

APRENDIENDO DEL TARRO DE BASURA:
EL PERFECCIONAMIENTO INDUSTRIAL COMO RESULTADO DEL ESTUDIO DE
LOS DESECHOS.

ANDREW KING
Stern School of Business
New York University

Aceptado por el
Departamento de Administración en Tecnología e Innovación
1994 Academy of Management Meetings

RESUMEN

En un estudio basado en diversas metodologías, encontramos que los trabajadores de control de contaminación obtienen información con respecto al tratamiento de los desechos y lo usan para generar importantes y beneficiosas innovaciones en el proceso productivo. Nosotros proponemos las condiciones que permiten a los trabajadores encargados del medio ambiente aprender a partir del estudio de los desechos, y mostramos cómo las organizaciones cambian para usar estos nuevos conocimientos.

1

¹ Esta investigación no hubiera sido posible sin el generoso apoyo del Centro de Estudios para la Administración de Innovación, del Centro Internacional para la Administración de Tecnología, del Instituto para la interconexión y embalaje de Circuitos Electrónicos y la asistencia intelectual de Tom Allen, Nancie Julian, Stephann Schrader, Marcie Tyne and Mary Tripsas

INTRODUCCION

Los conocimientos sobre los procesos de fabricación primarios (rio arriba) por lo general pasan inadvertidos hasta que se descubren durante algún proceso posterior (rio abajo). Por ejemplo, un pequeño desajuste de una bisagra de una puerta de un auto puede pasar inadvertido, hasta que el trabajador intenta colocar la puerta en el marco del auto. En un mundo ideal, uno preferiría adquirir aquella información sin demora, pero esto no siempre es posible. Por mucho que los ingenieros industriales lo intenten, rara vez pueden predecir cada criterio de rendimiento o con precisión medir todos los grados de variabilidad potencial importantes. Aún en las mejores fábricas, las operaciones rio abajo nos revelan información respecto a etapas anteriores de producción.

Está demostrado a través de una serie de anécdotas que en un proceso rio abajo como es el manejo de desechos, éste a menudo entrega información sobre el proceso productivo. Igual como un médico puede diagnosticar una enfermedad humana desde un producto de desecho, los trabajadores encargados del manipuleo de los desechos muchas veces descubren información sobre problemas generales de producción. En un ejemplo digno de premio, los trabajadores que estaban a cargo de manipular los desechos de los laboratorios centrales de 3M, se percataron de que se producían sobrevoltajes esporádicos en los desechos de sustancias químicas y que esto venía de problemas con los procesos existentes de detección, ordenamiento y almacenaje de los productos químicos. (Bringer & Benforado, 1989.) Como solución a lo anterior, estos trabajadores diseñaron un innovador programa de reciclaje y un nuevo sistema computarizado para la detección y almacenamiento de los productos químicos. 3M no es el único que se beneficia de estas experiencias. Dow, DuPont y muchas otras empresas han descubierto que ellos aprenden sobre su sistema de producción a través de un aumento en la inspección de sus desechos (Nelson, 1989, Mylonadis, 1993).

El estudio de los desechos ayuda a solucionar una paradoja que está implícita en la creciente evidencia de que "la prevención de la contaminación es rentable". Si la prevención de la contaminación realmente ahorra dinero, ¿por qué esperaron las empresas hasta que existiera una ley gubernamental para empezar a reducir la contaminación? Los economistas, en particular, alegan que tal error requeriría de un manejo irracional de magnitud. (Ver el debate en el siguiente número de la revista Science (Joskow & Marron, 1993.) El estudio de los desechos ayuda a resolver esta paradoja al plantear que los administradores pueden fracasar en reducir la contaminación porque ellos no tienen la información suficiente. El hecho de reglamentarlo nos exige un mayor estudio sobre los desechos, lo que a su vez nos lleva a descubrir información desconocida anteriormente respecto a los problemas de procesos. Así, el hecho de no haber promovido la prevención de contaminación antes de que haya sido reglamentada no indica error, sino que falta de información.

En este artículo, investigamos sobre el estudio de los desechos en una industria. Analizamos cuánta información acerca de los procesos descubren los trabajadores de Control de Contaminación, cómo usan esta información para crear ideas innovadoras, y el efecto que esta innovación e información tiene en el rendimiento. Al enterarnos de que se efectúan estudios de los desechos en alrededor de un 40% de las empresas, investigamos las circunstancias que motivan el estudio de los desechos, y el efecto de este aprendizaje en el comportamiento de la empresa.

PERSPECTIVAS TEORICAS

Qué significa el estudio de los desechos?

No es nada nuevo que los trabajadores pueden aprender durante el desempeño de su trabajo. Muchos investigadores han demostrado que los trabajadores aprenden sobre su propia tecnología o comportamiento, y descubren maneras de mejorarlos (Rosenberg, 1982.) Así es como por ejemplo, un jugador de tenis puede aprender una nueva manera de sujetar el racquet. Nosotros proponemos algo diferente cuando se trata del estudio de los desechos. Nosotros planteamos que los trabajadores, durante el tratamiento de desecho, no sólo aprenden sobre su propio trabajo sino que también sobre el sistema que generó el desecho.

Si los trabajadores encargados del medio ambiente pueden aprender sobre los desechos, entonces ellos deben tener acceso a información específica sobre el proceso de producción. Uno puede razonablemente preguntar por qué esa información, si era útil al proceso de producción, no fue inmediatamente captada y usada por ingenieros de proceso. Es obvio que uno preferiría tener (de una manera útil) toda la información importante en forma instantánea (Athans & Falb, 1966; Sterman, 1989a.) Sin embargo, una rara vez puede lograr este objetivo, debido al costo de adquirir algunos tipos de información, y la dificultad en determinar qué información adquirir. Algunas formas de información son difíciles de extraer o de traducir a una forma útil (von Hippel, 1993). En particular, muchos autores han planteado que una información tácita o perceptible es difícil de codificar o de transferir (Polanyi, 1962; Kogut & Zander, 1989; von Hippel, 1993.) Por ejemplo, es muy difícil describir cómo andar en una bicicleta, y puede necesitarse millones de bytes de un computador para describir con precisión una imagen.

Información que es difícil de extraer en un área puede aparecer en otra debido a un cambio de contexto, o un proceso adicional puede reducir el costo de extraer esta información (Tyre & von Hippel, 1993; von Hippel & Tyre, 1993.) Por ejemplo, considere cuánto más fácil es usar la información que está incorporada en un color de un papel mural (digamos, elegir el color) en el contexto de un juego de muestras de pinturas, o considere cómo al sacarle brillo a una superficie pueden quedar expuestos figuras de reflejos y por lo tanto mostrar pequeñas desviaciones en la forma. El proceso de desechos por lo general involucra un procesamiento extensivo de material y ocurre en un contexto que enfatiza la información sobre la variación de un proceso primario. Así, esperamos que el personal de

Control de Contaminación obtenga información durante el proceso de tratamiento de desechos de producción.

Diferenciamos entre el estudio de los desechos y el estudio de las limitaciones.

Las tareas río abajo muchas veces limitan los procesos río arriba. Puede que estas limitaciones no sean conocidas al comienzo, y como parte del “aprendizaje por la práctica”, los trabajadores puedan descubrir estos factores limitativos e informar de ello a la empresa. Por lo tanto, el personal de control de contaminación puede descubrir que su tecnología no está posibilitada para tratar un producto químico en particular y entregará esta información al resto de la empresa. El estudio de los desechos ocurre cuando se usa el desecho para aprender sobre el sistema que generó el desecho, y no para aprender sobre el sistema que trata el desecho. El estudio de los desechos ayuda a mejorar el sistema de producción relativo a objetivos existentes y factores limitativos.

En esta investigación, primero investigamos si es que y hasta qué punto ocurre el estudio de los desechos.

Los efectos en el Rendimiento de acuerdo al estudio de los desechos

Estudios recientes plantean que el hecho de adquirir y usar los conocimientos de los procesos río abajo puede mejorar el rendimiento. Schrader (1993) demuestra que los usuarios de los productos electrónicos sacan a la luz problemas de producción (del proveedor) y a veces usan esta información para ayudar a su proveedor a mejorar su proceso de producción (Schrader, 1993). Las investigaciones sobre la producción escasa y los sistemas de producción japonesas plantean que captar y usar la retroinformación donde quiera que aparezca en el proceso de producción mejora de manera importante el rendimiento de producción. (Wmack, Jones, & Roos, 1990; MacDuffie, 1991). Entonces, por añadidura, las empresas podrían mejorar su rendimiento a través del estudio de los desechos.

Por otro lado, muchos colegas nuestros plantean que si bien es cierto que el estudio de los desechos puede mejorar el rendimiento, tal estudio realmente ocurriría con mayor frecuencia en empresas de bajo rendimiento. Bajo este punto de vista, el aprendizaje a través del estudio de los desechos indica una deficiencia para adquirir conocimientos de otro lado. Un sistema de producción debe ser realmente pobre si acaso hasta el tarro de basura puede proporcionar información beneficiosa e ideas de mejoramiento.

En esta investigación también buscamos descubrir los efectos del estudio de los desechos sobre el rendimiento.

Condiciones de Organización necesarias para el estudio de los desechos

Los investigadores han propuesto numerosos mecanismos alternativos para facilitar la extracción y transferencia de información. Estas alternativas propuestas van desde el diseño organizacional hasta el uso de recursos humanos (Thompson, 1967; Galbraith, 1973; Kochan & McKersie, 1990; MacDuffie, 1991; von Hippel, 1993).

En esta investigación buscamos identificar las condiciones que motivan el estudio de los desechos.

METODO DE INVESTIGACION

Entorno y Muestreo

La industria de circuitos electrónicos impresos es un excelente campo de acción en donde se puede hacer un estudio sobre desechos. Las compañías de esta industria deben tratar el proceso de desechos en forma extensiva, y la estructura de la industria permite efectuar comparaciones de los lugares de producción. La mayoría de las empresas operan en una sola instalación y usan estructuras organizacionales y tecnología de proceso similares para fabricar productos básicos o de ventas.

Método

Para conocer la importancia del estudio de desechos, su efecto en la mejora de los procesos, y en el rendimiento, usamos diferentes métodos para estudiar detalladamente a ocho empresas de circuitos impresos. Es así como, para comprender las condiciones que permiten el estudio de desechos, efectuamos una encuesta en las fábricas de circuitos impresos en Estados Unidos y Canadá.

Estudio en Profundidad - Efectuamos estudios de casos de ocho empresas usando datos cualitativos y de archivos. Para conocer la historia de cada empresa y sus costumbres actuales efectuamos más de 50 entrevistas a los ejecutivos de control de calidad, de contaminación, y de ingeniería de procesos de las diferentes compañías. Usamos archivos de las compañías y de las autoridades del alcantarillado público para seguir la trayectoria de los cambios en los procesos y tecnología. Para poder medir cuantitativamente el resultado del estudio de desechos, efectuamos una encuesta escrita de ingeniería de procesos, a los Gerentes de Control de Calidad y de Control de Contaminación en estas ocho empresas (y dos más). La encuesta midió el volumen de la comunicación y asistencias cruzadas entre los Departamentos. A cada Gerente se le pidió: (1) que identificara las "cinco innovaciones de procesos más importantes", (2) que clasificara (escala Likert) la importancia de cada departamento en la iniciación de estos cambios y, (3) que indicara el efecto de cada innovación (en relación a costo de producción, calidad de

producto, control de contaminación, y capacidades de producción). Para conocer mejor el origen de estas innovaciones, entrevistamos a Gerentes de Ingeniería de Procesos. Con la ayuda de la Asociación de industrias, obtuvimos información sobre el rendimiento de la Planta en cuanto a calidad de producto, costos de producción, y costos de los tratamientos de desechos.

Encuesta a la Industria - Para conocer mejor las condiciones que permiten aprender en base al estudio de desechos, hicimos además encuestas a los Gerentes de 88 fábricas de tableros de circuitos eléctricos impresos Estadounidenses y Canadienses (alrededor de la mitad de la población estimada). Enviamos encuestas a los Gerentes de tres Departamentos: de calidad, de ingeniería de procesos y de control de contaminación y recibimos encuestas "usables" de 40 empresas (34 de las cuales devolvieron las tres encuestas). La encuesta le pedía a los Gerentes que estimara la frecuencia con la cual cada Gerente recibía información o ideas innovadoras de otros Departamentos. Igual que en la primera encuesta, también le pedimos a los Gerentes que nos informaran de las innovaciones y de su origen. Medimos numerosas variables para probar nuestro modelo de estudio de desecho y para controlar posibles hipótesis opuestas, acceso a capital, proximidad física, tecnología, antecedentes educacionales, incentivos, programas TQM, capacitación, etc. (Ver Anexo 3 - Medición o Construcción de Variables).

EL ESTUDIO DE LOS DESECHOS

La Historia sobre el Control de Contaminación en la Industria

Entre los años 1980 y 1983, las ocho empresas analizadas en nuestra investigación se enfrentaron con graves aumentos en las ordenanzas de control de regulación de la contaminación del agua. En respuesta a esto, los altos ejecutivos de las ocho empresas se encargaron de seleccionar y comprar equipos para el tratamiento de aguas. Todas las empresas, exceptuando una, eligieron un sistema de tratamiento potente (clarificador de sulfato de hierro). Una empresa al comienzo eligió un avanzado y delicado sistema de tratamiento y luego en 1984 lo cambió a un sistema clarificador de sulfato de hierro a gran escala. Todos los altos ejecutivos prefirieron especificar estos sistemas de tratamiento con una considerable capacidad adicional. Los archivos de las autoridades de alcantarillado indican que todas exceptuando una de las compañías adaptaron sus sistemas de tratamiento para anticiparse a un crecimiento (normalmente de un 20% anual) más una capacidad de reserva desde un 50% a un 200%. Aunque no sea sorprendente, a pesar del considerable crecimiento en la industria ninguno de estos sistemas de tratamiento llegó alguna vez a su capacidad completa. En la época en que se adquirieron estos nuevos equipos, casi todos los altos ejecutivos de las empresas contrataron a un Gerente de Control de Contaminación y a personal para formar un Departamento de Control de Contaminación (PC). De acuerdo a los archivos de las autoridades de alcantarillado y a información de Gerencia, la intención de la Gerencia al formar estos Departamentos fue la de aislar a la empresa de los

organismos reguladores y permitir que el sistema de producción funcionara liberado de preocupaciones del medio ambiente.

El estudio de los desechos: Asesoría en Innovación e Información

Sin embargo, en 1991 nos encontramos con que los Departamentos de Control de Contaminación estaban enérgicamente cambiando el proceso de producción. En nuestra investigación de las ocho empresas, los ingenieros de proceso nos informaron de 33 importantes cambios de procesos que ocurrieron durante el año anterior y calificaron al personal de Control de Contaminación como los más importantes en producir 13 de estos cambios. Los ingenieros de proceso también informaron que recibían información una vez a la semana (como promedio) del Depto. de control de contaminación, "información que ayudaba a mejorar el proceso de producción".

En nuestra investigación de estos casos, descubrimos que las innovaciones dirigidas al control de la contaminación eran por lo general el resultado del estudio de los desechos. Recorrimos la Planta con los Gerentes de ingeniería de procesos y les pedimos que nos indicaran las innovaciones de procesos recientes y que nos describieran su origen. Si estas innovaciones habían sido originadas por el personal de Control de Contaminación, entonces los entrevistábamos a ellos para poder conocer el origen de la innovación. (Ver Anexo 1).

ANEXO 1

EJEMPLOS DE INNOVACIONES A PARTIR DEL ESTUDIO DE LOS DESECHOS

Innovación	Origen de la Información	Resultado de la Información
Se cambió el proceso en el sistema de mantención de soluciones químicas.	PC descubre desecho durante una programada mantención de producción de soluciones químicas y averigua que viene de un proceso de mantención obsoleto.	El Depto. de Control de Contaminación y PE en conjunto diseñan una solución. PC supervisa la eliminación de las soluciones químicas.
Uso de blancos de electrodeposición.	PC descubre una dispersión en la eliminación de los tableros de circuito y encuentra el problema en el manejo de los lotes de producción.	PC y PE diseñan una solución. PE pone en práctica el cambio.
Hay un cambio en el recinto de ánodo de cobre.	PC descubre desechos en el ánodo de cobre que viene del sistema de contenedores.	PC diseña la solución. PE pone en práctica el cambio.
Nuevo sensor para el hidróxido de Amonio en la línea de grabado.	PC descubre grandes cantidades de hidróxido de Amonio que viene de un sensor mal calibrado.	PC identifica el problema. PE diseña y pone en práctica la solución.
Sistema computarizado en el ordenamiento de cambios químicos.	PC descubre desechos debido a una mala coordinación entre los técnicos de laboratorio y los técnicos de producción.	PC crea y pone en práctica un sistema de ordenamiento computarizado.

En nuestros estudios de casos, descubrimos que los trabajadores de Control de Contaminación pueden aportar innovaciones de procesos beneficiosos porque tienen acceso a información única e incentivo para mejorar el proceso de producción.

Los desechos nos entregan información sobre el Proceso de Producción

El personal de Control de la Contaminación recibe mucha información con gran contenido. Desde el proceso de producción recibe un continuo flujo de descargas efluentes y discretas de las soluciones químicas ya usadas y del raspado de material sólido. En todas las compañías que visitamos, los Gerentes de Control de Contaminación sabían que estos desechos podían usarse para diagnosticar problemas en el proceso primario. Por lo general, el personal de Control de Contaminación nos dijo que si el agua en el proceso de tratamiento se tornaba azul significaba que había una fuga de quelato de cobre en algún trayecto particular del proceso de producción.

El flujo del desecho nos da información sobre la ubicación y la causa de ineficiencias en el proceso de producción. Por ejemplo, los ingenieros de Control de Contaminación se dieron cuenta de que con frecuencia recibían pilas de tableros de circuito que habían sido grabados y enchapados pero no probados eléctricamente. (Anexo 1, Innovación 2). El personal de Control de Contaminación consideró extraño que los tableros fuesen desechados después de un proceso parcial y previo a ser probados eléctricamente. Investigaron y descubrieron que la operación de enchapado funcionaba mejor cuando el montacarga contenía una carga completa. Con el propósito de conseguir un rendimiento perfecto, los trabajadores de producción rellenaban el final de las tareas de producción para asegurar una carga completa. Luego, desechaban los tableros sobrantes. Ingeniería de proceso y personal de Control de Contaminación diseñaron un sistema de tableros falsos recuperables. Como resultado, la empresa evitó desechar 5,000 tableros al año (con un valor estimado de \$50,000 o 0.5% de las ventas).

Por otra parte, a diferencia de los otros Deptos. similares, el de Control de Contaminación recibe información sobre el sistema completo de producción. PC conoce el rendimiento de cada proceso de producción en la Planta, y es así como muchas veces tienen una visión extraordinariamente amplia sobre la operación de producción.

Incentivos para mejorar el proceso de producción

El personal de Control de Contaminación (PC) tiene un incentivo para mejorar ampliamente el proceso de producción. Los Gerentes de los Departamentos de Control de Contaminación afirman que ellos pueden mejorar su propio rendimiento al mejorar la parte principal del proceso. Por ejemplo, un Gerente de Control de Contaminación afirma que “casi cualquier cosa que yo pueda hacer para ayudar al proceso de producción me ayuda también a mí (para tratar el desecho)”. Otro nos dijo que, “mientras más pueda tener el

proceso bajo control, me es más fácil reducir el tratamiento de desecho". Así, algunos Gerentes de Control de Contaminación reconocen que ellos pueden mejorar su propio rendimiento al reducir los desechos generados durante el proceso de producción como también reducir los cambios en este proceso de producción.

El personal de Control de Contaminación tiene un incentivo para mejorar el proceso de producción que los ingenieros de proceso pueden considerar importante pero secundario. La mayoría de los ingenieros de proceso intentan minimizar el costo de los materiales del proceso, enfocando su atención en el porcentaje de desperdicio de las capas laminadas. Tal heurística tiene mérito, debido a que solamente el material laminado representa un 18% de los costos de producción, mientras que todos los demás productos químicos que se usan en el grabado y platinado juntos sólo representan el 9% de los costos de producción. Por tal razón los ingenieros de proceso perciben el uso eficiente de productos químicos de proceso como de importancia secundaria. En contraposición, como se observa anteriormente, el costo de tratamiento de desecho depende del uso eficiente de los productos químicos para el grabado y platinado. Así, el personal de Control de Contaminación considera el uso de estos productos químicos de primera importancia.

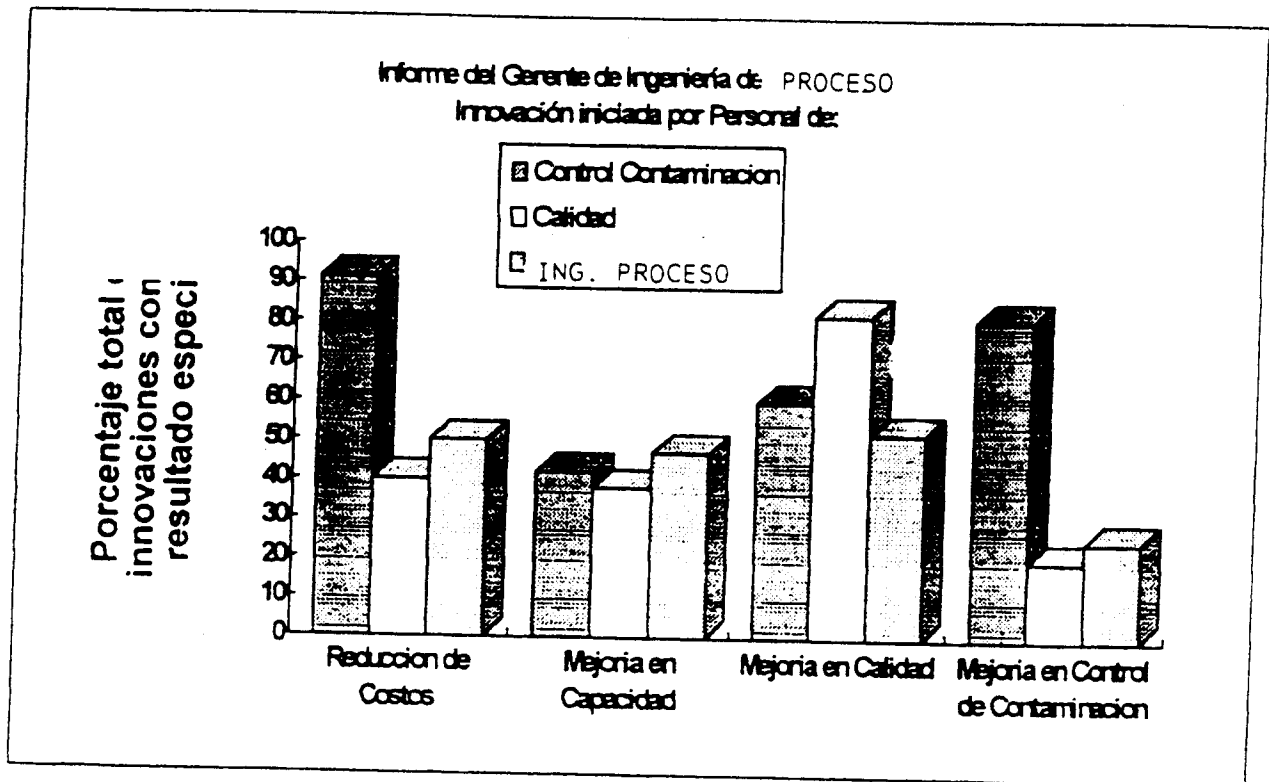
LA FORMA EN QUE EL ESTUDIO DE DESECHO INFLUYE EN EL RENDIMIENTO

Resultado de las Innovaciones

La información adquirida de nuestro estudio sobre innovación en 10 compañías (las ocho del estudio de casos y dos más) nos indica que las innovaciones iniciadas en el Control de Contaminación llevó a un mejoramiento del proceso de producción en relación a los objetivos principales (ver Figura 1). Las innovaciones iniciadas en el Control de Contaminación llevaron tanto a una reducción de costo como a un mejoramiento en el control de la contaminación. De 33 innovaciones informadas, el personal de Control de Contaminación recibió la calificación más alta por 13 de estas innovaciones. De estos, 11 resultaron en reducción de contaminación, 12 en reducción de costos, 8 en mejoramiento de calidad, y 5 en un aumento de sus capacidades de producción. Claramente, las innovaciones por lo general tenían como resultado efectos múltiples, y todas las innovaciones que se iniciaron en el Control de Contaminación resultaron en otras mejoras (por lo general en reducción de los costos de producción). En contraposición, el 40% de las innovaciones iniciadas por el personal de calidad sólo mejoró la calidad.

FIGURA 1

RESULTADO DE LAS INNOVACIONES QUE FUERON INFORMADAS POR EL GERENTE DE INGENIERIA DE PROCESOS Y POR EL DEPARTAMENTO QUE LAS INICIO.



Resultado de Innovación

El resultado del Porcentaje fue calculado al dividir el N° de innovaciones del Departamento de Control de Contaminación que produjo un resultado en particular/ N° total de innovaciones atribuida a ese Departamento (e.g. 13 innovaciones de proceso atribuidas a Control de Contaminación, de las cuales, 11 resultaron en una mejora en el control de contaminación. $11/13 = 84\%$).

Consecuencias en el rendimiento de la Compañía

Recibimos las encuestas de las Gerencias y de rendimiento de seis de las ocho empresas que participaron en nuestro estudio de casos. Separamos estas seis empresas en dos grupos: uno en donde los Departamentos de Control de Contaminación entregaban con mayor frecuencia información e innovaciones a Ingeniería de Proceso y el otro grupo donde rara vez se entregaba esta información. Todas las empresas del primer grupo tenían un rendimiento más alto que aquellos del segundo grupo, y el porcentaje de rendimiento en los dos grupos diferían en un 8% (rendimiento se mide en la primera pasada de los circuitos). Lo mismo ocurrió con respecto al costo del tratamiento del medio ambiente: el primer grupo tuvo costos de tratamiento considerablemente más bajos (20% menos/pié cuadrado de producción).

Durante el estudio de estos casos, descubrimos que dos de las empresas habían intentado medir el efecto que sobre el rendimiento tenía la innovación originada por el Depto. de Control de la Contaminación. En ambas empresas, los Gerentes de Ingeniería de Procesos y de Control de Contaminación realizaron estudios comparativos (benchmark) para determinar los ahorros en los costos como producto de las innovaciones originadas en el control de la contaminación. En ambas empresas, estimaron que en el período de un año esas innovaciones economizaron en costos de materiales el equivalente al 2% de las ventas (monto similar a los costos de material y de mano de obra anual que se incurre para el control de la contaminación en cada empresa). Ambas empresas declararon que también habían economizado en la calidad, mano de obra y en la Administración. Por ejemplo, los desechos en una empresa disminuyeron de un 17% a un 7%; mientras que los dueños de la otra empresa declararon que los cambios originados en el control de contaminación significó que la tasa de desecho varió de "3-4 faenas por semana a 1-2 faenas por mes".

CONDICIONES NECESARIAS PARA EL ESTUDIO DE LOS DESECHOS

En la primera parte de este estudio, descubrimos que (1) el aprendizaje a través del estudio de los desechos sí ocurre, (2) lo anterior puede llevar a importantes innovaciones de procesos, y (3) este aprendizaje puede mejorar el rendimiento de la empresa. Sin embargo, descubrimos que el aprendizaje a través del estudio de los desechos no sucede en forma pareja en todas las muestras. En la segunda parte de nuestro estudio, intentamos predecir y probar un modelo que explora cuándo las empresas aprenden del estudio de los desechos.

Un Modelo de Condiciones Aptas para el Estudio de Desechos

En nuestra investigación cualitativa, aprendimos que el estudio de los desechos depende de la relación conjunta que exista entre los Deptos. de Ingeniería de Procesos y de Control de Contaminación. También aprendimos que esta relación no dependía de la acción de los altos ejecutivos o del incentivo de la empresa por dar asistencia entre los distintos Departamentos. En la segunda parte de nuestra investigación, diseñamos un modelo para

que el Depto. de Control de Contaminación efectuara un estudio de los desechos y transfiriera esta información al personal de Ingeniería de Procesos. En nuestro modelo nosotros suponemos que la rapidez con la cual el personal de Control de Contaminación entrega esta información a los ingenieros de procesos, depende hasta qué punto ellos puedan adquirir información durante el tratamiento de desechos de procesos, y el costo o beneficio de transferir esta información a ingeniería de procesos.

Sobre la base de teoría y observación, propusimos cuatro condiciones que permiten al personal de Control de Contaminación decodificar y usar información de los procesos en forma beneficiosa y transferirlo a ingeniería de procesos:

(1) una clara señal de rendimiento, (2) conocimiento compartido, (3) proximidad y (4) bajo poder de autoridad oficial.

(1) *La Tecnología muestra claras señales de procesos* - Perrow (1967) y Daft (1986) plantean que la tecnología afecta la capacidad de análisis de las tareas. Del mismo modo, la tecnología usada en el tratamiento de desecho puede responder más o menos con una cierta sensibilidad a las variables en el proceso de producción. Los trabajadores pueden o no extraer información incorporada en este material, dependiendo de la forma en que éste pase al tratamiento de desecho. Por ejemplo, las mezclas o rezagos reducen la información que puede ser obtenida. (Sterman, 1989b; Sterman, 1989a).

Hipótesis (1): El personal de Control de Contaminación que opera con una tecnología de tratamiento de desecho más sensible (tecnología que responde más rápido, más claramente y con mayor fuerza a alguna variación en el proceso) aprenderá de los desechos con mayor frecuencia y por lo tanto podrá también entregar, más a menudo, valiosa información a los ingenieros de procesos.

(2) *Conocimientos compartidos* - De los conocimientos del "observador" depende la cantidad de información que adquiera del material durante las diferentes faenas en el proceso de producción, igual como sus conocimientos pueden influir en causar equivocaciones en la recepción de los mensajes (Daft & Macintosh, 1981; Daft & Lengel, 1986). Los "observadores" pueden obtener información sólo si comprenden el origen de las señales y lo que implica el cambio de estas señales. El conocimiento o experiencia dentro del proceso de producción debiera permitir al personal de tratamiento de desecho equiparar de mejor manera las señales con respecto a su origen y de distinguir las señales importantes de las que no lo son.

Hipótesis (2): El personal de Control de Contaminación con conocimientos de ingeniería o química y/o experiencia previa en el área aprenden con mayor frecuencia de los desechos y por lo mismo más a menudo entregan información beneficiosa a los ingenieros de procesos.

3) *Proximidad física* - Después de adquirir la información, el personal de Control de Contaminación puede actuar para usar esta información solo si tiene acceso al personal de ingeniería de proceso. Debido a que los intercambios iniciales por lo general requieren comunicación cara a cara, la interacción ocurrirá solo cuando el personal de Control de Contaminación esté ubicado físicamente cerca de los ingenieros de procesos. (Allen, 1977; Tushman, & Lee, 1979; Zahn, 1991).

Hipótesis (3): Una mayor distancia física entre los ingenieros de Control de Contaminación y los ingenieros de procesos, reducirá el aprendizaje de los desechos y la frecuencia con que el personal de Control de Contaminación pueda entregar información útil a los ingenieros de procesos.

4) *Bajo Poder de Autoridad* - Salancik y Pfeffer (1977) predicen que los Departamentos que controlan recursos escasos tendrán poder para influir en la empresa, pero que tal poder reduce la probabilidad de que estos Departamentos actúen de manera que beneficie a la empresa como un todo. El poder puede también reducir la cooperación al reducir la confianza (Mahoney, 1992) e impedir la comunicación (Allen, 1977; Zahn, 1991). Por lo tanto, el personal de Control de Contaminación con mayor frecuencia ayudará a la empresa si existe un mínimo Poder de Autoridad.

Hipótesis (4): Los Departamentos de Control de Contaminación con un acceso más extensivo al capital tendrán menos motivación para aprender del estudio de los desechos o de transferir información beneficiosa a los ingenieros de procesos.

Hipótesis Alternativa:

Numerosos otros factores pueden influir en la tasa de aprendizaje a partir de los desechos. Otras tecnologías puede influir en el grado de aprendizaje de toda la empresa. Todo tipo de aprendizaje puede variar según el tamaño o antigüedad de la Planta (Hannan & Freeman, 1977). La teoría de Agencia plantea que la Gerencia puede facilitar el aprendizaje a partir de los desechos al comprometer el ascenso del personal en esta actividad (Hart, 1989). Las teorías de sistemas sociales-técnicos y de Calidad Total plantean que los ejecutivos pueden infundir en forma directa normas de aprendizaje inter-funcional y de transferencia de información al crear equipos inter-funcionales, proporcionar capacitación, o introduciendo procesos y funcionamiento de Calidad Total (Schonberger, 1982; Juran, 1988; MacDuffie, 1991).

Prueba del Modelo de Aprendizaje a partir del desecho

Para permitir un análisis estadístico, definimos la frecuencia con que existe aprendizaje a partir del desecho como la tasa mediante la cual el personal de Control de Contaminación entregaba al Gerente de ingeniería de proceso "la información que ellos consideran que

puede ayudarles a mejorar el proceso de producción" (de acuerdo a lo informado por el propio Gerente de ingeniería de proceso).

Como se muestra en el Anexo 2, los Gerentes de ingeniería de proceso informaron que el personal de Control de Contaminación les daban información para mejorar el proceso de producción con más frecuencia: (1) cuando el Depto. de Control de Contaminación tenía relativamente menos acceso a los recursos monetarios de los altos ejecutivos, (2) cuando el Gerente de Control de Contaminación trabajaba físicamente más cerca, y (3) cuando el Depto. de Control de Contaminación usaba equipos más sensibles para tratar procesos de desechos (ver Modelo 1). Estas variables nos dan un importante poder explicativo ($p < 0.05$) tanto en forma separada como también cuando estas variables se van agregando paulatinamente al modelo. La educación formal o la experiencia previa en un trabajo de producción del Gerente de Control de Contaminación no nos aportó un poder explicativo adicional (ver Modelo 2 & 3). Es así que encontramos evidencia para las Hipótesis 1,3 y 4, pero no para la Hipótesis 2.

Prueba de Hipótesis Rivales Plausibles

El efecto de Otras Medidas de Tecnología - Uno puede suponer que la sensibilidad de la tecnología de tratamiento simplemente mide la sofisticación tecnológica y sensibilidad de la Planta. Para revisar esta hipótesis, recogimos medidas de la sensibilidad y sofisticación tecnológica de la Planta: (1) el mínimo de producto que pasa por la línea de producción, (2) hasta qué punto usó la empresa una inspección óptica automática, y (3) el tamaño promedio de los lotes de producción. En forma separada o junta (Anexo 2, Modelo 4), ninguna de las cuatro medidas de tecnología explican un aumento importante de la varianza de la variable dependiente, ni tampoco contribuyeron a un poder explicativo importante en conexión con el modelo. Además, al ser agregadas estas variables al modelo, no se redujo la importancia de ninguna de las otras variables consideradas.

El efecto de Antigüedad y Tamaño - Por un lado los ecologistas demográficos plantean que la fecha en que se fundó una fábrica influye en su rendimiento, y por otro lado muchos expertos en Administración plantean que el tamaño de la empresa afecta su rendimiento (Hannan & Freeman, 1977). Sin embargo, en nuestro estudio, descubrimos que ni la antigüedad (fecha de construcción de la Planta) ni el tamaño (registro de la cantidad de empleados) explican alguna proporción importante de la varianza de la variable dependiente (Anexo 2, Modelo 5), ni le agrega un poder explicativo importante al modelo. El hecho de incluir antigüedad reduce la importancia de nuestra medida de proximidad (a $p < 0.2$) pero no afecta a otras variables en nuestro modelo. (Nota: Nuestra muestra no incluye empresas con menos de 65 o más de 800 empleados debido a diferentes estructuras organizativas y tecnologías en estas empresas. Así es como el tamaño de la empresa puede ejercer influencia en ellas.)

El efecto de Administración de Calidad Total - Los que proponen Administración de Calidad Total pueden plantear que la administración de excelente calidad permite poner en

práctica una tecnología de tratamiento de desecho más sensible y que produce mayor apoyo y comunicación inter-departamental. En forma similar, muchos autores plantean el uso de sistemas de incentivos y definiciones de tareas más amplias, o un aumento en la capacitación para motivar el apoyo y mejoría en el proceso (Schonberger, 1982; Womack, Jones, & Roos, 1990; MacDuffie, 1991.) Probamos estas hipótesis rivales calculando la fuerza explicativa de estas variables, sobre la tasa con la cual el personal de Control de Contaminación presta ayuda a sus colegas en ingeniería. El Anexo 2 muestra que mis datos no entregan ninguna evidencia estadística de que el campo de acción del programa TQM de la empresa, su duración, o la cantidad de capacitación que se les da a los Gerentes de Control de Contaminación y a los de ingeniería de procesos exploquen la frecuencia con que el personal de Control de Contaminación (PC) entrega información útil al Gerente de ingeniería de proceso.

Análisis del efecto Cultural - Otra hipótesis rival podría predecir que las respuestas de los ingenieros de proceso reflejan el carácter distintivo general de la empresa (la "cultura.") Por ejemplo, la empresa como un todo puede tener trabajadores con alto nivel de compromiso. Si así fuese, uno podría esperar ver una similitud en cuanto a la frecuencia con que los Gerentes de Calidad, ingeniería de proceso y Control de Contaminación informan recibir ayuda del personal de producción. En contraste, los informes de los Gerentes de tres Departamentos con respecto a la frecuencia con que los trabajadores de producción entregaban información de ayuda mostró casi ninguna correlación (informes de Calidad e ingeniería de procesos: $N=28$; $R= -0.143$; informes de Calidad y Control de Contaminación: $N = 28$; $R= -0.142$). En contraste, los informes de estos Gerentes en cuanto a la frecuencia con que comparten información correlacionan muy débilmente ($p<0.1$.)

LAS CONSECUENCIAS ORGANIZACIONALES DEL ESTUDIO DE DESECHO EN LA EMPRESA

Se podría esperar que el aprendizaje a partir del estudio de los desechos disminuiría con el tiempo, pero los Gerentes de ingeniería de procesos muchas veces nos informaron que la ayuda recibida del personal de Control de Contaminación aumentaba. Encontramos pruebas de que esto es el resultado de un efecto repetitivo de cambios de tecnología y comportamiento de la empresa. Los trabajadores de Control de Contaminación fueron gradualmente ganando la confianza de los ingenieros de procesos al entregarles información beneficiosa. Los ingenieros de procesos informaron en varias compañías que su percepción de los trabajadores de Control de Contaminación había cambiado. Donde una vez eran considerados como "los recolectores de basura" ahora los ingenieros de procesos perciben a los trabajadores de Control de Contaminación como "un segundo par de ojos y de oídos". Esta nueva percepción llevó a una mayor comunicación y cooperación entre los dos Departamentos. Esta mayor cooperación entre los Departamentos permitió a Control de Contaminación usar tecnología aún más sensible, y por esto permitió un estudio de desecho adicional. Considere por ejemplo la serie de eventos siguientes:

Los trabajadores de Control de Contaminación se dieron cuenta de que por algún error al agregar sustancias químicas ocasionalmente dañaban o destruían el proceso de los baños químicos (por lo que era necesario un tratamiento de desecho). Estos trabajadores descubrieron que el problema se debía a un malentendido o error de comunicación que se producía entre los trabajadores del laboratorio y los técnicos. Descubrieron que el laboratorio da las órdenes para los cambios de las sustancias químicas y los técnicos efectúan estos cambios, pero que algunas veces se producen errores al transmitir estas órdenes. Ambos lados se culpan mutuamente. Para solucionar este problema, los trabajadores de Control de Contaminación crearon un programa de computación que impide estos lamentables errores en las órdenes y les solicita a los técnicos que los mantengan informados de sus procesos. Los errores disminuyen y ahora Control de Contaminación tiene una fuente de información adicional.

CONCLUSION

En este artículo, mostramos que el aprendizaje a partir del estudio de desechos efectivamente ocurre, y que en algunas empresas representa una importante fuente de información e innovación, y que éstas se benefician al sacar utilidad de esta información. También mostramos que el grado de aprendizaje de los desechos depende de la tecnología usada en el tratamiento de desecho, la proximidad física de los trabajadores de Control de Contaminación con los ingenieros de proceso, y de la capacidad del personal de Control de Contaminación para solucionar en forma independiente problemas de efluentes.

En cuanto a proceso administrativo, este artículo plantea que los Gerentes debieran reconocer que las operaciones de tratamiento de desecho representan una potencial fuente de información beneficiosa y de ideas innovadoras. Es así como los Gerentes debieran formar estos Departamentos para poder motivar el estudio de desecho e incorporar al personal de Control de Contaminación en las decisiones de procesos.

En términos teóricos, este artículo entrega evidencia empírica de que la información "difícil" o "pegajosa" (von Hippel, 1993) sobre procesos de fabricación primarios pueden volverse "fáciles" en lugares no esperados. Plantea que, en la fabricación, el uso de tal información es influenciado por la tecnología, relación de proximidad y poder entre el productor (e.g. proceso de producción) y el extractor (e.g. control de contaminación) de esta información. Finalmente, plantea que estas relaciones de dupla pueden influenciar en forma importante el rendimiento, tecnología y comportamiento de la empresa.

REFERENCIAS

- Allen, T., Tushman, M., & Lee, D. (1979) *Technological Transfer as a Function of Position in the Spectrum for Research Through Development to Technical Services*, AML 22 (4), 694-708.
- Allen, T.J. (1977). Managing the Flow of Technology. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Athans, M., & Falb, P.L. (1966). Optimal Control New York: McGraw-Hill Book Co.
- Bringer, R., & Benforado, D. (1989). *Pollution Prevention as Corporate Policy: A Look at the 3M Experience*, 11 pp. 117-126.
- Daft, R. L. & Lengel, R. H. (1986). *Organizational Information Requirements, Media Richness and Structural Design*, Management Science, 32, 5 (March).
- Daft, R.L., & Macintosh, N.B. (1981). *A Tentative Exploration into the Amount and Equivocality of Information Processing in Organizational Work*, ASO 26, 207-224.
- Galbraith, J. (1973). Designing Complex Organizations. Mass: Addison-Wesley.
- Galbraith, J.R. (1979). *Organizational Design: An Information Processing Review*, Interfaces, 4.
- Hannan, M., & Freeman, J. (1977). *The Population Ecology of Organizations*, AIS, 82.
- Hart, O. (1989). *An Economist Perspective on the Theory of the Firm*, Columbia Law Review, 89.
- Joskow, P.L. & Marron, D.B. (1993). *What does Utility-Subsidized Energy Efficiency Really Cost?*, Science, 260 (16 April).
- Juran, J.M. (1988). Juran on Planning for Quality. New York: The Free Press.
- Kochan, T., & McKersie, R. (1990). Human Resources, Organizational Governance and Public Policy: Lessons from a Decade of Experimentation (Sloan Working Paper N.3184-90).
- Kogut, B., & Zander, U. (1989). *Knowledge of the Firm and the International Replication of Technology*. Working Paper of Wharton School.
- MacDuffie, J.P. (1991) Beyond Mass Production: Flexible Production Systems and Manufacturing Performance in the World Auto Industry. PhD, Sloan School of Management - MIT.
- Mahoney, J.T. (1992). *The Choice of Organizational Form: Vertical Financial Ownership Versus Other Methods of Vertical Integration*, Strategic Management Journal, Vol. 13, 559-584.
- Mylonadis, Y. (1993) The "Green" Challenge to the Industrial Enterprise Mindset: Survival Threat or Strategic Opportunity. PhD, Sloan School of Management-MIT.
- Nelson, K. (January 1989) *Are There Any Energy Savings Left?* Chemical Processing p.
- Perrow, C. (1967). *A Framework For Comparative Organizational Analysis*, ASR 32 (2).
- Polanyi, M. (1962). Personal Knowledge. Chicago: University of Chicago Press.
- Rosenberg, N. (1982). Inside the Black Box: Technology and Economics. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Salancik, G.R., & Pfeffer, J. (1977). *Who Gets Power - and How they Hold on to It: A Strategic Contingency Model of Power*, Organizational Dynamics (Winter).
- Schonberger, R.J. (1982) Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity. New York: The Free Press.
- Schrader, S. (1993). *Organization of Communication In Supplier Manufacturer Relations: The Potential Dysfunctionality of Specialized Interface Units*. Presentation at Academy of Management Conference, Atlanta, GA:
- Sterman, J.D. (1989a). *Misperceptions of Feedback in Dynamic Decision Making*, Organizational Behavior and Human Decision Processes, 43 (301-335).
- Sterman, J.D. (1989b). *Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment*, Management Science, 35 (3), 321-339.
- Thompson, J.D. (1967). Organizations in Action. New York: McCraw-Hill.

- Tyre, M., & von Hippel, E. (1993). Located Learning (Sloan Working Paper N°3568-93-BPS).
- von Hippel, E. (1993). - "*Sticky Information*" and the Locus of Problem Solving: Implications for *Innovation, Management Science*, (Forthcoming).
- von Hippel, E., & Tyre, M. (1993). *How learning by doing is done: problem identification in novel process equipment*, Research Policy (Forthcoming).
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). The Machine that Changed the World. New York: Rawson Associates.
- Zahn, G.L. (1991). *Face to Face Communication in an Office Setting: The Effects of Position, Proximity, and Exposure*, Communication Research, 18 (6), 737-754.

ANEXO 2

PRONOSTICO DE PORCENTAJE DEL ESTUDIO DE DESECHO

Variable Dependiente: Frecuencia con la cual el personal de Control de Contaminación entrega información al Gerente de Ingeniería de Proceso que ayuda a mejorar el proceso de producción.

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8	Modelo 9
Constante	0.0** (4.1)	0.0** (4.7)	0.0** (4.7)	0.00+ (1.7)	0.00 (1.36)	0.0* (7.4)*	0.0** (13)	0.0* (3.8)	0.0** (10)
Acceso a Capital (PE sobre PC)	0.37* (2.5)	0.35* (2.2)	0.37* (2.4)						0.32* (2.1)
Distancia (registro de yardas)	-0.21 + (-1.4)	-0.28 + (-1.4)	-0.32 + (-1.4)						-0.24 + (1.6)
Sensibilidad de Tratamiento (escala 10 puntos.)	0.35* (2.3)	0.29* (2.3)	0.34* (2.3)						0.31* (2.0)
Educación pertinente a proceso de PC (0 ó 1)		-0.12 (-0.7)							
Antecedentes pertinentes a proceso de PC			-0.04 (-0.2)						
Tamaño de Lote de producción (Registro)				-0.21 (1.0)					
Uso de AOI (Inspección Óptica Automática)				0.07 (0.3)					
Mínimo grosor en línea de producción				0.04 (0.2)					
Fecha de Construcción de la Planta					0.24 (1.3)				
Número de Empleados					0.05 (0.3)				
Incentivos de PC para trabajar con otros Departamentos						0.23 (1.2)			
Extensión de Responsabilidad de PC						-0.03 (0.1)			
PC y PE en equipo (0 ó 1)						0.27 (1.5)	0.34* (2.0)		0.23 (1.5)
Amplitud de Programa de Calidad								0.11 (0.5)	
Edad de Programa de Calidad (Registro de años)								0.12 (0.6)	
Tiempo usado en programas de capacitación (PC y PE)								0.01 (0.06)	
Adjusted R2	29%	28%	26%	0%	0%	0%	9%	0%	32%
F for Eq.	5.2**	4.0*	3.8*	0.5	0.4	0.8	3.9*	0.15	4.6**
N	32	32	32	31	32	32	32	27	32

² El Anexo 3 muestra medidas y construcción de todas las variables.

Nota: Modelos hipotetizados 1-3 usan tailed tests. Todos los demás usan 2-tail

Mínimo grosor en línea de producción correlacionado con el uso de AOI (Inspección Óptica Automática)(R=0.40, p < 0.05). Todos los demás correlacionaron menos de 0.27.

ANEXO 3

MEDIDAS O CONSTRUCCION DE VARIABLES

VARIABLE	MEDIDA O CONSTRUCCION
<u>Variable Dependiente</u>	
Frecuencia con que el Personal de Control de Contaminación (PC) proporcionan información que ayuda a mejorar el proceso de producción.	Los informes de los Gerentes de ingeniería de proceso de la frecuencia con que los trabajadores de Control de Contaminación entregaban información que "ellos creían que podía ayudar a mejorar el proceso de producción líquido" (Punto 7 en escala de frecuencia).
<u>Variables de Modelos</u>	
Acceso a Capital	Análisis subjetivo de un Gerente en base a un argumento hipotético en el cual compite con otro Gerente para adquirir financiamiento para un proyecto (\$25 000) de la Gerencia superior. (Punto 6 en escala Likert)
Distancia (registro de yardas)	Los Gerentes de PC y PE informan el promedio de distancia entre sus oficinas.
Tratamiento de Sensibilidad	Clasificación de la sensibilidad del sistema de tratamiento de desecho (no incluye sofisticación ni complejidad) basado en un estudio de tecnología recibido del Gerente de Control de Contaminación (el sistema de puntaje es recopilado por dos expertos de la industria).
Educación pertinente al proceso de Control de Contaminación	Variable de prueba (1 para anterior trabajo en producción o ingeniería).
<u>Variables de Control</u>	
Tamaño de Lote de Producción (Nº de Registro)	Un tamaño de lote promedio es usado en el sistema de producción (en paneles).
Uso de AOI (Automatic Optical Inspection) (Inspección Óptica Automática)	la suma de los puntajes de 5 posibles equipos de inspección óptica automática (e.g. artwork, capas interiores, capas exteriores, etc.
Mínimo grosor en línea de producción	el grosor más fino en la línea de producción.
Fecha de Construcción de la Planta	Año en que fue construida la Planta.
Número de Empleados	Número de empleados que existen en la Planta, incluyendo al personal de Administración y trabajadores.
Motivación de PC para trabajar con otros Departamentos	Combinación de rangos de importancia de 5 criterios potenciales utilizados por los jefes para la evaluación de promociones: (1) Desempeño en equipo (2) Capacidad de trabajar con ingeniería de proceso. (3) Capacidad de trabajar con Calidad. (4) Desempeño en el tratamiento de desecho y (5) Desempeño general en la Planta (Puntaje alto: el desempeño evaluado ampliamente; puntaje bajo evaluado según desempeño en el tratamiento de desecho.
Amplitud de Responsabilidad de PC	La suma de responsabilidad en 10 posibles áreas con puntaje en: (1) desempeño, (2) Administración y (3) ambos.
PC y PE en equipo	El Gerente de PC es miembro del equipo o fuerza de trabajo junto con el Gerente de Ingeniería de Proceso (informe PC)
Gama de Programa de Calidad	combinación de puntajes en 6 asignaciones potenciales de programa (e.g. grado de inclusión de capacitación especial en Control de Contaminación (SPC) para los trabajadores)
Tiempo de Capacitación	Total horas clases en Capacitación y Educación.

Nota del Traductor:

PC = Pollution Control (Control de Contaminación)

PE = Process Engineering (Ingeniería de Proceso)

AOI = Automatic Optical Inspection (Inspección Óptica Automática)