uno de los principios de la gestión de calidad. En sistemas de alta complejidad y variabilidad, la autonomía puede ser perjudicial, pues decisiones locales pueden afectar negativamente a la organización como un todo. Para conciliar el empoderamiento con el alineamiento organizacional, proponemos una metodología basada en la teoría de sistemas abiertos: cada sistema

¹ Esta investigación ha sido parcialmente financiada por FONDECYT, proyecto 105/1021. Se realizó con el apoyo de la empresa SQM. Agradecemos afectuosamente a: María Virginia "Marivi" Ramírez, Marcela Matus, Carlos Nakousi, Alejandro Gutiérrez, Juan Ariztía, Diego Matamala y al personal de la planta SOP.

² Correspondencia a: Escuela de Administración, Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago Chile. (562) 354-7214, Fax: (562) 553-1672. singer@faceapuc.cl

representa una sección de la empresa que debe cumplir ciertas condiciones de borde que se le han impuesto. El encargado de cada sección tiene la libertad para decidir cómo cumplir esas exigencias, lo que implica definir las condiciones de borde de los sistemas internos o subsistemas. Con el objeto de evaluar esta metodología, realizamos una experiencia piloto en una planta química. A partir del análisis de sistemas derivamos un conjunto de propuestas para mejorar la capacidad de monitoreo y de gestión. Lo anterior se tradujo en promisorios resultados durante los primeros ocho meses de implementación de las mejoras.

La “gestión de calidad” (*quality management* QM o *total quality management* TQM) es una filosofía de gestión que involucra a todo el personal, especialmente el operativo, en la búsqueda del mejoramiento continuo. Según Sousa y Voss (2002), en la actualidad existe un fuerte consenso de que TQM impacta positivamente en la calidad de los procesos y de los productos. También existe consenso, aunque la evidencia es menos concluyente, de que la gestión de calidad mejora el desempeño financiero, lo que se traduce en mayores retornos accionarios en el mediano plazo (Hendricks y Singhal, 2001).

Manz y Stewart (1997) argumentan que la concepción tradicional de TQM promueve la estabilización de los procesos y la estandarización de los procedimientos. Gracias a esta metodología, fábricas, bancos, agencias gubernamentales e instituciones de diversa índole han logrado entregar productos y servicios cumpliendo de manera sistemática sus especificaciones de diseño. Por el contrario, las empresas que explotan recursos naturales usualmente se proveen de insumos altamente heterogéneos, por lo que estabilizar su operación resulta “contra natura”, especialmente aguas arriba en el proceso productivo.

El propósito de este artículo es mostrar cómo algunas prácticas de TQM pueden adaptarse a ambientes de alta variabilidad y complejidad. Una de ellas es el “empoderamiento” (*empowerment* en inglés), que consiste en delegar en los trabajadores la autoridad para evaluar, implementar y controlar los procesos de negocio. La Sección I describe los principales condicionantes del empoderamiento que, según Jensen y Meckling (1998), permiten aprovechar el conocimiento técnico del personal operativo: i) la determinación de espacios de autonomía para la toma de decisiones y ii) la construcción de un sistema de información del desempeño. Aunque en sistemas estables (i) tiene un efecto acotado, en sistemas de alta variabi-

lidad y complejidad produce una contradicción con el funcionamiento alineado de la organización. Si el sistema opera de manera vulnerable, cualquier acción local puede desestabilizarlo por completo. La Sección II concilia (i) con el alineamiento organizacional proponiendo una metodología de gestión basada en la teoría de sistemas abiertos: cada sistema representa una sección de la empresa que debe cumplir las condiciones de borde que se le han impuesto. El encargado de cada sección tiene la libertad para decidir cómo cumplir esas exigencias, lo que implica definir las condiciones de borde de los sistemas internos o subsistemas de manera sucesiva hasta llegar a aquellos a cargo de operarios. La Sección III pone en práctica esta metodología en una planta química de la empresa Sociedad Química y Minera de Chile S.A. (SQM) situada en el Salar de Atacama. Finalmente, la Sección IV presenta las conclusiones de nuestro trabajo.

I. LAS BASES DEL EMPODERAMIENTO

Waldman (1994) y Easton y Jarrell (1998) caracterizan TQM mediante una serie de prácticas, tales como el foco en el cliente y la relación con el proveedor, la gestión de procesos, la administración con índices objetivos, etc. Aunque Ahire, Golhar y Waller (1996) muestran que el empoderamiento es uno de los factores determinantes en el desempeño de la firma, Reger *et al.* (1994) advierten que es muy difícil de implementar. Si no se redefinen adecuadamente los roles de supervisión, la estructura organizacional, los objetivos de las unidades y las competencias de las personas, TQM puede terminar en un rotundo fracaso.

Spreitzer (1995) identifica cuatro condicionantes para lograr un genuino empoderamiento del trabajador: locus de control interno, la retroalimentación de información, el uso de incentivos y la autoestima del trabajador. El locus de control interno es la percepción que tiene el trabajador de que las condiciones del lugar de trabajo dependen principalmente de sí mismo, no de fuerzas externas. Esta percepción es realista sólo si el trabajador dispone de cierta autonomía, es decir, grados de libertad para determinar las actividades y procedimientos necesarios para cumplir con la tarea encomendada. Para Waldman (1994), esta autonomía tiene un efecto positivo siempre y cuando le permita al trabajador influir de manera efectiva tanto en su propio desempeño como en el de la organización. Un ejemplo en la dirección contraria fueron los *círculos de calidad*. Estos círculos consistían en

comités de trabajadores de diversas áreas de la firma que se reunían periódicamente para proponer ideas de mejoramiento, cuya aceptación dependía de estamentos superiores. Aunque este mecanismo rindió frutos de corto plazo, según Sillince *et al.* (1996) no logró sostenerse en el tiempo, pues la estructura del círculo no coincidía con la organización de la operación del día-a-día, y porque los trabajadores carecían de autoridad para ejecutar sus propias recomendaciones. Por el contrario, Banker *et al.* (2001) señalan que formas autónomas de participación, como los equipos de mejoramiento, sí logran mantener la efectividad, dada su fuerte influencia en la toma de decisiones.

La retroalimentación de información (*feedback* en inglés) le indica al personal con qué efectividad está realizando su trabajo. Debe comunicar los objetivos de la organización a los trabajadores, de manera de crear en ellos un sentido de misión que estimule su iniciativa (Lawler, 1992), e informarles acerca de su desempeño, para que orienten sus decisiones y refuercen su motivación. Dodd y Ganster (1996) estudian cómo interactúan la autonomía y la retroalimentación con el desempeño y la satisfacción personal en ambientes de alta y de baja variabilidad. Mediante un experimento en que los participantes deben detectar un número de errores en un texto, se muestra que la autonomía aumenta la satisfacción personal y produce un mejoramiento del 16 por ciento en el desempeño. También se observa que cuando se goza de alta autonomía, la retroalimentación contribuye en un 16 por ciento al mejoramiento del desempeño. En un ambiente estable y rutinario, clásico de TQM, la autonomía y una mayor retroalimentación no afectan significativamente ni la motivación ni el desempeño. En resumen, la autonomía y la retroalimentación sólo son relevantes en un contexto de alta variabilidad, como el que estamos estudiando en este trabajo.

El empoderamiento permite a los operarios imaginar e implementar procedimientos novedosos. La retroalimentación evalúa los resultados y selecciona las mejores prácticas. La repetición de este ciclo de prueba-evaluación-selección se traduce en aprendizaje organizacional, que es una fuente esencial de las ventajas competitivas de la firma (Osterloh y Frey, 2000). El uso de incentivos consiste en reconocer y premiar el buen desempeño mostrado por el trabajador gracias a conductas que logran mayor productividad y calidad. Según Kirsch (1996), no deben entregarse incentivos de inmediato, sino como resultado de un proceso de monitoreo y de mejoramiento. No analizaremos esta herramienta en más detalle, pues estamos

enfocados en la implantación inicial del empoderamiento.

La autoestima está relacionada con los antecedentes psicológicos de la persona, los que tampoco están dentro del ámbito de este trabajo. Aparte de la facultad de la empresa de seleccionar al personal que cumpla con un nivel mínimo de adecuación, es poco lo que una firma puede hacer para afianzar estas condicionantes. Si el trabajador se considera una víctima indefensa de las circunstancias, o se siente inseguro de sus capacidades personales, es improbable que la empresa pueda empoderarlo en su trabajo.

Manz y Stewart (1997) advierten que la delegación de la toma de decisiones puede causar inconvenientes si no la dirige un ente coordinador. A modo de ejemplo, Singer *et al.* (2003) analizan un sistema que enfrenta una función de demanda sensible a la calidad. Cada una de sus dos unidades decide autónomamente cuánto invertir en infraestructura para la calidad (capacitación, instrumentos, control estadístico, etc.). Dado que el costo de la inversión es asumido íntegramente por la unidad pero es aprovechado por el sistema en su conjunto, la calidad se convierte en un “bien público”. El resultado es que cada unidad subinvierte, pues le es conveniente que la otra costee la calidad, y la demanda resulta inferior a la que se hubiera alcanzado de haberse invertido de manera óptima. Para superar este problema del *free-rider*, Eisenhardt (1989) propone vincular los incentivos tanto a resultados finales (en el ejemplo de Singer *et al.*, a la calidad de los productos manufacturados) como a comportamientos intermedios (al nivel de inversión en infraestructura de cada una de las unidades).

La contradicción entre la autonomía y el alineamiento puede producirse en cualquier implementación del empoderamiento, aunque se agudiza en sistemas de alta variabilidad ya que los procesos inestables son susceptibles de salir de sus rangos de operación de manera irrecuperable. La pérdida de control obliga a realizar detenciones y posteriores puestas en marcha, lo que implica lucro cesante y costos adicionales. La complejidad de los sistemas impone una dificultad adicional, puesto que si no se entiende a cabalidad su lógica de funcionamiento, muchas acciones que intentan corregir algún problema local pueden tener consecuencias inesperadas.

II. DESCOMPOSICION JERARQUICA DE SISTEMAS

En la medida de que las organizaciones crecen en complejidad, las relaciones se vuelven más interdependientes, lo cual tiende a complicar su

lógica de funcionamiento y a hacer más subjetivos sus índices de desempeño. Para reducir esa complejidad, Moldoveanu y Bauer (2004) explican que las organizaciones evolucionan hacia unidades separables, lo cual coincide con la teoría de sistemas que describimos a continuación. Waldman (1994) define un sistema como una red de unidades y procesos que interactúan para alcanzar algún objetivo. Cada sistema constituye un “todo coherente” que está inserto en un supra sistema y está formado por subsistemas. Denominamos sistema abierto al sistema que interactúa con su supra sistema, a diferencia de los sistemas cerrados que están aislados del medio.

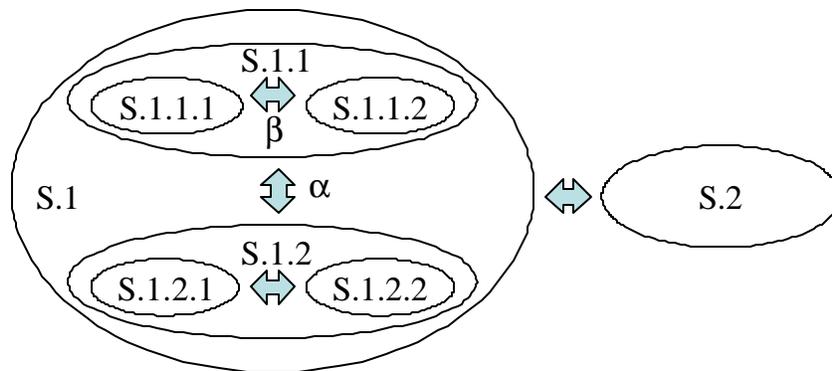
La empresa es una organización que coordina a un conjunto de personas y a una determinada infraestructura física con el propósito de crear valor económico. Está compuesta por unidades y sub unidades, y a su vez pertenece a un mercado. Esta descripción explica por qué la teoría de sistemas se ha utilizado para estudiar la empresa desde hace décadas (Johnson *et al.*, 1964). De acuerdo con Morel y Ramanujam (1999), concebir las organizaciones como sistemas dinámicos en constante evolución, constituidos por partes que interactúan entre ellas y con el medio, es algo casi evidente hoy en día. McKelvey (1999) adopta este marco conceptual para estudiar la implementación de cambios positivos al interior de la organización, en tanto Rivkin (2000) lo utiliza para analizar la capacidad de predicción del comportamiento de la firma.

Manz y Stewart (1997) aseguran que la filosofía TQM implícitamente concibe los sistemas como si éstos fueran cerrados, pues exagera la importancia de los procesos internos por sobre la interacción con el medio. Su argumento referencia, entre otros, a Deming (1986 pp. 321), para quien la calidad es posible gracias a un funcionamiento estable de la firma, logrado mediante un adecuado diseño de los procesos de trabajo. Es así como gran parte de la literatura se enfoca en reducir la variabilidad, por ejemplo, estandarizando procedimientos y materias primas. Pero en sistemas cuyas condiciones del medio son dinámicas, reducciones en la variabilidad no son efectivas; en cambio, un alto grado de adaptación logra adecuados niveles de calidad. De nada le sirve a una organización congelar su operación si sus insumos son inevitablemente heterogéneos, o si los productos y servicios que debe generar cambian continuamente. En ambientes de condiciones cambiantes, la supervivencia de la firma requiere de una versión de TQM adaptable, es decir, basada en sistemas abiertos.

La teoría de sistemas abiertos simplifica la complejidad jerarquizando la

interacción entre los componentes de la organización, tal como lo sugiere la Figura 1. El sistema S.1 se descompone en dos subsistemas, S.1.1 y S.1.2, los cuales interactúan de una manera α . S.1.1 se descompone a su vez en S.1.1.1 y S.1.1.2, los que interactúan de cierta forma β . Gracias a esta encapsulación, la interdependencia del sistema S.1 y S.2 puede estudiarse sin tener que indagar la relación entre S.1.1.1 y S.1.1.2. Esta descripción puede ser homologada a la anatomía de los organismos vivos, lo cual justifica que la teoría de sistemas haya sido propuesta originalmente por el biólogo Ludwig Von Bertalanffy (1950).

FIGURA 1
JERARQUIA DE INTERACCION



Adaptando la definición de Von Bertalanffy (1950) a la administración de empresas, un sistema abierto cumple las siguientes características:

- a) Interactúa con el medio a través de flujos de entradas y salidas de materia, energía, información, etc. Siguiendo el principio de parsimonia de Morel y Ramanujam (1999), el intercambio entre el sistema y el medio se realiza a través de una frontera o piel, y se circunscribe a un número limitado de elementos.
Para disponer de una descripción fidedigna del funcionamiento del sistema productivo, cada uno de los flujos debe ser caracterizado en términos de sus atributos más relevantes y medidos con la periodicidad

y confiabilidad adecuadas. También debe implementarse la informática que almacene, transmita y presente los datos a los operadores para cumplir con la condición señalada por Spreitzer (1995) y por Dodd y Ganster (1996) de acceso a la información. En caso de no disponerse de los mecanismos de monitoreo, es improbable que pueda controlarse adecuadamente el sistema, razón por la cual la adquisición de tales mecanismos debe ser prioritaria.

- b) El sistema intenta alcanzar un determinado régimen estable, denominado equilibrio dinámico u *homeostasis*, independientemente de las condiciones iniciales y las circunstancias externas. Esta propiedad, denominada *equifinalidad*, no puede darse en sistemas cerrados, cuyo estado final es un equilibrio estático que sí depende de las condiciones iniciales. En organizaciones con fines de lucro, el objetivo primordial es la generación de valor económico. Lockamy y Spencer (1998) traducen este objetivo a la operación de plantas productivas como la maximización de la utilidad neta, del retorno sobre la inversión y del flujo de caja. Lo anterior debe hacerse satisfaciendo la *factibilidad tecnológica* del sistema productivo, que según Moldoveanu y Bauer (2004) acota las metas de generación de valor. En lo que sigue, asumiremos que tales metas están definidas como *condiciones de borde* para cada período del horizonte de planificación del sistema principal, al cual denominamos *sistema de nivel 0*.
- c) Al interior de la piel, la dinámica del sistema está relativamente aislada del medio. Gracias a esta relativa autonomía, es posible determinar las relaciones de causa y efecto que describen el comportamiento de los flujos de entrada y de salida del sistema sólo en función de los componentes internos. La lógica interna depende de la acción e interacción de los diferentes subsistemas, a los cuales se les atribuyen las mismas características (a) - (d) aquí descritas. Esta atribución de propiedades del todo a las partes corresponde a la propiedad *fractal* o de *auto-similitud* de los sistemas.

Según Coyle (1983), uno de los aspectos más difíciles de la Investigación de Operaciones es la “descripción del sistema a ser investigado de una manera coherente que permita mostrar la interrelación con sus subsistemas y sub-problemas”. Podemos señalar que son candidatos a constituir un subsistema las secciones que:

- Se les puede asociar verbalmente un rol específico y acotado.

- Tienen una lógica de comportamiento coherente y comprensible, lo cual facilita su administración autónoma.
 - Están fuertemente acopladas en la interacción de sus componentes, y relativamente desacopladas respecto del medio.
- d) Los flujos de salida son diferentes a los flujos de entrada, como resultado de un proceso de transformación o *metabolismo* realizado por el sistema. La transformación es posible mediante la regulación del proceso de intercambio con el medio, esto es, de alimentación de insumos y de generación de productos, y el control del intercambio entre subsistemas (Coyle, 1983). Para cumplir con el metabolismo, subdividimos cada período de planificación del sistema de nivel 0 de, por ejemplo un día, en sub-períodos de, por ejemplo, 12 horas cada uno. De esta manera, el administrador del sistema de nivel 0 cumple sus metas cada 24 horas auto imponiéndose metas parciales cada 12 horas, y determinando metas para cada uno de los subsistemas, también cada 12 horas. Coherentemente con la propiedad fractal, las variables definidas por el administrador de nivel 0 pasan a ser las condiciones de borde para los administradores de los sistemas de nivel 1. En este nuevo nivel repetimos la metodología definiendo sistemas de nivel 2 y los flujos que los conectan, y determinamos una nueva subdivisión temporal, por ejemplo, en períodos de 4 horas. Los administradores de nivel 1 disponen de una autonomía análoga a la del administrador de nivel 0. En caso de existir administradores de nivel 2, la planificación ocurre de manera similar, y así sucesivamente, hasta llegar a subsistemas que ya no pueden ser delegados.

III. APLICACION EN UNA PLANTA QUIMICA

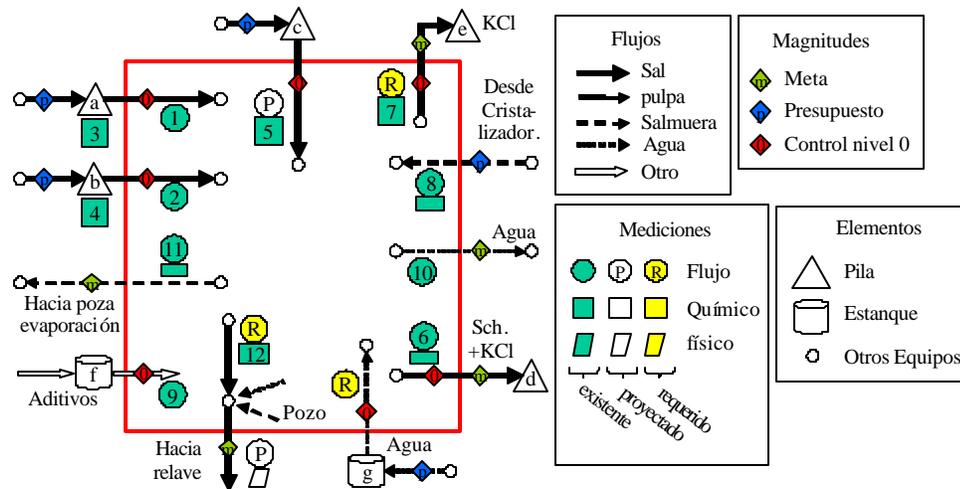
La empresa chilena SQM es líder mundial en la producción de ciertos fertilizantes de especialidad, con ventas en 2004 de 750 millones de dólares. Una de sus plantas, ubicada en el Salar de Atacama, produce aproximadamente 250 mil toneladas de sulfato de potasio. En ella la compañía decidió aplicar los conceptos de TQM, experiencia que describimos a continuación omitiendo o modificando ciertos detalles técnicos de manera de resguardar información confidencial. Para simplificar la presentación, consideraremos como sistema de nivel 0 una sección de la planta, encargada de producir dos compuestos: Schoenita ($MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 6H_2O$) y Muriato de Potasio

(KCl). Estos compuestos se producen a partir de sales quinarias obtenidas de pozas de evaporación de la salmuera extraída del salar.

A. *Análisis de Sistemas*

Siguiendo la metodología descrita en la Sección 3, el primer paso consiste en definir los principales flujos del sistema, y verificar cómo están siendo monitoreados. Como lo muestra la Figura 2, pueden darse tres situaciones: el flujo está siendo actualmente monitoreado, el equipo de monitoreo está proyectado, o dicho equipo no está proyectado y es requerido de acuerdo con nuestro análisis de sistemas. Los principales insumos provienen desde las pilas a, b y c. Los flujos de entrada desde las pilas a y b están monitoreados por los pesómetros (medidor de flujo en la correas de transporte) 1 y 2. Su calidad química es controlada indirectamente con los análisis 3 y 4 a las sales almacenadas en tales pilas. El flujo desde la pila c es monitoreado por el análisis químico 5, en donde está proyectado un pesómetro. El principal flujo de producción se destina a la pila d de Schoenita y KCl y es monitoreado flujo-químicamente cada cuatro horas por los instrumentos 6. Ocasionalmente se produce KCl a ser almacenado en la pila d, y si bien es analizado químicamente mediante 7, no se mide el flujo, razón por la cual propusimos instalar un pesómetro. Los otros insumos relevantes son la salmuera proveniente de un cristalizador, monitoreada flujo-químicamente mediante 8, un aditivo almacenado en el estanque f cuyo flujo de entrada lo mide el flujómetro (medidor de flujo líquido) 9 y agua industrial almacenada en el estanque g, cuyo flujo no es medido, lo que demanda instalar un flujómetro. Otros productos relevantes son agua industrial medida por 10 y una salmuera monitoreada flujo-químicamente por 11 a ser enviada a una poza de evaporación. Por último, el sistema también genera un relave (desecho), el cual es mezclado con salmuera de pozo y con agua para darle fluidez. Al momento de este estudio estaba planificado instalar un flujómetro y análisis físico. Sin embargo, para el control del sistema propusimos instalar un flujómetro junto al análisis químico 12, pues de esa manera se distinguirá con precisión el flujo de salida del sistema.

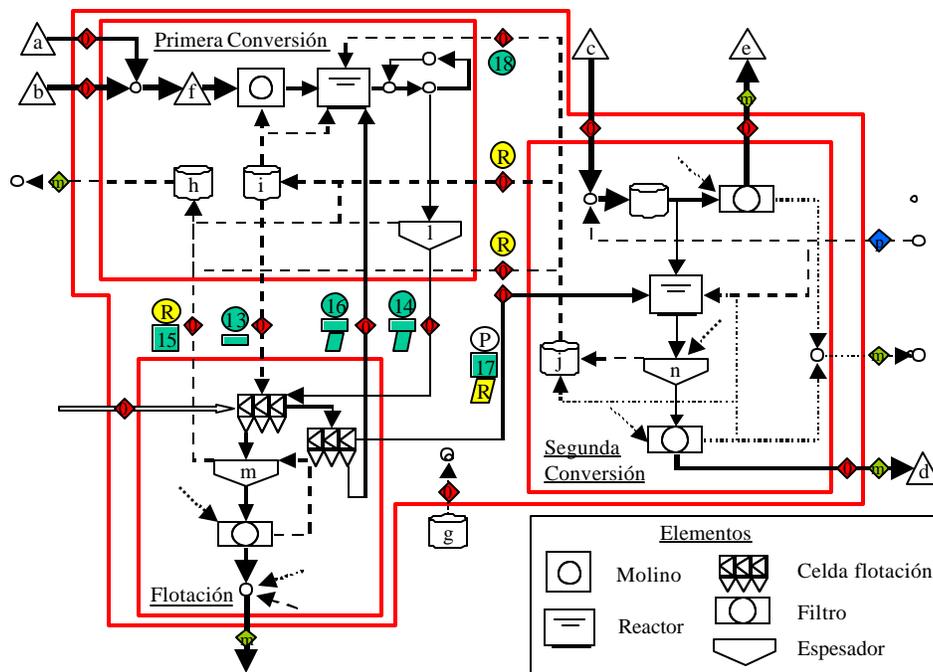
FIGURA 2
DEFINICION DE LAS CONDICIONES DE BORDE DE NIVEL 0



Subdividimos el sistema de nivel 0 en los tres subsistemas de la Figura 3: “Primera Conversión”, “Flotación” y “Segunda Conversión”. La Primera Conversión tiene la función de realizar una transformación química inicial utilizando la salmuera del flujo 18. El subsistema de Flotación debe separar la pulpa a procesar de las sales, las cuales son posteriormente eliminadas como relave. La Segunda Conversión realiza una nueva transformación química de la pulpa, la cual es espesada y filtrada para convertirla en Schoenita y KCl. Aunque la Primera Conversión y la Flotación muestran un fuerte acoplamiento (flujos 13 y 14 hacia la Flotación y flujos 15 y 16 hacia la Primera Conversión) los consideramos como subsistemas separados pues su lógica de funcionamiento es completamente distinta. De ello concluimos la necesidad de adquirir el flujómetro 15. El principal flujo de salida de la Flotación es el 17, que va hacia la Segunda Conversión y al momento del estudio se tenía planificado la instalación de un flujómetro. Además juzgamos necesario agregar un análisis físico. Desde la Segunda Conversión

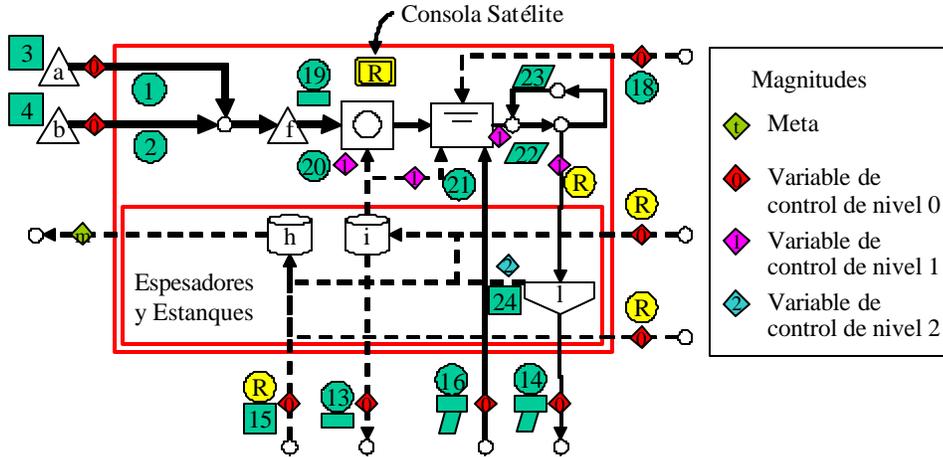
regresa salmuera a los estanques de la Primera Conversión, los cuales propusimos que sean medidos por flujómetros.

FIGURA 3
DEFINICION DE SUBSISTEMAS Y FLUJOS DE NIVEL 0 (METAS DE NIVEL 1)



La Figura 4 muestra el sistema de nivel 1 de Primera Conversión, el cual consta de un sistema de nivel 2 llamado “Espesadores y Estanques”, administrado por un operario diferente dada la lejanía física de este equipamiento. Para monitorearlo propusimos instalar un flujómetro.

FIGURA 4
DEFINICION DE FLUJOS DE NIVEL 1 DE LA PRIMERA CONVERSION



El Cuadro I muestra el resumen de requerimientos de equipos de monitoreo que deducimos del análisis de sistemas abiertos.

CUADRO I
PROPUESTAS DE EQUIPAMIENTO DE MONITOREO

Equipamiento	Ilustración
Pesómetro a la pila d	2
Flujómetro desde el estanque g	2
Flujómetro junto al análisis químico 12	2
Flujómetro desde Flotación a Primera Conversión	3
Análisis físico hacia Segunda Conversión	3
Flujómetros desde S. Conversión a P. Conversión	3
Flujómetro a Espesadores y Estanques	4

B. Propuestas de Gestión

Si bien la determinación de la equifinalidad es un problema fuera del ámbito de este trabajo, podemos señalar algunos aspectos generales. Preservando que su composición química esté dentro de ciertos rangos de calidad, la producción de Schoenita y KCl debe maximizarse. El flujo hacia la poza de evaporación significa una pérdida transitoria de insumos, ya que éstos pueden ser recuperados en el futuro en forma de sal una vez que la poza se haya evaporado. El flujo hacia relave, en cambio, se pierde definitivamente por lo cual conviene disminuir la presencia de los dos componentes más importantes: el sulfato (SO_4) y el potasio (K). La producción de KCl sólo ocurre en caso de ser necesaria, dependiendo de la composición química de las sales alimentadas a la planta. El uso de los insumos debe ser el menor posible dado un nivel de producción, es decir, debe maximizarse el rendimiento. Con el objetivo de no acumular remanentes que luego no puedan ser utilizados, el consumo entre las pilas a y b debe ser balanceado. Por último, interesa mantener la continuidad de operación, pues las detenciones no-programadas perjudican la productividad.

A excepción de la salmuera desde el cristalizador, cuyas características no pueden ser determinadas a voluntad, se propuso que todas las consideraciones descritas en el párrafo anterior sean traducidas por el jefe de operaciones a metas de producción y presupuestos de uso de insumos. De esta manera el jefe de operaciones cumple el rol de dueño del sistema, determinando las condiciones de borde que le permiten interactuar con los otros sistemas de la planta.

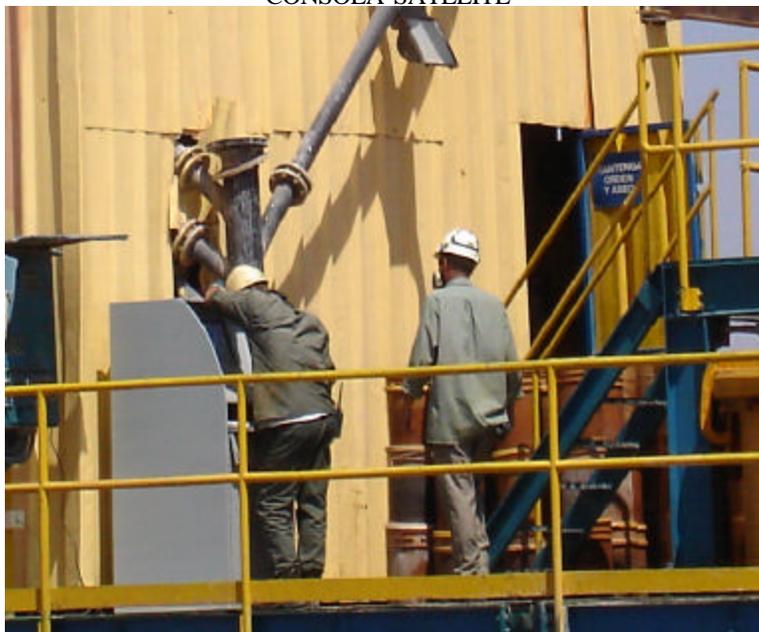
El rol de administrador de nivel 0 lo cumple cada jefe de turno, definiendo las variables de control de nivel 0 para períodos de 4 horas. La mayoría de las lecturas de instrumentos se realizan con dicha periodicidad, por lo que si fijáramos metas más frecuentes, no podría controlarse su cumplimiento. La Ilustración 2 muestra las variables de interacción con el medio. La Ilustración 3 muestra las variables de interacción entre los subsistemas.

El rol de administrador de nivel 1 lo ejecutan los operadores, procurando cumplir las condiciones de borde impuestas por el jefe de turno. Dado que están físicamente en la planta y pueden monitorear directamente las variables de control, a diferencia del jefe de turno, realizan la regulación de los sistemas de nivel 1 de manera continua. Por ejemplo, el operador a cargo

de la Primera Conversión ajusta permanentemente la granulometría del flujo 22 que sale del reactor (Figura 4). También determina el flujo de salida 20 y 21 del subsistema de Espesadores y Estanques, así como el flujo de entrada a dicho subsistema. Estas decisiones de nivel 1 son las condiciones de borde del sistema de nivel 2, las cuales deben ser cumplidas por el respectivo administrador, controlando la química del flujo 24.

Recordando la importancia de la retroalimentación de información, propusimos instalar *consolas satélites* en cada uno de los sistemas de nivel 1 con el objetivo de que los operarios accedan continuamente a la información que requieren. La Figura 4 muestra la localización de la consola satélite de la Primera Conversión, desde donde además son físicamente visibles los equipos críticos. Cada consola se asemeja a un cajero automático de banco (Figura 5). Su pantalla muestra la información de los equipos capturada en línea desde la consola central de la planta. Los operadores no controlan directamente los instrumentos, por lo que se les entregaron *walkie-talkies* para que puedan comunicarse con el operador de la consola central.

FIGURA 5
CONSOLA SATELITE



Una planta de producción tradicional limita el rol de los operadores a registrar lecturas de los instrumentos, realizar labores de mantenimiento y limpieza, destrabar equipos en caso de obstrucción, etc. El empoderamiento complementa esta función operativa con una nueva actitud hacia el trabajo. El Cuadro II muestra el cambio de rol de supervisores y operarios debido a la implementación de TQM.

CUADRO II
ROLES CON Y SIN EMPONDERAMIENTO

Sin Emponderamiento	Con Emponderamiento
Sólo el jefe de turno y el operador de la consola central revisan los indicadores de desempeño de la planta.	El jefe de turno y el operador de la consola central revisan los indicadores. Los operarios también tienen acceso a la información mediante las consolas satélites.
Los jefes de turno dan instrucciones específicas a los operadores.	Los jefes de turnos definen condiciones de borde para los sistemas de cada operador.
Los operadores sólo siguen las instrucciones del jefe de turno.	Los operadores toman sus propias decisiones en sus áreas de responsabilidad.
Los operadores son pasivos; no opinan acerca del estado de la planta.	Los operadores son proactivos. Se les provee de <i>walkie-talkies</i> para que puedan comunicarse entre ellos, con el jefe de turno y con el operador de la consola central.
Los operadores escriben en papel la información obtenida de los instrumentos, la cual es posteriormente transferida al sistema central de monitoreo.	Los operadores registran la información directamente en las consolas satélite. De esta manera se dispone de la información en forma inmediata.
Los operadores son supervisados solamente por el jefe de turno.	Los operadores siguen siendo supervisados por el jefe de turno y paralelamente por sus clientes internos, es decir, otros operarios.
Los operarios usan cascos amarillos, normalmente usados por los trabajadores de más baja jerarquía.	Los operadores usan cascos blancos, normalmente reservados para los supervisores.
Los trabajadores externos, tales como del servicio de limpieza, sólo siguen instrucciones del jefe de turno.	Los trabajadores externos también siguen las instrucciones de los operarios, ya que ahora usan cascos blancos.

El Cuadro III muestra el resumen de las propuestas de gestión. La habilitación de consolas satélite puede interpretarse también como una propuestas de equipamiento de monitoreo.

CUADRO III
PROPUESTAS DE GESTION DE LA OPERACION

Traducir los objetivos de creación de valor en índices y metas
Delegar en el jefe de turno la administración de nivel 0
Delegar en los operadores la administración de nivel 1 y 2
Habilitar consolas satélite en cada sistema de nivel 1
Empoderar a los operarios de acuerdo con el Cuadro II

C. Prueba Piloto y Resultados Preliminares

Para validar nuestras propuestas diseñamos la siguiente experiencia piloto. Sólo uno de los equipos de trabajo, integrado por el jefe de turno de iniciales P.B. y sus operarios a cargo, adoptó la filosofía de empoderamiento. El resto de los equipos mantuvieron el esquema tradicional de trabajo, en el cual el jefe de turno centraliza la toma de decisiones. El empoderamiento de los operadores obligó a reasignar su distribución física, ya que originalmente supervisaban equipamiento próximo entre sí. En la Figura 3 los estanques g, h, i y j junto con los espesadores l, m y n estaban todos a cargo de un operario. Un segundo operario estaba a cargo de los equipos de la Primera Conversión, salvo la pila f y los estanques h e i y el espesador l. Un tercer operador estaba a cargo de los equipos del subsistema de Flotación y de la Segunda Conversión, salvo el estanque j y los espesadores m y n. La reasignación de responsabilidad obligó a capacitar a los operarios tanto en aspectos técnicos, por la reasignación física de la responsabilidad, como en aspectos de gestión, dado el cambio de paradigma de trabajo descrito en el Cuadro II.

La experiencia piloto la realizamos entre noviembre de 2003 y junio de 2004. Para evaluarla, comparamos al equipo de trabajo en estudio con los otros equipos utilizando el *análisis envolvente de datos*. Tal como lo explican Grifell-Tatjé y Lovell (1999), representamos el desempeño de cada turno como un vector de indicadores de gestión. Aquellos vectores que no

son dominados por ninguna combinación convexa de otros vectores, conforman la denominada “frontera de eficiencia” o “frontera de Pareto”. En base a esta definición, decimos que un turno es eficiente si su cercanía a la frontera es de 1 = 100 por ciento. Si su cercanía es de 0,7 = 70 por ciento, tendríamos que ponderar los componentes del vector de desempeño en $1/0,7 = 1,42$ para alcanzar la frontera. El Cuadro IV muestra el desempeño del equipo de P.B. y de los otros equipos a cargo de los jefes de iniciales F.V., J.S., J.C., E.L. y O.Y., para los turnos de día y los de noche. La fila PROM.ANTES calcula el promedio entre mayo 2003 y octubre 2003, es decir, los meses anteriores a la experiencia piloto. La fila PROM.DESPUÉS calcula el promedio entre noviembre 2003 y junio 2004. En ambas filas exigimos que hayan tres o más observaciones. La fila CAMBIO mide el cambio porcentual entre ambos promedios.

CUADRO IV
CERCANIA A LA FRONTERA DE EFICIENCIA

	Turno de Día						Turno de Noche					
	P.B.	F.V.	J.S.	J.C.	E.L.	O.Y.	P.B.	F.V.	J.S.	J.C.	E.L.	O.Y.
Mayo	0,74	0,84	1	0,86			1	0,77	0,88	1		
Junio	0,88		1			0,82		0,85	0,84	0,87		
Julio	0,82		0,97	0,98		1		1		0,95	1	
Agosto			0,93	0,87	1	0,97		0,96	1	0,95	0,92	
Septiembre	1		0,89		0,84	0,92	1	0,94	0,94	0,95	0,86	
Octubre	0,93		0,93	0,95	1	1	1	1	1	0,83		
PROM.ANTES	0,87	*	0,96	0,91	0,95	0,94	1	*	0,94	0,92	0,93	0,93
Noviembre	1		1	0,99		0,93	1			0,98		0,97
Diciembre	0,98	1	1				1		1	1		
Enero	1	1	0,92	0,79			0,77	1	0,79	1		
Febrero		0,90		1			0,84	0,69	0,97			
Marzo	1	1	1	0,90			1	1	1	0,91		
Abril	0,95	1	0,97	0,77			1	1	1	0,80		
Mayo	0,99	1	1	0,84			1	0,97	1	1		
Junio	0,99		1	1		1	1	1		1	1	
PROM.DESPUÉS	0,99	0,98	0,98	0,90	*	*	0,95	0,94	0,96	0,96	*	*
CAMBIO [%]	13,0	*	3,1	-1,8	*	*	-4,9	*	2,4	3,5	*	*

*: la cantidad de observaciones es insuficiente para calcular promedios.

El cuadro muestra una mejora del 13 por ciento en los turnos de día del equipo de P.B. Los equipos de J.S. y de J.C., que no participaron de la experiencia piloto, muestran variaciones menos significativas. En los turnos de noche, el equipo de P.B. empeora en un 4,9 por ciento. Aun así, su promedio de 95 por ciento es similar al de sus colegas. Los equipos de J.S. y de J.C. nuevamente muestran variaciones poco significativas.

Hendricks y Singhal (2001, p. 368) advierten que las “firmas que implementan TQM deben ser pacientes, pues los beneficios se materializarán a largo plazo”. Corbett, Montes-Sancho y Kirsch (2005) explican que la certificación de calidad ISO9000 tarda en rentabilizarse por el considerable esfuerzo que demanda su implementación. Con estos antecedentes, nuestros resultados son promisorios. El personal involucrado enfrentó nuevas condiciones de trabajo y debió operar equipamiento que no le era familiar y, aun así, mantuvo un buen desempeño. También observamos un efecto en la motivación del personal, lo que permite augurar mejores resultados en el futuro. Por estas razones, la compañía decidió extender esta metodología a otras plantas de producción.

IV. CONCLUSIONES

Muchos de los principios que inspiran TQM pueden aplicarse para gestionar ambientes que, tradicionalmente, no son abordados por las técnicas de calidad total. Uno de estos principios es el empoderamiento, que aprovecha el conocimiento especializado de los operarios delegándoles cierto ámbito de la toma de decisiones.

En sistemas estables, el empoderamiento de los operarios no presenta grandes riesgos. Los sistemas deben generar productos y servicios homogéneos, con y sin TQM. Su autonomía está acotada a decidir cómo lograrlo. En ambientes inestables, en cambio, los trabajadores deciden qué y cómo producir, por lo que sus decisiones locales pueden tener efectos adversos aguas abajo en el proceso de negocio. Si el sistema además de variable es complejo, las consecuencias inesperadas de las decisiones descentralizadas pueden ser desastrosas.

Nuestra metodología resuelve el problema del control de los sistemas variables y complejos según lo sugieren Jensen y Meckling (1998). Basándonos en la teoría de sistemas abiertos, i) determinamos espacios de auto-

nomía para la toma de decisiones y ii) diseñamos sistema de monitoreo del desempeño. Mediante (i) habilitamos a los operarios para reaccionar ante las múltiples contingencias que se producen en un entorno variable, contrastando con el enfoque tradicional de TQM de estandarización de la operación. Con (ii) proveemos a los operarios de información pertinente para tomar decisiones, y generamos registros de esa información para facilitar y mejorar la evaluación del desempeño.

Los principales pasos de nuestra metodología son:

- Paso 1: determinar los principales flujos de interacción entre el sistema de nivel $n = 0$ y el medio. Verificar que se controlan con la frecuencia y precisión requerida. Identificar las condiciones de borde para tales flujos.
- Paso 2: delegar en el administrador de nivel n la toma de decisiones al interior del sistema con el objeto de cumplir con las condiciones de borde. Si el administrador de nivel n tiene personal a su cargo, continuar con el Paso 3. Si no tiene personal, parar.
- Paso 3: para el sistema de nivel n en estudio, definir los subsistemas que lo componen (sistemas de nivel $n + 1$). Delegar en el personal a cargo del administrador de nivel n la toma de decisiones al interior de los sistemas de nivel $n + 1$.
- Paso 4: obtener del administrador de nivel n la definición de cómo interactuarán los subsistemas n , determinando así las condiciones de borde de los sistemas de nivel $n + 1$.
- Paso 5: ir al paso 3 para cada uno de los sistemas de nivel $n + 1$. Al hacerlo, etiquetarlos como “el sistema de nivel n en estudio”.

Nuestras recomendaciones de instalación de instrumentos de monitoreo no fueron materia de controversia. Sin el equipamiento requerido no era posible evaluar el desempeño de los sistemas y subsistemas, ni mucho menos mejorar su desempeño. Nuestras recomendaciones en el ámbito de la gestión eran provocadoras, lo que nos obligó a validarlas mediante una experiencia piloto. Uno de los equipos de trabajo adoptó el principio de empoderamiento, en tanto los otros equipos mantuvieron el esquema tradicional de centralización de la toma de decisiones. Considerando el sistema de nivel 0, el equipo operando bajo TQM mostró resultados promisorios. En

los turnos de día mejoró su desempeño en un 13 por ciento. En los turnos de noche empeoró un 4,9 por ciento, si bien se mantuvo en el promedio del resto de los equipos. También tuvo un efecto motivador en el personal, lo que nos permite augurar las mejoras de mediano plazo reportadas por Hendricks y Singhal (2001).

BIBLIOGRAFIA

- Ahire, L.S., Golhar, D.Y. y Waller, M.A. (1996). "Development and validation of TQM implementation constructs", *Decision Sciences*, 27, 23-56.
- Banker, R.D., Field, J.M. y Sinha, K.K. (2001). "Work-team implementation and trajectories of manufacturing quality: A longitudinal field study" *Manufacturing & Service Operations Management*. 3, 25-42.
- Corbett, C.J., Montes-Sancho, M.J. y Kirsch, D.A. (2005). "The financial impact of ISO 9000 certification in the United States", *Management Science*. 51, 1046-1059.
- Coyle, R.G. (1983). "Who rules the waves? -A case study in system description", *The Journal of the Operational Research Society*. 34, 885-898.
- Deming, W.E. (1986). *Out of the crisis*. Massachusetts Institute of Technology Center for Advanced Engineering Study Cambridge.
- Dodd, N.G. y Ganster, D.C. (1996). "The interactive effects of variety, autonomy, and feedback on attitudes and performance", *Journal of Organizational Behavior*. 17, 329-347.
- Easton, G.S. y Jarrell, S.L. (1998). "The effects of total quality management on corporate performance: An empirical investigation", *The Journal of Business*. 71, 253-307.
- Eisenhardt, K.M. (1989). "Agency theory: An assessment and review", *The Academy of Management Review*. 14, 57-74.
- Grifell-Tatjé, E. y Lovell, C.A.K. (1999). "Profits and productivity", *Management Science* 45, 1177-1193.
- Hendricks, K.B. y Singhal, V.R. (2001). "The long-run stock price performance of firms with effective TQM programs", *Management Science* 47, 359-368.
- Jensen, M.C. y Meckling, W.H. (1998). "Specific and General Knowledge and Organizational Structure" en Jensen, M.C. *Foundations of Organizational Strategy*, Harvard University Press .
- Johnson, R.A., Kast, F.E. y Rosenzweig, J.E. (1964). "Systems theory and management" *Management Science*. 10, 367-384.
- Kirsch, L.J. (1996). "The management of complex tasks in organizations: Controlling the systems development process" *Organization Science*. 7, 1-21.
- Lawler E.E. (1992). *The Ultimate Advantage: Creating the High-Involvement Organization*. Jossey-Bass, San Francisco.
- Lockamy III, A. y Spencer, M.S. (1998). "Performance measurement in a theory of constraints environment" *International Journal of Production Research*. 36, 2045- 2060.
- Manz, C.C. y Stewart, G.L. (1997). "Attaining flexible stability by integrating total quality management and socio-technical systems theory" *Organization Science*. 8, 59-70.
- McKelvey, B. (1999). "Avoiding complexity catastrophe in coevolutionary pockets" *Organization Science*. 10, 294-321.
- Moldoveanu, M.C. y Bauer, R.M. (2004). "On the relationship between organizational complexity and organizational structuration", *Organization Science*. 15, 98-118.
- Morel, B. y Ramanujam, R. (1999). "Through the looking glass of complexity: The dynamics of organizations as adaptive and evolving systems", *Organization Science*. 10, 278-293.
- Osterloh, M. y Frey, B.S. (2000). "Motivation, knowledge transfer, and organizational forms", *Organization Science*, 11, 538-550.
- Reger, R., Gustafson, L., Demarie, S., Mullane, J. (1994). "Reframing the organisation: Why

- implementing total quality is easier said than done”, *Academy of Management Review*. 19, 565-584.
- Rivkin, J. (2000). “Imitation of complex strategies”, *Management Science*. 46, 824-844.
- Sillince, J.A.A., Sykes, G.M.H. y Singh. D.P. (1996). “Implementation, problems, success and longevity of quality circle programs”, *International Journal of Operations Production Management*. 16, 88-111.
- Singer, M., Donoso, P. y Traverso, P. (2003). “Quality Strategies in Supply Chain Alliances of Disposable Items”, *Omega*. 31, 499-509.
- Sousa, R. y Voss, C.A. (2002). “Quality management re-visited: A reflective review and agenda for future research”, *Journal of Operations Management*. 20, 91-109.
- Spreitzer, G.M. (1995). “Psychological empowerment in the workplace: Dimensions, measurement, and validation”, *The Academy of Management Journal*. 38, 1442-1465.
- Von Bertalanffy, L. (1950). “The theory of open systems in physics and biology”, *Science*. 111, 23-29.
- Waldman D.A. (1994). “The contributions of total quality management to a theory of work performance”, *The Academy of Management Review*. 19, 510-536.