



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA**

ANALISIS DE FACTORES QUE INFLUYEN
EN EL USO DE TÉCNICAS DE PLANEACION
DE OPERACIONES

100

T E S I S

que para obtener el título de

INGENIERO QUIMICO

presenta

ANGEL FERNANDEZ GAMERO

México, D. F., 1974.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CLAS. Tesis
ADQ. 1974
FECHA
PROC. H-t ~~100~~ ~~100~~ 99



**JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE
SEGUN EL TEMA**

PRESIDENTE	Q. Enrique García Galiano Pérez
VOCAL	I. Q. Santos Soberón Salgueiro
SECRETARIO	I. Q. José Luis Padilla de Alba
1er. SUPLENTE	Q. Rubén Berra García y Coss
2o. SUPLENTE	I. Q. Mario Ramírez y Otero.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

Domicilio del Sustentante Altadena No. 51 Col. Nápoles

Nombre completo y firma del sustentante

.....
Angel Fernández Gamero

Nombre completo y firma del asesor del tema

.....
Enrique García Galiano Pérez

*... volví la cara llorando
porque lo que más quería
atrás se iba quedando.*

Valderrama-Serrapi

*Sueña como pasa el Tajo,
sin que despiertes, Toledo, ...*

*... ¡Jeudá Leví, de tu llanto
guardan tus capillas ecos;
Sión, que diste a marranos
muzárabe canturreo.*

*Sueña con nebrada de ánimas
en los barrancos del cielo
al resplandor de relámpagos
que, Josué, detuvo, El Greco,
y herrín, orín, verdín, tintes
de solar que roñan tiempos,
y hollín, y ceniza ascética
te servirán de memento.*

*En tus mesones Cervantes
a su sangre dio resuello ...*

Miguel de Unamuno.

“Se puede comprar el tiempo de una persona, se puede comprar su presencia física en un lugar determinado; hasta se puede comprar un número medido de movimientos musculares especializados por hora o por día. Pero no se puede comprar el entusiasmo; no se puede comprar la iniciativa; no se puede comprar la lealtad; no se puede comprar la devoción de los corazones, las mentes y las almas. Hay que ganarse esas cosas” . . .

Tomado de una declaración de Clarence Francis, mencionada en el libro “Work Simplification” citado en la bibliografía.

INTRODUCCION

Los ingenieros en trabajos “puramente” ingenieriles a menudo toman decisiones de importancia que afectan a la gerencia de una empresa. Y muchos ingenieros con puestos gerenciales toman decisiones basadas en su pericia como ingenieros.

Es una situación muy común que muchos ingenieros—cuando se les pregunta si son ingenieros o son gerentes—tengan dificultades para decidir. Este hecho se ha puesto en claro a través de los resultados de investigaciones que tratan de identificar una línea divisoria definida entre el trabajo de ingeniería y el trabajo gerencial.

Una encuesta del National Engineers Register trató de aclarar el papel técnico-gerencial del ingeniero pidiendo a los entrevistados que identificaran el *nivel de supervisión que ejercen sobre otras personas*, además de la naturaleza funcional del trabajo que desempeñan. La Figura 1 muestra las percepciones personales de los 45,000 ingenieros entrevistados. La Figura 2 muestra cómo la responsabilidad de supervisión varía como función de otras características.

3 muestra la responsabilidad gerencial como función de la edad.

Habilidades gerenciales — La encuesta mostró que la gerencia es una parte inherente al trabajo de muchos ingenieros. Aun así, pocas escuelas de ingeniería tienen cursos para preparar a los ingenieros para la gerencia. Hasta 1972 (fecha de la encuesta), sólo un porcentaje mínimo de los ingenieros tenían maestrías en administración de empresas.

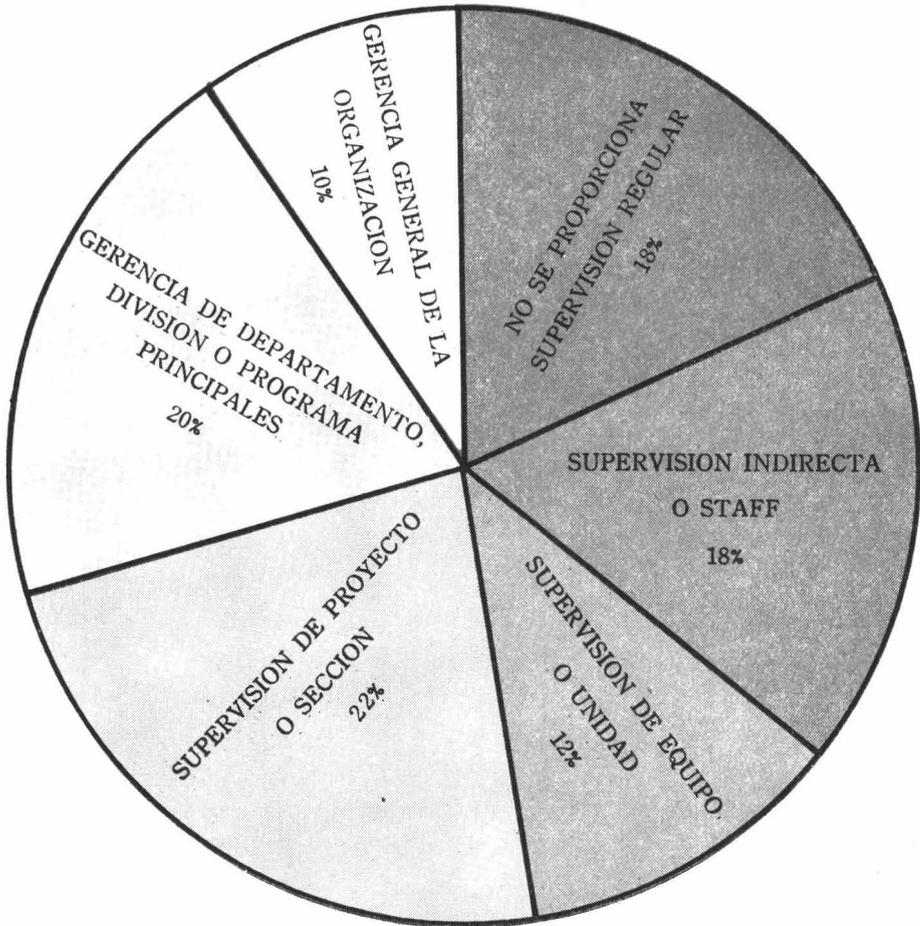


FIG. 1. RESPONSABILIDAD DE SUPERVISION POR PARTE DE LOS INGENIEROS SEGUN LO DETERMINO LA INVESTIGACION DEL NATIONAL ENGINEERS REGISTER, 1971.

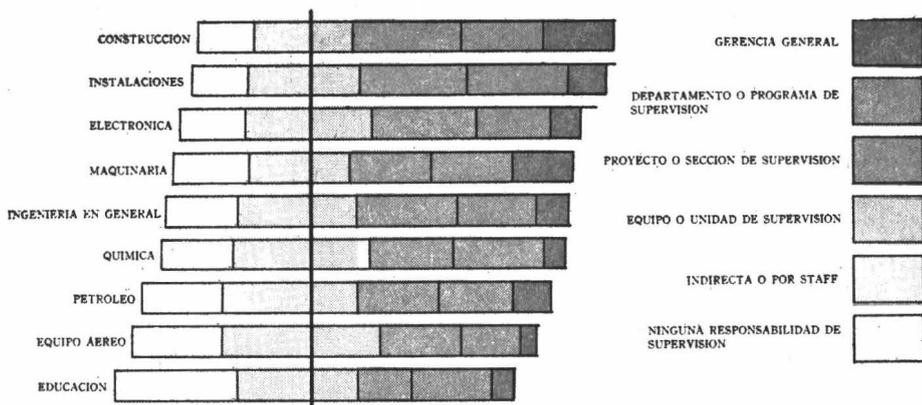


FIG. 2. LA RESPONSABILIDAD DE SUPERVISION COMO UNA FUNCION DEL PRODUCTO O SERVICIO, SEGUN LA DETERMINO LA INVESTIGACION DE NATIONAL ENGINEERS REGISTER, 1971.

No sólo necesitan los gerentes más educación en la gerencia, sino que debe hacerseles notar más la forma en que sus obligaciones cambiarán durante sus carreras. La transición gradual de las responsabilidades técnicas a las gerenciales es algo que más ingenieros deberían reconocer como un patrón normal. Demasiados ingenieros actualmente están educativa y psicológicamente impreparados para efectuar el cambio. Parecen pensar que están abandonando a su profesión cuando se alejan de un trabajo estrictamente técnico.

Los recién egresados de las escuelas de ingeniería deberían reconocer que la estructura vigente de los empleos, especialmente en la industria, no proporciona espacio para aquellos a quienes les gustaría permanecer en puestos puramente técnicos y no de supervisión. Puesto que este patrón de empleos se ha desarrollado a lo largo de un gran período de tiempo en respuesta a las necesidades de los patrones, y es tradicional en muchas organizaciones, es poco probable que se altere en un futuro próximo.

Aun cuando las compañías han hecho hincapié en los ascensos a lo largo de rutas técnicas y gerenciales paralelamente, el aspecto técnico ha tendido a ofrecer menos oportunidades que el gerencial. Este es un hecho al que los ingenieros deberían estar preparados para enfrentarse.

Una solución parcial podría estar en un enfoque de educación continua. Los ingenieros que ascienden a puestos gerenciales y de supervisión deberían tomar cursos cortos en materias como administración de personal, presupuestación, contabilidad, comunicaciones, etc. Los patronos deberían reconocer la necesidad de esta educación adicional y proporcionar la oportunidad de obtenerla como parte del desarrollo profesional del ingeniero. La duración y la naturaleza de los cursos deberían, por supuesto, ser determinadas por las necesidades de cada individuo.

Más fundamentalmente, la distinción entre la ingeniería y la ciencia está en el énfasis que hace la ingeniería sobre la aplicación de la ciencia y la tecnología, para satisfacer las necesidades humanas. Tales necesidades se están haciendo cada día más complejas.

El ingeniero que aspira a un puesto de responsabilidad en un importante proyecto o una actividad tecnológica no puede evitar las obligaciones gerenciales inherentes a un puesto de esa naturaleza. Puesto que tanto el aspecto técnico como el gerencial son esenciales, no hay razón lógica para que uno se considere menos "profesional" que el otro.

Parece ser tanto normal como apropiado para una mayoría de ingenieros encontrar responsabilidades gerenciales en alguna etapa de sus carreras y que la proporción de obligaciones generales aumenta conforme aumenta el alcance del puesto desempeñado.

Simultáneamente, encontramos que tal vez lo que más ha sacudido a la gerencia tradicional de producción, tanto en la enseñanza como en la práctica, más que cualquier otra cosa es el rápido desarrollo de los modelos matemáticos y de simulación de sistemas y subsistemas de producción a partir del final de la Segunda Guerra Mundial, junto con las técnicas de rápido procesamiento de datos. Estos adelantos son el preludio al reconocimiento de una nueva ciencia aplicada. Mu-

chas áreas se han convertido en un análisis formal. Un verdadero enfoque de "sistemas" está siendo adoptado en muchos casos en los que anteriormente cada problema era considerado por separado. La simulación de sistemas con la ayuda de las computadoras de alta velocidad promete crear un laboratorio para la gerencia de producción que no podría existir de otra manera.

¿Qué importancia tienen estos instrumentos para el personal, presente y futuro? Ya las personas en los negocios y la industria deben considerarse en desventaja si no tienen un conocimiento de esos instrumentos y, conforme pase el tiempo, aumentará el riesgo de que sean desplazados, tanto a nivel de personas como de empresas. Para los jóvenes que estamos formándonos para entrar en esta tarea, la opción es simple; debemos proveernos de una educación básica que nos ayude a evolucionar con la época. En un campo que se está desarrollando rápidamente, es importante comenzar en la dirección correcta.

CAPITULO I

Breve Relación Histórica

La psicología industrial y el desarrollo de técnicas de producción han tenido un crecimiento paralelo, e incluso en algunos casos, Taylor y Gilbreth como ejemplo, han sido coincidentes. Esto puede ser fácilmente comprensible debido a la inquietud innata del hombre para encontrar las mejores formas para vivir.

Hacia 1500, el español Juan Huarte reconoció en su libro "Exámenes de ingenios" que la inteligencia y las habilidades varían entre los individuos y expresó su deseo de que se estudiaran las inclinaciones de cada individuo.

En 1776, el economista escocés Adam Smith en su libro "The wealth of the nations", expresó tres ventajas económicas básicas resultantes de la duración del trabajo referentes al ahorro de tiempo, al perfeccionamiento que dé origen a una mejor calidad y al ahorro de esfuerzo del trabajador.

Charles Babbage, en su libro "Sobre la economía de maquinaria y manufacturas" escrito en 1832, introdujo las matemáticas al proceso productivo y expresó una nueva ventaja no mencionada por Smith.

Mientras tanto, en el terreno de la psicología, que comenzaba a ser separada de la filosofía hacia 1879, William Went creó el primer laboratorio para el estudio de la conducta humana en una forma científica; hacia las mismas fe-

chas, Francis Caltan aplicó métodos estadísticos en la medición de diferencias individuales.

A principios de siglo, Frederich W. Taylor se presentó como una indiscutible figura dentro de los campos de la psicología industrial y de la dirección de la producción.

En el terreno de la psicología expresó principios básicos:

- a) Establecer la selección de los mejores hombres para cada trabajo.
- b) Capacitarlos para que sean más eficientes y eficaces en su trabajo.
- c) Dar salarios más altos a los mejores trabajadores, como incentivo.

Científicamente definió las funciones de la dirección de la siguiente manera:

- 1 — Desarrollar una ciencia para cada elemento del trabajo humano en lugar de los métodos empleados.
- 2 — Seleccionar, entrenar y desarrollar científicamente a los trabajadores, remplazando la antigua práctica de dejar a cada trabajador escoger sus metas y autoentrenarse como pudiera.
- 3 — Desarrollar un espíritu de cooperación entre los trabajadores y la dirección para lograr que el trabajo concordara con los procedimientos desarrollados científicamente.
- 4 — Dividir el trabajo entre los trabajadores y la dirección en partes equitativas, dando a cada quien una mayor responsabilidad en las funciones que le han sido encomendadas.

Taylor fue tanto un teórico como un práctico, así como un pionero en estos campos inexplorados e incluso llegó a tener muchos detractores en su época; aunque también tuvo muchos seguidores: Carl Barth, Henry L. Gant, Harrington Emerson, Frank y Lillian Gilbreth, entre otros.

Todos ellos desarrollaron ideas sobre planes de pagos, incentivos, estudios de tiempos y movimientos —Galbreith en particular desarrolló planes de control de diagramas y de sistemas mecánicos.

Durante la primera guerra mundial, la psicología industrial adquirió una importancia cada vez mayor, catalizada por la necesidad de desarrollo en el área que existía ya desde los comienzos de la revolución industrial.

Paralelamente, en el campo técnico, en 1915 F. W. Harris desarrolló por primera vez un modelo de lote económico para una situación simple; un gran avance dentro de la Ingeniería Industrial.

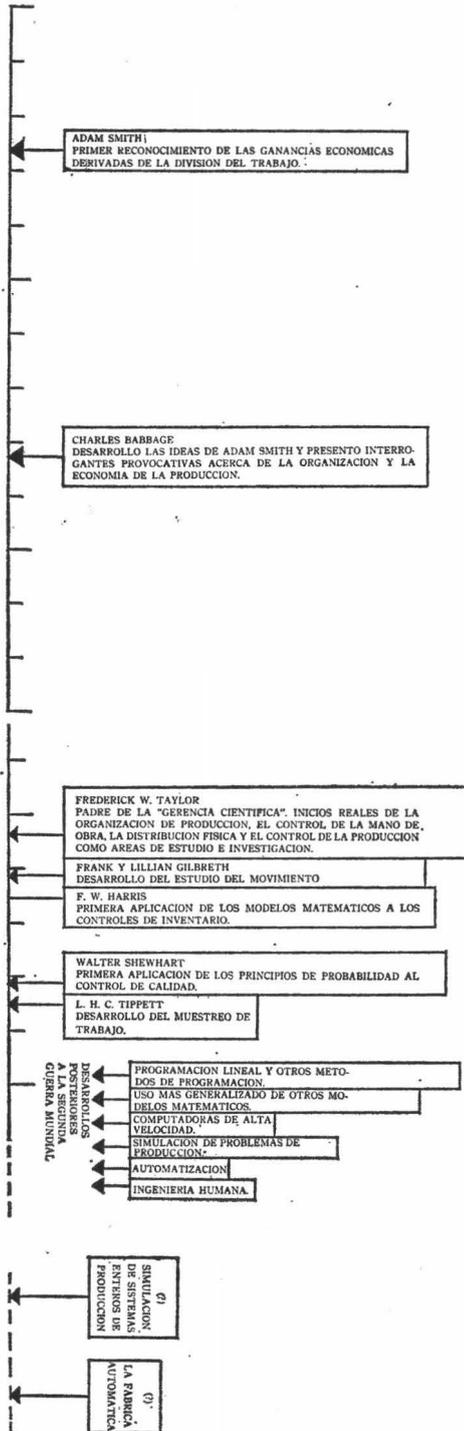
En el período entre guerras, podemos mencionar a Walter Shewhart (1931) en el desarrollo de teorías que implantaron la determinación de estándares para retrasos, tiempos de trabajo, etc. Shewhart hizo la primera aplicación de la probabilidad al control de calidad.

En este mismo período (1933) desarrolló sus trabajos Elton Mayo, inspirador de los experimentos Hawthorne y estructurador de las bases en que se funda actualmente la psicología industrial.

El desarrollo actual en ambos campos comenzó después de la Segunda Guerra Mundial, basado en dos grandes creaciones de la investigación durante la guerra: las nuevas teorías matemáticas de investigación de operaciones —logísticas— y la computadora electrónica. Así, aparecieron en escena la programación lineal y otros métodos de programación, modelos de programación, modelos matemáticos generalistas, las computadoras de 2a. y 3a. generación con velocidades fantásticas de procesamiento, las técnicas de simulación de procesos basadas en todo lo anterior, la automatización y, en fechas muy recientes, la Ingeniería Humana.

En la Figura 3 vemos gráficas y esquemáticamente algunas de las etapas de este desarrollo.

FIGURA 1. PROGRESION DE LOS DESARROLLOS EN LA GERENCIA DE PRODUCCION.



Resulta interesante observar cómo las últimas etapas están orientadas hacia la gran compañía, pues resulta difícil pensar en el uso intensivo de la computación en un negocio pequeño. Sin embargo, creemos que los principios desarrollados son tan aplicables en las grandes organizaciones como en las pequeñas, ya que la dirección de la producción no es únicamente un grupo de técnicas más o menos sofisticadas, sino una actividad en la que ocupa un lugar preponderante la optimización del funcionamiento de un sistema humano. Es aquí donde estas técnicas entran en ayuda del ingeniero-director.

CAPITULO II

Conceptos Generales.
Descripción de Diferentes Técnicas de Planeación de Operaciones.
Desarrollo Actual y Proyección Futura.

El ingeniero, cuando enfoca situaciones desde una visión directiva a un nivel de producción, tiene como principal herramienta una gran cantidad de métodos analíticos. Estos métodos analíticos han sido empleados tanto para establecer un marco conceptual como para resolver problemas prácticos. Los primeros métodos de análisis representaban modelos gráficos y esquemáticos de los diversos aspectos de un sistema de producción. A partir de la segunda guerra mundial, sin embargo, ha habido un uso creciente de técnicas más sofisticadas, como los modelos matemáticos, estadísticos y de simulación, así como un énfasis en los sistemas y en el punto de vista sistemático. Este empleo creciente de técnicas analíticas y sistemáticas es la indicación más importante de que la gerencia de producción y operaciones va por muy buen camino para convertirse en una ciencia aplicada.

La metodología analítica en la gerencia de producción y operaciones sigue en esencia el marco básico del método científico y se basa en el uso de diversos modelos que representan alguna de las partes del sistema o del subsistema que está siendo estudiado.

MARCO ANALITICO

El ingeniero químico se tiene que enfrentar en diversos momentos a métodos de análisis tanto novedosos como tradicionales. No obstante, nuevo o tradicional, el marco básico para el análisis sigue un patrón. Un aspecto importante del análisis no es que la técnica empleada sea nueva o tradicional, sino el que sea la mejor forma de análisis disponible según la naturaleza del problema y según la situación práctica que rodea al problema. Frecuentemente es cierto que una técnica tradicional puede ser la más apropiada para una situación en particular aunque existan enfoques nuevos y más poderosos. Este podría ser el caso cuando la gerencia de la organización apenas está entrando en un marco mental analítico y desea proceder cautelosamente, o cuando los costos de aplicación de la técnica más nueva y más sofisticada no ofrecen garantías. También es cierto que algunos enfoques tradicionales al análisis todavía no han sido superados y que por lo tanto siguen predominantes en ciertos tipos de problemas. Los siguientes pasos hacen un resumen del proceso de análisis para la gerencia de producción y operaciones.

1.—*Definición del sistema a estudiar* — Este paso es quizá el más importante en el análisis de cualquier problema dentro de cualquier campo debido a que establece los límites para el análisis. Si el problema se define con estrechez, es probable que la solución final quede limitada en su aplicación y probablemente equivocada bajo ciertas circunstancias. Recuérdese que a ésta se le llama una solución subóptima. La suboptimización ocurre, por ejemplo, cuando al intentar determinar un programa para la producción de un producto de temporadas, establecemos el alcance del problema como algo relacionado con la minimización de los costos de mano de obra.

En general, mientras más amplia sea la definición o el alcance del problema, menos probable es que ocurra la sub-

optimización. A esta amplia definición a menudo se le conoce como el punto de vista del "sistema"; es decir, se trata de observar al problema dentro del contexto del sistema global y no desde una visión individual. El punto de vista más amplio del sistema altera la naturaleza de la mejor solución aparente.

Sin embargo, con frecuencia sucede que no puede lograrse el ideal del punto de vista del sistema; sea debido a limitaciones de tiempo y esfuerzo para encontrar una solución práctica, o debido a que todavía somos incapaces de enfrentarnos a los problemas más grandes. Este es un resultado inevitable cuando el alcance del problema queda definido como muy extenso. Algunos de los nuevos medios de análisis que plantearemos más adelante, como la programación lineal y la simulación de sistemas a gran escala, han ayudado a mejorar nuestra capacidad para considerar a los problemas con mayor amplitud. De la misma manera, el procesamiento de datos ha hecho factible la solución de algunos tipos de grandes problemas de sistema, cuando ni siquiera podíamos considerarlos como problemas prácticos hace algunos años.

Al definir el sistema que va a ser estudiado, es a menudo valioso desarrollar modelos gráficos y esquemáticos del sistema que puedan ayudar a la visualización del problema. En cuanto a los sistemas complejos, el desarrollo de diagramas de bloque que hagan una representación de flujos, funciones, interconexiones e interacciones es frecuentemente útil hagan en este aspecto.

2.—*Definición de una medida de efectividad* — En otras palabras, establézcanse criterios para medir la efectividad de cursos alternos de acción. Algunas medidas podrían ser las utilidades, la contribución a gastos fijos, los costos totales, los costos incrementales, el tiempo de inactividad de maquinaria, los costos de mano de obra, la utilización de la mano de obra, el número de unidades procesadas y el tiempo de flujo. Las medidas de efectividad para el análisis de sistemas de

operaciones por lo común están relacionadas con alguna medida directa o indirecta de utilidad, costo, calidad, servicio o tiempo de entrega. Ordinariamente, entonces, las medidas de efectividad define qué es lo que se desea maximizar o minimizar.

3.—*Selección de alternativas basadas en el análisis* — Evalúense las alternativas mediante el modelo. El objetivo del análisis es formar una base para la solución de problemas; sin embargo, se debe evitar ser dominado por “la solución”. Por lo general existen buenos cursos alternos de acción y muchos de ellos pueden ser casi equivalentes en términos de efectividad. El modelo que se construye debiera hacer posible la generación de soluciones alternas que puedan ser evaluadas siguiendo un criterio definido así como el de otros factores no cuantificables.

En ese momento, pueden establecerse diversas *hipótesis* para encontrar la mejor solución. El modelo forma una base para medir el efecto de cada una de ellas y comparar los resultados. Naturalmente, las declaraciones formales o informales de las hipótesis lógicas que van a ser puestas a prueba pudieran haberse desarrollado antes de esta etapa y muy bien podría ser que tales hipótesis hayan sido la base para emprender el estudio desde el principio. De hecho, una gran mayoría de los problemas que llevan al uso de los métodos analíticos son reconocidos de esta manera. Es decir, alguien sugiere políticas o procedimientos alternos y éstos se convierten esencialmente en hipótesis que deben soportar las pruebas de la metodología analítica.

4.—*Análisis y decisión* — Estudiar y decidir qué curso de acción tomar basándose en un equilibrio entre el análisis cuantitativo y los factores no cuantitativos de la situación. Podría parecer superficialmente que el modelo debiera hacer innecesario este paso. Aquí partimos de la suposición de que la medida de efectividad medirá el efecto de los cursos alter-

nos de acción, aunque no sabemos si lo hace completamente. Por lo general las medidas de efectividad no son capaces de reflejar todos los aspectos del funcionamiento. Habrá factores no cuantitativos que deberán ser estudiados independientemente.

La generación y la evaluación de alternativas son de extrema importancia en el proceso global porque permiten flexibilidad al encargado de la toma de decisiones. Muy a menudo, las soluciones opcionales pueden tener diferencias de efectividad; pero una alternativa puede enfrentarse más satisfactoriamente a un factor no cuantitativo. Uno de los grandes problemas en el análisis cuantitativo es el canto de las sirenas de la "solución óptima". Con frecuencia las personas son atraídas por soluciones óptimas demostrables matemáticamente; pero debemos recordar que tales soluciones se enfrentan a las limitaciones frecuentemente severas de la definición de la medida de efectividad. Si la evaluación es en realidad exhaustiva para una situación dada, lo cual no es muy común, entonces no habrá necesidad de hacer uso del buen juicio. En los sistemas verdaderamente a gran escala a los que podríamos enfrentarnos, es a menudo impráctico pensar en términos de optimización debido a que el sistema es muy complejo. En tales situaciones debemos pensar en términos de mejoramiento de las condiciones existentes más que en términos de optimización del sistema en su totalidad.

Además, debido a que en todo este análisis se cuenta con una gran cantidad de datos, es necesario seguir un orden al realizarlo. En la actualidad se ha desarrollado profusamente el concepto de sistemas, buscando dar un enfoque más metódico al análisis y a la síntesis necesarios para realizar correctamente esta actividad.

Buffa parte de una definición académica: "Sistema: Conjunto de cosas que ordenadamente enlazadas entre sí contribuyen a determinado objeto", y plantea que el aspecto más

difícil de manejar es la definición de un sistema específico, ya que es necesario definir sus límites y cómo actúan. Es aquí donde se encuentra el “arte” en la aplicación del concepto de sistemas.

Existen básicamente dos tipos de sistemas: abiertos y retroalimentados, ocasionalmente conocidos como cerrados. La principal característica de un sistema es que las salidas responden a las entradas, mas no tienen influencia en las características de éstas. Por lo tanto, un sistema abierto no tiene control sobre su rendimiento.

Un sistema retroalimentado, en cambio, es influenciado por su funcionamiento pasado en forma de un control sobre su actuación (ver Figura 4). Hay dos tipos de sistemas: el de retroalimentación negativa lleva la función de corregir fallas para lograr el objetivo. El otro tipo — de retroalimentación positiva — implica un proceso de crecimiento, que da como resultado una mayor acción.

En la Figura 5 observamos diferentes combinaciones de sistemas retroalimentados; 5 (a) representa uno de los pro-

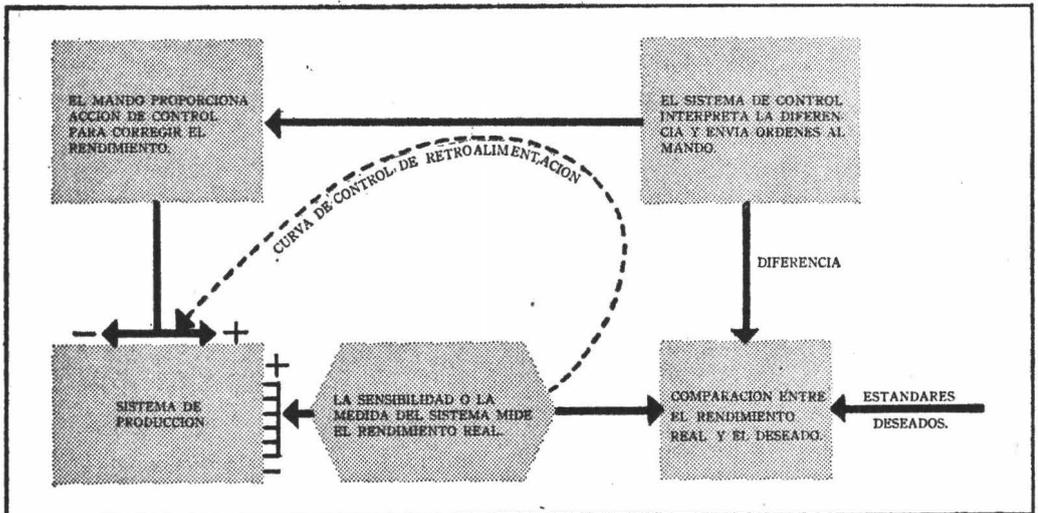
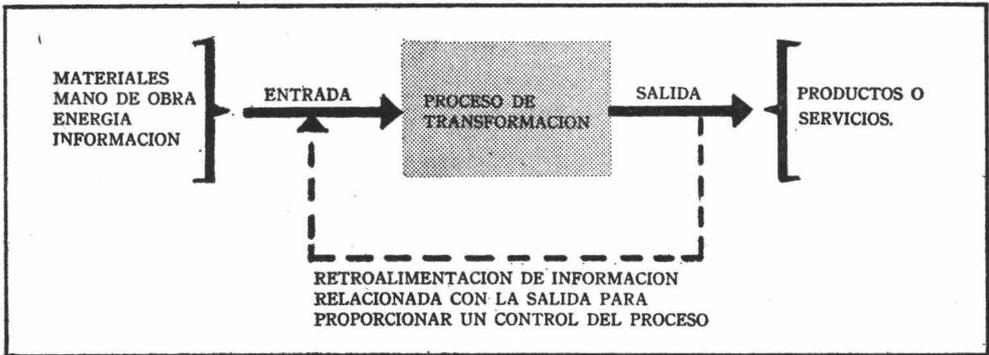
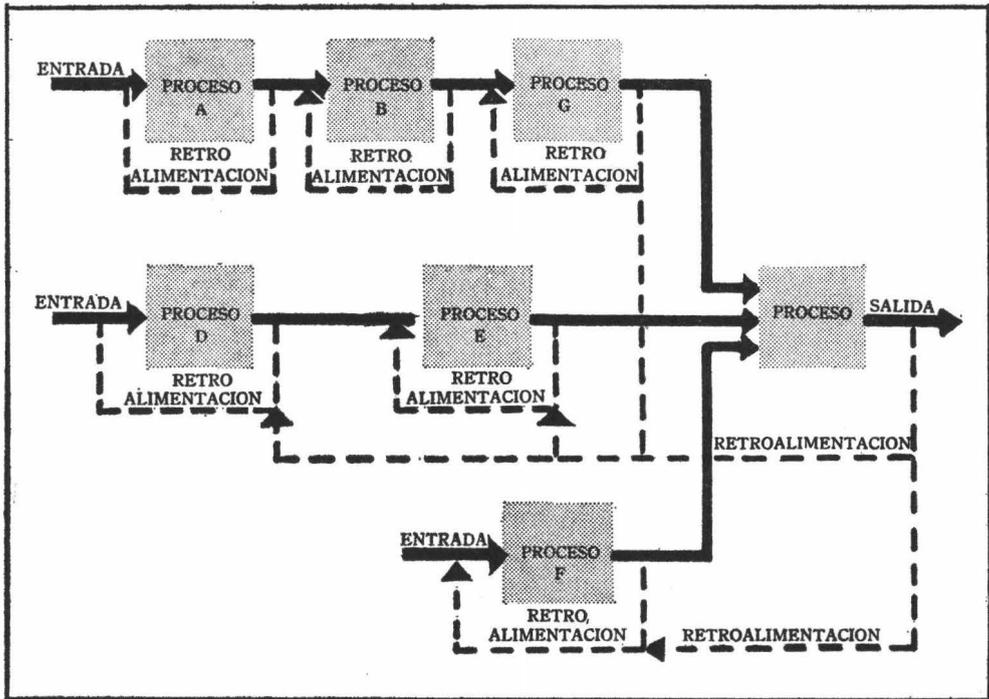


FIGURA 4. ELEMENTO DE UNA CURVA SIMPLE DE CONTROL DE RETROALIMENTACION.



(A) MODULO DE SUBSISTEMA DE UN PROCESO DE TRANSFORMACION DE ENTRADA Y SALIDA.



(B) MODULOS DE SUBSISTEMA EN SERIE Y PARALELOS.

FIGURA 5. CONCEPTO DE ENTRADA Y SALIDA, DE SISTEMAS Y SUBSISTEMAS CON RETROALIMENTACION DE INFORMACION PARA PROPORCIONAR UNA BASE PARA EL CONTROL.

cesos más usuales en la vida cotidiana del ingeniero: regular el funcionamiento de un proceso acorde con los resultados, obteniéndose 5 (b) que representa una sofisticación en la que hay procesos en serie y en paralelo; cada uno de ellos forma, como ya mencionamos anteriormente, un “subsistema”.

Es muy importante mencionar que esta temática está siendo profusamente mencionada en la literatura sobre dirección de la producción — tema muy relacionado actualmente con el ingeniero químico.

Un ejemplo significativo es el diagrama de Buffa y Taubert que se reproduce en la Figura 6. En el diagrama se trata de presentar la función de operación (producción) en pleno; se describen los flujos, clasificados en seis grupos diferentes; y se muestran las diferentes relaciones operativas que pueden existir entre ellos. El flujo de órdenes se refiere a los pedidos que se hacen a producción y se generan regularmente fuera de nuestro sistema (que es, a su vez, un subsistema de un sistema llamado empresa). Este flujo da origen a actividad en otros, como el flujo de personal que está operando su sistema y regula, al menos parcialmente, el flujo de materiales y energía a cierto plazo y da información para el control a mediano y largo plazo de flujos como el de efectivo y el de equipo.

Cada flujo puede ser a su vez analizado en forma similar; por ejemplo, en la Figura 7 se esquematiza el flujo de materiales e información.

Otra situación que se presenta es la relación entre diferentes subsistemas. En la mencionada Figura 7 también se presenta la relación entre un subsistema de control con respecto al sistema completo de producción. Aquí se ve como el funcionamiento del sistema de producción es retroalimentado por el subsistema de control; aquél a su vez puede efectuar a éste debido a la información que genera el sistema de pro-

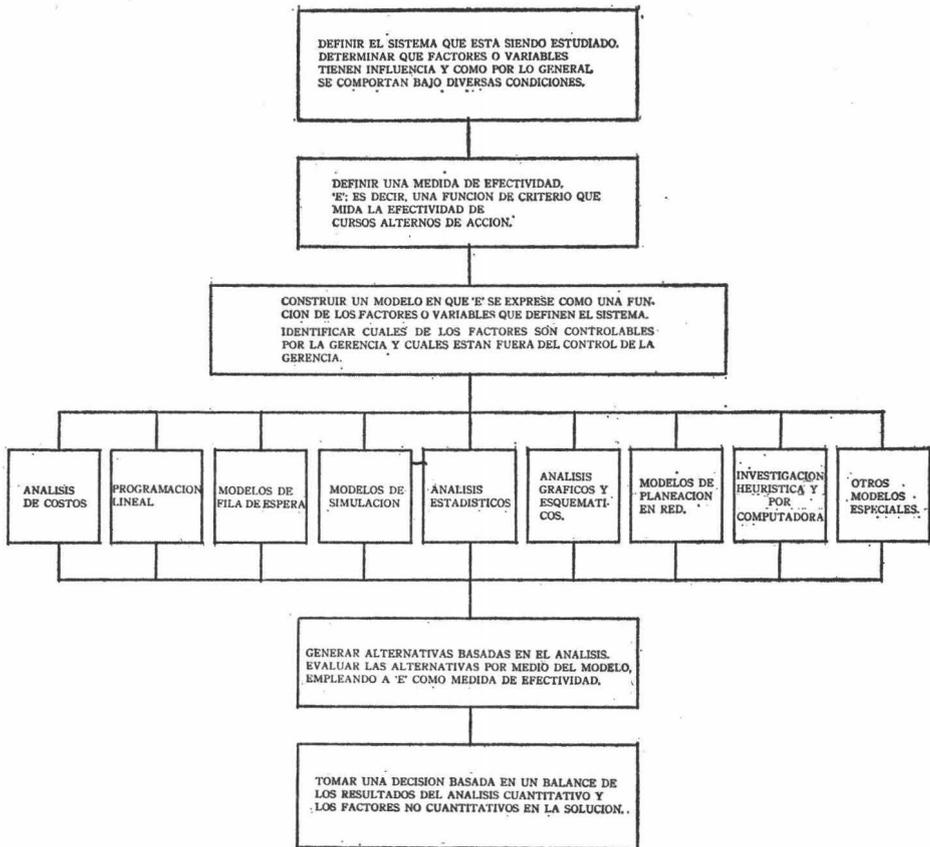


FIGURA 6. Marco para el análisis de sistemas de operaciones.

ducción, sin que se implique una supeditación de uno al otro, aunque sí la necesidad de que estén enterrrelacionados para efectos de optimación, en particular del sistema de producción.

METODOS ANALITICOS

Los diversos tipos de modelos que han demostrado tener aplicabilidad en uno o más de los problemas típicos que surgen en los sistemas de producción o de operaciones aparecen en la Figura 6. La Figura muestra el marco global para el análisis que hemos estado mencionando. No son solamente modelos estandarizados que pueden ser "conectados" para

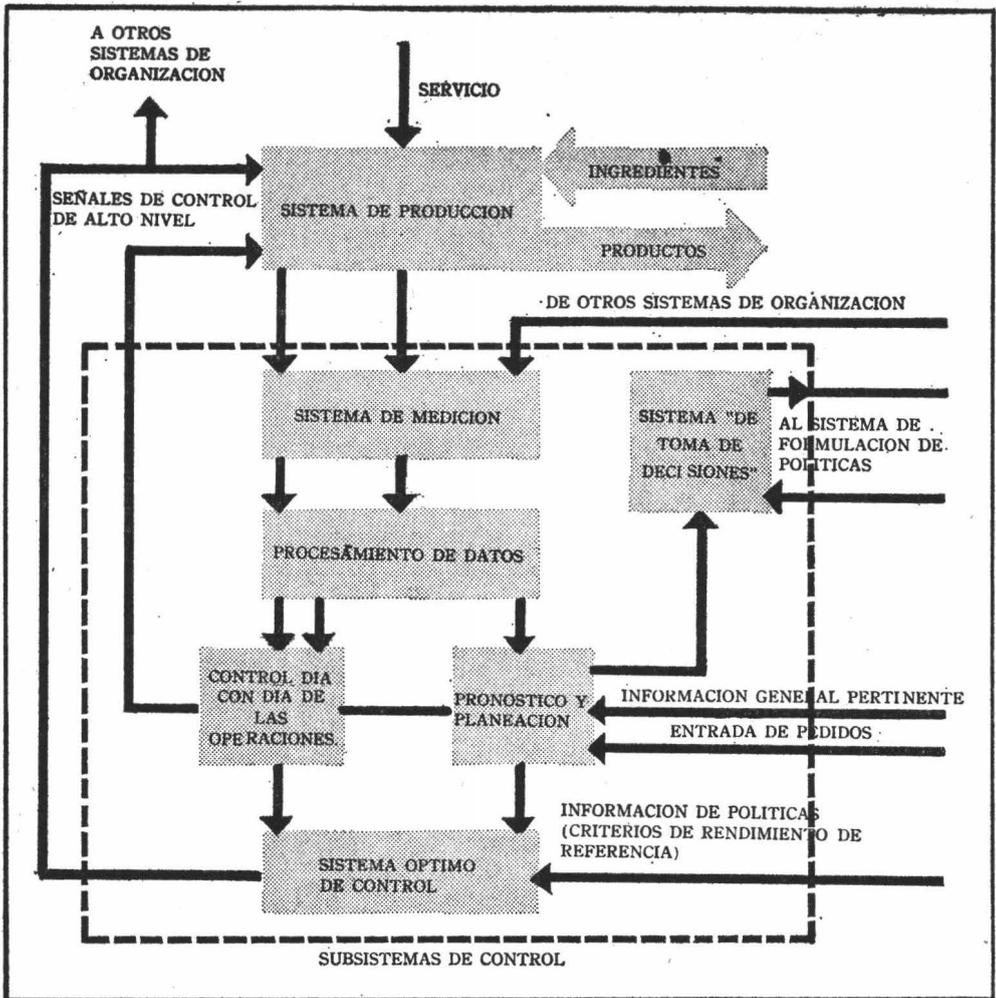


FIGURA 7. SISTEMA DE PRODUCCION EN RELACION CON LOS SUB-SISTEMAS DE CONTROL. (TOMADO DE ALCALAY Y BUFFA).

obtener respuestas; más bien son modelos algo generales que, cuando se adaptan a las condiciones locales, se ajustan a un número sorprendentemente grande de casos. Más adelante discutiremos las características generales y la utilidad de cada uno de ellos.

ANALISIS DE COSTOS.—El análisis de costos quizá es todavía la forma más común de los métodos de análisis. Adopta muchas formas y está basado en un conocimiento del comportamiento de los factores de costos. No es simplemente

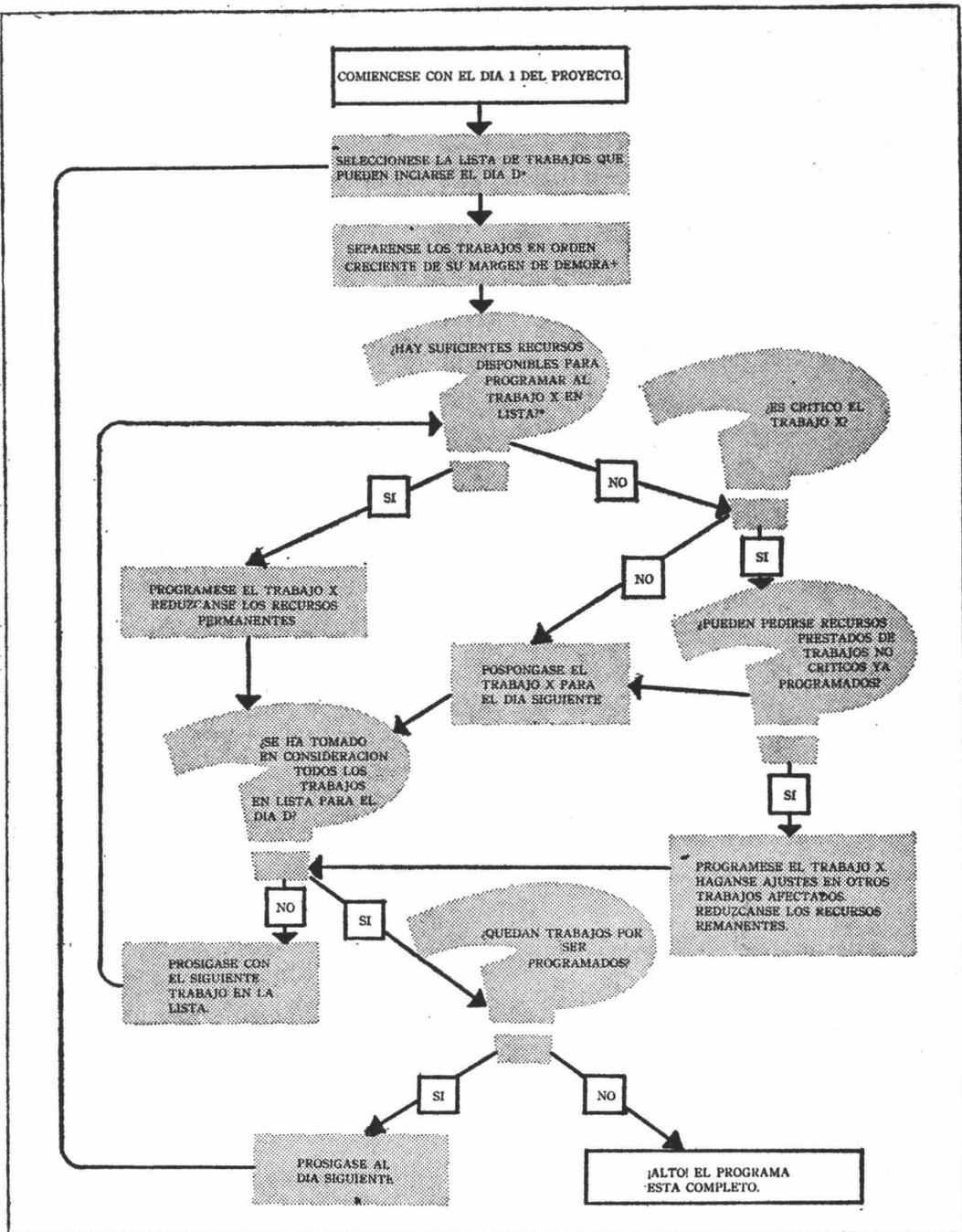


FIGURA 8. Diagrama de flujo de un programa heurístico simplificado para la programación de un proyecto a gran escala.

- * El día "D" es el día que se está tomando en consideración; el trabajo "X" es el que se está tomando en consideración.
- * **Holgura** es una medida del número de días que se puede retrasar un trabajo sin retrasar al proyecto en su totalidad. Un trabajo es crítico si no tiene holgura.

una recolección de información de costos tomada de datos contables, porque muchos de los datos contables tienen importancia solamente dentro del sistema de contabilidad. Nuestro interés está en el comportamiento real de los costos pertinentes bajo las alternativas estudiadas.

EL ANALISIS DE EQUILIBRIO.—(Breakeven Analysis), hace uso de las diferencias en el comportamiento de ciertos costos conforme varía el volumen de operación. El análisis de equilibrio es útil para ayudar a establecer un volumen apropiado de operación, para diagnosticar problemas y para evaluar la idoneidad de un proceso de producción.

Una de las técnicas sencillas de análisis más valiosa, el *ANALISIS DE COSTOS INCREMENTALES*, trata solamente con aquellos costos que se ven afectados por las políticas o las alternativas en estudio. El problema de los programas alternos de producción discutidos anteriormente es un ejemplo de un análisis de costos incrementales. Cabe notar que no debemos evaluar los costos de alternativas haciendo un cálculo de los costos totales de operación con los planes alternos. Este enfoque sería tedioso y tomaría demasiado tiempo. En cambio, debemos determinar los niveles sólo de aquellos costos que se ven afectados por los programas alternos; es decir, los costos de inventario, los costos de movilización, de la mano de obra, las gratificaciones por trabajo en tiempo extra y los costos adicionales de la subcontratación. Los conceptos de costos incrementales son de utilidad virtualmente en todas las áreas de análisis de los sistemas de operaciones y por lo general se presentan en los modelos matemáticos formales como la programación lineal y el análisis de lista de espera.

Otro tipo de problema de costos ocurre cuando el *ACTIVO ESTRUCTURAL* (Activo fijo de capital) es tomado en consideración en las alternativas generadas. La naturaleza del comportamiento de los costos es un tanto diferente bajo es-

tas circunstancias y requiere de un tacto especial. La interrogante de cuándo remplazar a un activo estructural es problema conexo.

PROGRAMACION LINEAL

El acelerado incremento en las aplicaciones de la programación lineal a problemas industriales ha hecho virtualmente imposible mantenerse al parejo con ellas, no sólo debido a su número (y diversidad) sino también debido a las condiciones bajo las cuales se llevan a cabo muchas de esas aplicaciones. El no poder investigar la importancia general de algunos descubrimientos particulares es una de esas condiciones.

Una disertación acerca de "las aplicaciones industriales de la programación lineal" puede versar sobre un par de temas. Estos temas son: (1) el uso de modelos de programación lineal como guía para la recolección de datos, y (2) el análisis y pronóstico de ideas fructíferas que surjan de haber sido descubiertas por las aplicaciones industriales.

El primero de estos temas puede resumirse en la declaración de que la formación de modelos y los requerimientos de datos son aspectos gemelos del mismo proceso. Los dos deberían ser considerados con flexibilidad y, en diferentes etapas del estudio, ajustarse uno a los propósitos, las limitaciones y las posibilidades del otro. El segundo tema (las áreas potenciales de investigación) estará basado en nuestras propias experiencias reforzadas por referencias a informes a los que hayamos podido tener acceso. La discusión, de carácter fuertemente conjetural, se centrará en el posible aislamiento de tipos de modelos básicos (y sus métodos de aproximación) que pudieran servir como material de construcción en la síntesis de modelos más completos para una amplia variedad de problemas de planeación gerencial.

PLANEACION, OPERACIONES Y CONTROL

Para aclarar discusiones subsecuentes, pueden distinguirse tres áreas de actividad gerencial: (1) planeación, (2) operaciones, y (3) control.

La fase de planeación de la gerencia (que tal vez debiera ser llamada “planeación pura”) implica la consideración de diversas propuestas, la evaluación de alternativas —incluyendo procedimientos para asegurarse de que todas las alternativas de alguna importancia son tomadas en consideración (explícita o implícitamente)— y el rastreo y la evaluación de sus consecuencias para poder trazar un curso de acción. El énfasis relativo que se dé a la decisión y la gama de opciones dependerá hasta cierto grado del nivel gerencial que esté siendo tomado en consideración —por ejemplo, sólo la alta gerencia o a lo largo de toda la línea— así como de otros factores.

Ayudará a distinguir entre la planeación y las operaciones el considerar a éstas como aquella etapa de la gerencia en que los recursos se ven de hecho comprometidos. Nótese, en particular, que esta distinción entre los planes y las operaciones permite ciertas divergencias entre los dos. Los compromisos de recursos que se planean pueden diferir de los que de hecho se emprenden. Es probablemente hasta aconsejable tener tales divergencias especialmente cuando los planes y las operaciones son elaborados por diferentes personas o mediante procesos diferentes.

El análisis de estas divergencias entre los planes y las operaciones requiere recurrir al tema del control gerencial. De hecho, la cuestión de la conformidad entre los planes y las operaciones constituye el meollo del problema del control gerencial. Debe recordarse, sin embargo, que los planes y las operaciones están sujetos a cambios para poder asegurar esa conformidad. Más aún, la conformidad exacta es por lo gene-

ral considerada como indeseable. Indica una falta de independencia entre las dos fuentes de actividad sobre las que dependen los controles mismos. En estos aspectos (y en otros también) las versiones estandarizadas del control en los sistemas físicos requieren ser adaptadas antes de que puedan ser satisfactoriamente traducidas para su aplicación operativa.

No es objetivo de esta tesis profundizar en los problemas omnipresentes del control gerencial. Los procedimientos que eso implicaría son sutiles, complejos y variados. El tema es mencionado principalmente para proporcionar una perspectiva para una discusión subsecuente de los estudios de planeación. Un buen plan (como un presupuesto o un pronóstico de ventas) no necesariamente lleva a un buen control. Por lo general es necesario hacer algunos ajustes al pasar de la etapa de planeación a la de control y de operación. En realidad, es probable que los mismos procedimientos por medio de los cuales los participantes se convierten en parte del plan requieran de una cuidadosa consideración cuando el control es su objetivo.

Los buenos datos de planeación y los buenos datos de control no son necesariamente los mismos. Es posible que ninguno de ellos pueda demostrar ser apropiado para las operaciones. Debieran mantenerse en mente estas distinciones al formar o probar modelos en cualquiera de estas tres áreas —planeación, operación y control. El hecho de que la mayor parte de las decisiones de operación y los datos oscilan entre estas áreas subraya la importancia de conservar en mente a estas distinciones. Los planes deben ser elaborados y probados con referencia a los datos de planeación. El hecho de que los resultados no se ajusten a las operaciones no es decisivo a menos que sea en el área de análisis.

Hasta la fecha, las aplicaciones de la programación lineal han estado, y por mucho, centradas en la planeación. Las aplicaciones en las operaciones cotidianas —como los mo-

delos de mezclas empleados en las refinerías— han sido presentadas en informes, pero no hay suficientes datos disponibles como para hacer una evaluación. No se ha informado de aplicaciones en el área de control.

MODELOS CETERIS PARIBUS Y MUTATIS MUTANDIS

Los modelos de programación lineal son modelos *de sistemas*. Los requerimientos y la validez de los datos deberían ser juzgados de acuerdo con eso. A los requerimientos de los modelos de sistemas (una comparación entre los datos y los objetivos) ocasionalmente se les pasa por alto. Por lo tanto vale la pena dedicar un poco de tiempo a este tema.

El punto es sencillo pero de cualquier forma importante. Ha recibido una atención reciente y explícita en la discusión de las llamadas “cifras de importancia” en la literatura de investigación de operaciones. La elección de tales cifras de importancia es interesante pero su evaluación para propósitos de sistemas no siempre es obvia. Considérese, por ejemplo, el caso de un fabricante que desea minimizar el costo total de lo que necesita para surtir sus pedidos. Pudiera ser difícil o hasta imposible establecer el costo de fabricación de la producción requerida. Sin embargo, la empresa no necesita abandonar su objetivo de minimización de costos sencillamente porque la cifra importante indicada no está disponible. Las investigaciones recientes en la programación lineal sugieren que los procedimientos pueden estar disponibles de tal modo que, bajo circunstancias algo favorables, puedan emplearse variables alternas que sustituyan a las cifras faltantes de costos. Así, se podría emplear a las horas de la mano de obra como sustituto y minimizarse el costo total siguiendo procedimientos definidos de programación. El problema de la minimización de costos, entonces, pue-

de ser considerado como resuelto siempre y cuando la gerencia no desee conocer (o no pueda conocer) la magnitud de estos costos. Es más, estos procedimientos también pueden optimizar otros criterios. Las fluctuaciones en las tasas de producción, la elección de intervalos óptimos de planeación y otros criterios de esa naturaleza podrían incluirse en estas mismas reglas.

Qué tanto puede emplearse una serie de criterios, o de cifras de importancia en lugar de otra es algo que no ha sido evaluado totalmente todavía. Este tema es, en principio, adecuado para la investigación científica que lleve a una teoría de decisiones. Un subproducto de las aplicaciones actuales de la programación lineal y técnicas relacionadas es el creciente conocimiento de importantes objetivos y criterios gerenciales. Más aún, este material está siendo presentado en informes de manera apropiada para proporcionar una guía para la investigación científica. Puede sacarse un ejemplo de la literatura de reciente publicación que trata de los problemas de pronóstico y predicción con propósitos gerenciales. Holt, Simon y Modigliani, en su estudio de una fábrica de pintura informan que los ahorros en los costos atribuibles a mejoras en las reglas de decisión (de una variedad matemática de programación) fueron mayores que los que podrían atribuirse a la eliminación de errores de pronóstico. Modigliani y Hohn también han demostrado que, bajo ciertas situaciones, sólo partes de la demanda de un producto desconocido necesitan ser indagadas con exactitud para poder programar óptimamente a la producción. Hay todavía otras sugerencias y descubrimientos disponibles.

No se necesita ni se debe sostener que pueden eliminarse los problemas de predicción o los problemas de criterio y objetivo. Las diferencias en los requerimientos de control, operación y planeación ya han sido sugeridas, así como el asunto de las aplicaciones de los sistemas. Un uso flexible de los mo-

delos de programación puede algunas veces reducir la importancia aparente de asuntos de recolección de datos, predicción y evaluación. El uso de sustitutos ya ha sido mencionado, y el desarrollo de medios más adecuados para tratar con numerosas variables en una base estocástica (probabilidad condicional) ofrece mayores promesas en esta dirección. De hecho, una contribución que puede hacer la programación lineal es reducir y simplificar los requerimientos de datos de la planeación gerencial.

Una buena parte de esta planeación está siendo actualmente realizada con base en lo que podrían llamarse modelos *ceteris paribus*. Un modelo de esta naturaleza altera a una de las variables al mismo tiempo que mantiene constantes a las demás. Se distingue tal vez de los modelos *mutatis mutandis*, en que en éstos todas las variables se ajustan a cada una de esas alteraciones. Un estudio de las variaciones en el precio propuesto para un producto en una mezcla, sosteniendo a todos los demás productos en niveles dados, es un ejemplo *ceteris paribus*. Para convertirlo en un estudio *mutatis mutandis*, deben ajustarse todas las variables a los cambios indicados. La programación lineal tira en dirección *mutatis mutandis*.

Es probable que los requerimientos de exactitud en los datos difieran en los dos casos. Luego un alto grado de exactitud absoluta podría ser necesario en un estudio *ceteris paribus* y no en un estudio *mutatis mutandis*. Como una ligera caracterización del último caso podría decirse que es mejor contar con datos de una calidad relativamente uniforme (exacta o inexacta), que contar con parte de los datos altamente exactos y el resto menos exactos.

RESTRICCIONES REDUNDANTES Y VARIABLES EXTRAÑAS

Una restricción redundante entra en un programa óptimo con un margen positivo. Una variable extraña entra en

cero. La omisión de tales restricciones y variables ofrece una forma para simplificar los modelos iniciales. Dichas restricciones y variables pueden agregarse en una etapa posterior, sea registrando las soluciones directamente o, si hay alguna duda acerca de su posición, empleando los datos que aparecen en las tablas para propósitos de prueba o de solución. Cada tabla proporciona una serie de vectores linealmente independientes que sirven como base. Por medio de un margen o de vectores artificiales se puede introducir una restricción adicional en cualquier etapa sin perturbar a los cálculos previos. Si la restricción fuera crítica en vez de redundante, la nueva lista requerida en la tabla se obtiene fácilmente de la información ya disponible. También pueden añadirse variables adicionales adjuntando nuevas columnas a la tabla. La comparación con los datos óptimos obtenidos antes de tales alteraciones también proporciona información de subproducto como "costos de oportunidad" de las restricciones adicionales. Algunas modificaciones algo sencillas en la tabla permiten el uso del reverso de la base (que aparece debajo de los vectores de margen) para efectuar un cierto número de tales extensiones en forma relativamente fácil.

Ninguna restricción nueva (en el mismo número de variables) puede mejorar un óptimo y ninguna variable nueva (en el mismo número de restricciones) puede empeorarlo. Por definición, ni las restricciones redundantes ni las variables extrañas pueden afectar el valor de un programa óptimo. Tal vez tengan efectos secundarios, sin embargo, cuando se considera la posibilidad de alteraciones en el programa —es decir, al hacer un estudio de lo inadecuado de los datos.

En principio una nueva variable, extraña o no, siempre aumenta la sensibilidad de un programa al proporcionar una nueva dimensión para las variaciones. No obstante, una nueva variable extraña no necesariamente reduce (en cualquier dirección) el ángulo mínimo de rotación que determina si se

requiere un nuevo programa físico para poder lograr el grado óptimo. El uso cada vez más extendido de la programación lineal ha estimulado a la investigación científica. Hay ahora modelos, métodos y teoremas disponibles para el manejo de una variedad de problemas. Las nuevas aplicaciones proporcionarán una guía necesaria ya para esta investigación, especialmente puesto que los problemas verdaderamente grandes y complejos de la gerencia han sido sacados a la luz y estipulados de una manera que los hace apropiados para la investigación científica.

Algunas de estas necesidades ya son aparentes. Se requerirán métodos mejorados para obtener soluciones aproximadas así como métodos para la obtención de “comienzos avanzados” que aprovechen todas las ventajas del “know how”, la experiencia y el juicio gerenciales existentes. Las técnicas de limitación, los análisis de dominio y otros instrumentos de esa naturaleza, también demostrarán ser de tanto valor (si no indispensables) como los tipos de análisis de redundancia y sensibilidad que han sido ejemplificados de una manera elemental en este estudio. Finalmente, se necesita un mayor conocimiento de la naturaleza de no-linealidades esenciales (e importantes), de haberlas, que probablemente se presenten en problemas de tipo gerencial.

Se han logrado progresos de naturaleza fundamental en cada una de estas áreas y está lista la etapa para realizar desarrollos futuros. El método simplista del Dr. Dantzing y algunos desarrollos subsecuentes han abierto el camino para un curso de desarrollo que ahora se ha extendido al manejo de ciertos tipos de funciones no lineales. El teorema dual de Gale, Kuhn y Tucker tiene muchas aplicaciones que varían de la evaluación de estipulaciones a la limitación o, llamándola de otra manera, control de soluciones. El “lema geométrico” de Tucker, el “teorema de la existencia”, y otros temas conexos —como el teorema de la alternativa— propor-

cionan una base para su exploración en muchas direcciones. Finalmente, la presencia de las llamadas “restricciones de equilibrio” en problemas de producción, mercadotecnia y finanzas sugiere que los métodos afines a la llamada “técnica de variables limitadas” será de gran valor en el manejo de aspectos especiales de muchos tipos de problemas industriales.

Los nuevos teoremas y las notaciones apropiadas que comprenden y simplifican la labor de análisis indudablemente serán necesarios. Esto es, por supuesto, sólo otra forma de decir que se necesita una nueva matemática. El campo comúnmente conocido como matemáticas aplicadas ha proporcionado instrumentos que han sido de gran ayuda al progreso de la ciencia clásica de laboratorio. Estos instrumentos han demostrado ser efectivos para tratar con problemas de gran sutileza. Los problemas gerenciales ocurren típicamente fuera del laboratorio. Pueden, en algunos aspectos, ser menos sutiles que algunos de los problemas tradicionales en matemáticas; pero de cierto son complejos en que, aun cuando las relaciones implicadas con frecuencia parecen ser simples (cuando son vistas por separado), también es probable que sean de tipos numerosos y que impliquen un gran número de interacciones. Los progresos en el manejo de problemas de esta clase son vitales para la ciencia (así como para las matemáticas), en forma tal que se pueda extender su alcance.

TIPOS DE MODELOS DE PLANEACION GERENCIAL

a) *Aproximaciones de Modelo.*

Las primeras investigaciones en la programación lineal se han ocupado de (1) diseñar métodos generales de solución y (2) de establecer relaciones con otras disciplinas científicas. Se han logrado éxitos considerables y pueden esperarse más.

Ahora se sugerirá, sin embargo, que el progreso en todavía otra dirección es esencial para extender el área de las aplicaciones industriales. En particular, necesitan desarrollarse métodos especiales que hagan posible manejar los problemas gerenciales a verdadera gran escala que ahora están surgiendo a la luz. Pueden tomarse diversos caminos y se han hecho numerosas sugerencias. Nos aventuramos a hacer una más, aun cuando sea de naturaleza conjetural. Las recientes aplicaciones industriales han sugerido la posibilidad de que podría, tal vez, ser posible desarrollar unos relativamente pocos tipos de modelos básicos que pudieran combinarse de diferentes modos para cubrir una gran variedad de problemas gerenciales. Si esto resultara cierto, entonces la investigación de métodos especiales de solución y síntesis de modelos particulares se haría más atractiva desde un punto de vista científico.

Ahora ya se han desarrollado numerosos modelos gerenciales a menudo con métodos eficientes de solución altamente especializados. Con frecuencia los modelos para problemas aparentemente disímboles producen estructuras asombrosamente similares. Entonces, las propiedades estructurales originalmente identificadas con modelos para la mezcla de gasolina para avión se han encontrado en número suficiente como para que parezca que vale la pena identificar a una clase de esos modelos de mezclas para campos como la producción de alimentos para animales y la producción de fertilizantes, y en estudios a nivel tanto de toda la industria como de una empresa en particular.

A ser ciertos, los modelos más básicos pueden frecuentemente mezclarse con otros tipos en una estructura más grande. También pueden presentar una apariencia diferente bajo modos diferentes de formulación. Las restricciones de un modelo de bodega, por ejemplo, pueden tomarse de manera diferente cuando son reinstaladas en forma de ecuaciones funcio-

nales. Estas variaciones simplemente sirven para extender el tema de investigación e incluir los métodos apropiados de identificación, transformación, descomposición y síntesis de los tipos de modelos básicos.

Los ejemplos anteriores cubren lo que podría llamarse tipos de modelos "exactos". La posibilidad de encontrar solamente unos cuantos tipos de modelos básicos que proporcionen material para la elaboración de una variedad verdaderamente amplia de problemas de planeación gerencial se ve aumentada al admitir también a las aproximaciones de modelos.

b) *Modelos jerárquicos y de delegación.*

No es posible en este momento compilar una lista exhaustiva o decisiva de candidatos potenciales. Es importante, sin embargo, asegurar que se está tomando en consideración una amplia variedad de problemas de tipo industrial. Por lo tanto, la atención se volverá a problemas en que se requiera una extensión o interpretación para poder sacarlos a la luz en forma de problemas de programación lineal.

CONCLUSION.

Sólo ha sido posible dentro del alcance de este breve estudio tratar ligeramente una variedad de temas. Otros temas, quizá igualmente importantes, por fuerza han sido omitidos o tratados demasiado ligeramente. Los trabajos de Bellman y otros investigadores de la programación dinámica han sido tratados con demasiada ligereza y lo mismo puede decirse de trabajos recientes en programación cuadrática, secuencias, línea en balance, control de inventarios y otras áreas conexas.

Algunos ejemplos específicos a que se enfrenta el ingeniero en esta área pueden ser de distribución cuando la pro-

ducción de un producto se lleva a cabo en cuatro fábricas ubicadas en diversos puntos. El mercado es nacional y hay varios puntos de distribución diseminados por todo el país desde los que el producto es embarcado a los mercados locales. Considerando sólo a la red desde las fábricas hasta las bodegas de distribución, ¿cuál es el sistema de distribución más económico?; es decir, ¿qué fábricas deberían embarcar a cuáles bodegas de distribución, y en qué cantidades para poder minimizar los costos de embarque? La solución normalmente no es ni sencilla ni obvia porque no se trata solamente de encontrar las rutas de embarque más baratas. La razón es que la salida de productos en cada una de las fábricas es limitada y la demanda en cada una de las bodegas de distribución es establecida por el mercado. El problema, por lo tanto, está en encontrar la combinación más barata de embarques; el número de posibles combinaciones es muy grande o los problemas tienen un gran número de variables. Sin la programación lineal no sabríamos entonces si la solución que hemos desarrollado es óptima o no, o si al menos es muy buena del todo. Con la programación lineal se puede obtener directamente la mejor solución, y podemos demostrar que es la mejor posible. Puesto que hay literalmente miles de posibles soluciones, la programación lineal ya ha logrado algo que vale la pena.

METODOS SIMPLES.

Aunque algunos problemas de colocación pueden ser manejados con un formato normal, otros requieren de un modelo simplista más general. Los problemas para determinar la mezcla óptima de productos que van a ser producidos a menudo se atacan mediante los métodos simplistas de la programación lineal. Los métodos simplistas de la programación lineal pueden proporcionar programas de mezclas óptimas de productos de este tipo general para problemas extremadamente complejos cuando la respuesta no es del todo obvia.

Con un poco de recapitación y proyección, podemos ver que hay un gran número de problemas prácticos que son casos especiales del problema de prorrato de costos generales. Veamos unos cuantos problemas típicos en que la programación lineal podría ser de utilidad:

- 1 — La distribución de productos desde un grupo de puntos de origen a un número determinado de puntos de destino en forma tal que satisfaga la demanda en cada uno de los puntos de destino y los suministros disponibles en los puntos de origen minimizando los costos totales de transportación.
- 2 — La distribución de productos desde las fábricas hasta las bodegas en forma similar a la anterior, pero minimizado los costos combinados de producción y distribución. Si los productos reciben diferentes ingresos de las diversas áreas de comercialización, se podría maximizar una función que incluya ingresos menos los costos de producción-distribución.
- 3 — Estudios de ubicación de plantas cuando se producen productos comunes con un complejo descentralizado de plantas. En este caso se desea evaluar las diversas ubicaciones alternas para la construcción de una nueva planta. Cada diferente ubicación estudiada produce una matriz diferente de prorrato del producto desde las fábricas hasta los puntos de distribución debido a la diferencias en los costos producción-distribución. La mejor ubicación nueva es la que minimice los costos totales de producción-distribución para todo el sistema; ésta, por supuesto, no es necesariamente la ubicación que parece tener los costos más bajos de producción.

- 4 — La dinámica ubicacional de las plantas múltiples.
En este caso el problema es algo similar al del punto anterior, pero la interrogante es cuáles plantas deben operarse a qué niveles para satisfacer una demanda total dada. Ya que normalmente puede obtenerse una capacidad adicional en cada una de las ubicaciones mediante el trabajo de tiempo extra, y ya que pueden ahorrarse ciertos costos de gastos generales cerrando una de las plantas, existen condiciones en que los costos totales se minimizan cerrando una de las plantas y abasteciendo a la demanda total desde las otras plantas, aun cuando se incurra en costos por pago de trabajo en tiempo extra. La planta que va a cerrarse no es necesariamente la planta con altos costos de producción; esto depende de la importancia relativa de los costos de producción y distribución.
- 5 — La redistribución de los vehículos de carga vacíos desde las ubicaciones existentes hasta los puntos donde se necesitan, de tal modo que se minimicen los costos de transportación.
- 6 — El prorrateo de las materias primas limitadas empleadas en una variedad de productos de manera que se maximicen las utilidades totales, satisfaciendo las demandas del mercado en todo lo que sea posible.
- 7 — La distribución de las instalaciones de producción cuando existen rutas alternas disponibles. Dándose la unidad máquina-tiempo para las rutas alternas de ubicación de la maquinaria, el total de horas disponibles en las diferentes clases de maquinaria, los requerimientos para el número de unidades de cada uno de los productos y el ingreso por unidad de cada producto, la programación

lineal puede dar una solución que maximice alguna función de utilidades, minimice los costos incrementales, o satisfaga algún otro objetivo de la gerencia.

- 8 — Mezcla de problemas. Por ejemplo, un fabricante de pinturas puede necesitar preparar vehículos de pintura que sean una mezcla de varios constituyentes. Los constituyentes, como el petróleo y el tñner, están disponibles en cantidades limitadas y en mezclas comerciales de proporciones fijas. Se conocen los costos por galón de las diversas materias primas posibles. El problema es determinar la cantidad de cada materia prima de tal forma que las cantidades requeridas para las nuevas mezclas se obtengan a un costo mínimo. Otro problema similar es la mezcla de alimentos para animales que proporcione ciertos valores nutritivos máximos a un costo mínimo.
- 9 — Maximizar la utilización de los materiales. En muchos casos hay que recortar plantillas de piezas de producción de materias primas de tamaño estándar. El problema es determinar la combinación de cortes que satisfagan los requerimientos de cantidades de los diferentes tamaños con un mínimo de recortes de desecho.
- 10 — Desarrollar un programa de producción cuando la demanda sea por temporadas. En este caso se trata de prorratear la capacidad disponible entre los diversos períodos de producción para los productos que van a fabricarse en forma tal que satisfagan los requerimientos de todos los productos y minimicen los costos incrementales combinados de inventarios y producción. Los costos incrementales de producción pueden incluir las gratificacio-

nes por trabajo de tiempo extra, los costos de la movilización de personal y los costos adicionales de subcontratación.

- 11 — Problemas de mezcla de productos. Aquí tenemos una clase general de problemas de interés considerable. Si se cuenta con instalaciones de producción que pueden utilizarse para producir varios artículos diferentes que pudieran tener costos, ingresos y demanda de mercado diferenciados, se desea saber cómo prorratear mejor la capacidad disponible entre los diversos productos dentro de las limitaciones de la demanda en el mercado.
- 12 — Planeación a largo plazo. El problema general de la planeación de la capacidad se tiene que solucionar a corto plazo, cuando frecuentemente el problema debiera haberse visto a largo plazo. Un modelo hecho dentro del marco de la programación lineal puede ayudar a despejar dudas tales como: (a) el efecto de un pronóstico dado de demanda sobre los planes de capacidad, (b) el efecto de los cambios en los costos de propiedad, (c) el efecto de los cambios en los costos de capacidad en arriendo, y (d) la sensibilidad al error de pronóstico de las diversas decisiones y costos.

MODELOS DE LISTA DE ESPERA O DE PRIORIDADES

Muchos problemas de producción están relacionados de alguna manera con la elaboración de listas de espera. En estos tipos de problemas tenemos a hombres, partes o máquinas que necesitan de algún tipo de servicio a intervalos de tiempo tomados al azar. La actividad requerida para proporcionarles el servicio puede tomar una cantidad variable

de tiempo. Bajo ciertas condiciones de número de llegadas y número de servicios proporcionados, se crea una lista de espera. La teoría de la lista de espera proporciona un medio para pronosticar la *probable longitud* de la lista de espera y el *probable retraso o tiempo de espera*, así como otros datos de importancia. El conocimiento de estos hechos hace posible la toma de decisiones más inteligentes acerca de interrogantes de los tipos siguientes:

- 1 — ¿Cuántos empleados se necesitan para dar servicio en un depósito de herramientas? El empleado del depósito de herramientas distribuye herramientas especiales entre los maquinistas y otros obreros. Si el número de empleados es elevado, los que haya estarán demasiado ocupados, pero se creará una lista de espera de maquinistas con altos salarios. Si el número de empleados es elevado, los que haya estarán inactivos la mayor parte del tiempo, pero la lista de espera promedio será corta. Una medida de efectividad, "E", es entonces el costo combinado del tiempo de espera para los empleados y para los maquinistas. Una de las soluciones indica el número de empleados que se requiere para obtener un costo total mínimo de tiempo de espera. La teoría de la lista de espera puede proporcionar los datos críticos requeridos para encontrar una solución.
- 2 — ¿Cuánto tiempo deberá pasar un transportador entre dos estaciones en una línea de ensamblado? Si suponemos que los artículos no están rígidamente fijos en el transportador, la longitud del tiempo depende la acumulación probable máxima que se produzca entre las dos estaciones. La primera estación determina la proporción de llegada de las partes. La segunda estación determina la proporción en que las partes van a ser procesadas y despachadas. La

teoría de la lista de espera puede determinar la acumulación probable máxima que, a su vez, determina la longitud del transportador necesaria para acomodar al máximo inventario en proceso esperado en ese punto.

- 3 — ¿Cuántas máquinas automáticas debería operar un solo hombre? Cuando las máquinas necesitan servicio como encendido, cargado y ajuste, a intervalos irregulares, como sucede en el caso de los conductos automáticos, la asignación óptima depende de un balance entre la pérdida de tiempo productivo de las máquinas y el tiempo de inactividad del operador cuando ninguna máquina necesita servicio.

La teoría de la lista de espera puede pronosticar el tiempo *probable* de espera y la longitud *probable* de la lista, así que la gerencia puede decidir cuál es la distribución óptima de personal y equipo para minimizar los costos incrementales. Para hacerlo, se debe conocer la naturaleza de las distribuciones de llegadas y de los tiempos de servicio.

En los casos en que las distribuciones de tiempos de llegada y de servicio encajan en ciertas distribuciones estadísticas, se han desarrollado ecuaciones que dan directamente las partidas de datos que nos interesan; como la longitud promedio de la lista de espera, el tiempo promedio de espera y el número promedio de unidades en el sistema. Las restricciones importantes son las distribuciones. Si las distribuciones reales de tiempo de llegada y de servicio se ajustan bastante bien a las distribuciones estadísticas, es muy poco el trabajo que se requiere para determinar una solución. Por otro lado, si el ajuste no es bueno, podría necesitarse una gran cantidad de trabajo para desarrollar una solución matemática. En tales casos, pueden emplearse los métodos de simulación para desarrollar una solución sin importar la naturaleza de las distribuciones reales.

La función matemática conocida como distribución de Poisson se emplea comúnmente para describir las tasas de llegadas. Teóricamente, cuando las tasas medias de llegadas y de servicio son iguales, la longitud de la fila de espera y, en consecuencia, el tiempo de espera se harían infinitamente largos. Decimos que esto es verdad sólo teóricamente, porque en una situación práctica pueden suceder varias cosas que lo impidan. Si las personas son las unidades involucradas en la fila de espera, es probable que se desalienten los nuevos llegados al ver una fila excesivamente larga y se vayan. También, cuando hay personas implicadas, las horas de trabajo limitan la longitud de la fila ya que se reduce a cero cuando termina la jornada de trabajo. Finalmente, las personas que realizan el servicio tienden a reaccionar ante la formación de una fila de espera acelerando la proporción del servicio. Cuando las unidades que requieren servicio son refacciones o tal vez máquinas, no tienen lugar algunos de estos efectos compensatorios.

MODELOS DE SIMULACION.—La simulación de problemas en la gerencia de producción es una técnica que se está generalizando rápidamente. Aunque las ideas fundamentales detrás de la simulación se bastan por sí solas para operar; de hecho, esa rápida expansión ha sido acelerada por la computadora electrónica de alta velocidad, debido a que el trabajo aritmético requerido por los problemas prácticos es por lo general demasiado grande como para ser calculado a mano. Este tipo de enfoque a los problemas establece un modelo simulado y después desarrolla el experimento completamente sobre papel (o en una computadora) para ver el efecto de las variables de interés en la medida de efectividad que ha sido escogida. Los modelos de simulación siguen una estructura conceptual similar a la discutida anteriormente; “Un marco para el análisis”, excepto que el modelo es empírico. También, el modelo de simulación no produce una respuesta óptima como en el caso de algunos modelos matemá-

ticos. Las comparaciones entre las alternativas pueden hacerse por medio del modelo de simulación; pero el analista debe establecer las alternativas por sí mismo. Es un método sistemático de tanteos para resolver problemas complejos.

¿Cuándo es útil la simulación? Algunos ejemplos podrían ser: (a) para problemas de fila de espera cuando las distribuciones reales de las tasas de llegada y procesado no sean estadísticas, o (b) en los casos de problemas complejos de filas de espera en los que cada estación tiene varios canales, o estaciones en tándem, como en el caso de una línea de producción. A gran escala, esta técnica puede emplearse para simular la operación entera de producción.

El poder de un instrumento de esta naturaleza para el encargado de la toma de decisiones que se enfrenta constantemente a una legión de alternativas relacionadas con la programación del trabajo, el equipo, los cambios de cargas de trabajo, etc., es muy grande. Sus objetivos básicos están claros. Desea tomar decisiones que maximicen el retorno a la inversión o minicen los costos —si sólo pudiera ver clara y rápidamente el efecto de las diversas alternativas a las que se enfrenta sin tener que esperar para ver cómo funcionará en la práctica. Para el responsable de la toma de decisiones, la situación ideal es la que permite ensayar una idea sin antes tener que arriesgar o comprometer fondos de la compañía; con un modelo de simulación y una computadora, puede ensayar docenas de alternativas. Igualmente, puede aprender muchísimo acerca de la interdependencia de las variables en el sistema complejo. Por ejemplo, puede observar el efecto de un cambio en la política de inventario sobre la capacidad de la planta y los costos de mano de obra. De esta manera puede aprender a tomar muchas decisiones conjuntas en vez de separadas y por lo tanto evitar errores costosos de suboptimización. La simulación, con la ayuda de las computadoras de alta velocidad, a final de cuentas pone un laboratorio experi-

mental a la disposición del personal de la gerencia de producción.

METODOS ESTADISTICOS.—El método de muestreo, conocido generalmente como Método Monte Carlo, es un procedimiento de simulación de valor considerable. En la última sección dedicada a la teoría de la lista de espera hablamos de distribuciones que no encajaban dentro de las distribuciones estándar para las que habíamos desarrollado dicha teoría, y de situaciones complejas de lista de espera en que la complejidad matemática se hace bastante considerable. Los datos requeridos pueden elaborarse mediante la simulación de las condiciones del problema.

ANALISIS DE REGRESION.—Un conocimiento de las estadísticas y las probabilidades proporciona un marco para el manejo riguroso de datos en forma tal que podemos no sólo sacar conclusiones basadas en el modelo de predicción que construimos, sino también evaluar el riesgo de que los pronósticos o las predicciones pudieran ser erróneas. Entonces, un estudio de correlación de dos factores, como la viscosidad y los defectos de un producto para pintar, puede ser que indicara que los dos factores no se mueven juntos, sino que el error probable pudiera ser muy grande si tratamos de pronosticar el número de defectos en la pintura que esperamos encontrar según la medida de viscosidad. De la misma manera, una gráfica de control estadística de los errores en una operación de oficina, o de la movilización de la mano de obra, podría indicar que estamos experimentando una situación anormal, sea por encima o por debajo de los límites aceptados de variación. Además, no obstante, sabemos que la posibilidad de que estemos equivocados al suponer que el proceso está fuera de nuestro control es de solamente 0.27 por ciento si se han asignado los límites comunes de control de probabilidades.

Una gran contribución de la estadística moderna al análisis de producción está en el campo general llamado inferencia estadística. En ella encontramos el desarrollo de una metodología para el ensayo formal de hipótesis. Este campo en la estadística es de un gran valor porque nos permite tratar con problemas que muestran grandes variaciones en los valores medidos de los factores o las variables que pudieran definir al sistema, y esas conclusiones pudieran ser bastante precisas. Luego puede ser posible ensayar la hipótesis de que un nuevo método para una operación de oficina es más rápido o produce menos errores. O podemos demostrar la hipótesis un tanto más compleja de que entre los factores que pueden contribuir a una mala calidad, sólo uno es de importancia.

Supongamos, por ejemplo, que hay cuatro máquinas que se utilizan para realizar una operación en la producción de una parte y que estamos teniendo dificultades con la calidad del producto. El capataz sostiene que sus cuatro máquinas no son igualmente confiables. El superintendente de la planta acusa a los operarios de las máquinas con la teoría de que sencillamente no se pueden conseguir empleados calificados en estos días. Los trabajadores dicen que las materias primas son algunas veces defectuosas, especialmente cuando provienen de cierto abastecedor. Cuando se examinan los informes de calidad no queda en absoluto claro si son las máquinas, los obreros o los proveedores los que tienen la culpa. Es posible, sin embargo, recurriendo a una técnica de inferencia estadística, el *análisis de variación*, realizar un sencillo experimento que nos dirá con un nivel preasignado de confianza las contribuciones a la mala calidad de cada una de estas tres fuentes.

El análisis estadístico en la gerencia de producción y operaciones tiene un gran campo propio de aplicación. Por ejemplo, con técnicas como el *muestreo del trabajo* y el *control estadístico de calidad*. No obstante, como instrumento general de *análisis*, los conceptos estadísticos a menudo proporcionan

ayuda en la aplicación de algunos otros tipos de las técnicas analíticas ya descritas. Por ejemplo, al tratar de determinar qué factores o variables son de importancia en un modelo de simulación de flujo a través de un sistema de producción, podemos ensayar la hipótesis de que el tiempo requerido para el flujo a través del sistema depende del número de operaciones que van a desempeñarse. O, al estudiar la naturaleza de una estructura existente de salarios, podríamos desear determinar la línea de regresión de una medida de dificultades en el empleo contra los salarios pagados. En ninguno de estos casos se emplea el análisis estadístico como modelo central; sin embargo, contribuye al análisis global.

MODELOS DE PLANEACION DE REDES — La importancia que adquirieran después de la segunda guerra mundial la investigación y el desarrollo de proyectos de gran escala en nuestra economía ha exigido técnicas especiales de planeación. Estas técnicas, conocidas con el nombre de PERT, representan al trabajo que se necesita hacer como una red de actividades que toma en cuenta a las interdependencias de programación y división en fases de las operaciones. Partiendo del modelo básico de redes, pueden computarse estadísticas de programación que hagan posible determinar qué actividades deben realizarse a tiempo (son críticas) y cuáles tienen un margen de programación. Esto resulta en un concepto conocido como programación de ruta crítica. La red de actividades y las estadísticas de programación entonces se convierten en una base de los planes para el despliegue de recursos en el proyecto.

METODOS HEURISTICOS.—Es interesante notar que uno de los énfasis que se hacen actualmente en la investigación de la gerencia de operaciones encuentra valor considerable en las viejas, y tal vez arbitrarias, “reglas empíricas” por las que la gerencia fue originalmente criticada por los científicos gerenciales. Los métodos, modelos y programas heu-

rísticos han encontrado recientemente un lugar respetable en la metodología analítica. El término "heurístico" originalmente significaba descubrimiento de ayuda o guía. Pero en su significado gerencial común, se refiere a un conjunto de reglas o guías para la toma de decisiones que, aunque no necesariamente óptimas, son y simplifican la solución de problemas complicados.

La dificultad en muchos problemas ingenieriles a nivel gerencial, utilizando otra clase de análisis, es que el problema mismo es tan complejo que puede ser imposible encuadrarlo matemáticamente. Aun así deben encontrarse respuestas; reglas empíricas con alguna base lógica pueden ser el mejor método a usar. Esto no quiere decir usar cualquier regla para la toma de decisiones, sino utilizar un conjunto de reglas lógicas y consistentes. Dentro de un programa heurístico complejo algunas de las reglas heurísticas individuales empleadas pueden derivar de análisis matemáticos u otras investigaciones sobre problemas más pequeños y más manejables.

Con muchos de los problemas en la gerencia de producción y operaciones existe un número extremadamente grande de puntos de decisión en una secuencia; luego el número de combinaciones posibles de decisiones es enorme. Esto se puede ilustrar en un "diagrama en árbol" de decisiones. Naturalmente, una forma para encontrar la mejor solución es evaluar el resultado final para cada una de las combinaciones de puntos de decisión. A esto lo llamamos enumeración, y es práctico sólo cuando el número de rutas posibles es relativamente pequeño. Pero las clases de problemas a que nos estamos refiriendo no pueden enfocarse de esta manera, ni siquiera con la ayuda de computadoras de alta velocidad. El enfoque heurístico es examinar el diagrama en árbol y eliminar ramas. Por supuesto que es enteramente posible que el proceso de eliminación pueda eliminar ramales que podrían llevar a excelentes soluciones, pero éste es el riesgo implícito en los métodos heu-

rísticos. El esfuerzo de investigación se reduce por medio de los métodos heurísticos a costa de posiblemente desechar la mejor de las soluciones.

Otra versión, simplificada, de un programa heurístico desarrollado en base a la programación de actividades en proyectos de un tiempo a gran escala está basada principalmente en tres reglas heurísticas:

- 1 — El prorrateo en serie de los recursos en el tiempo. Esto es, comenzar por el primer día y programar todas las actividades posibles; después hacer lo mismo para el segundo día, y así sucesivamente.
- 2 — Cuando varios trabajos compiten por los mismos recursos, dar preferencia a los trabajos con menos elasticidad para absorber retrasos.
- 3 — Reprogramar los trabajos no críticos, de ser posible, para poder liberar recursos para la programación de los trabajos críticos (no elásticos).

Los métodos heurísticos en la gerencia de operaciones han sido aplicados con éxito en problemas como el equilibrio de la línea de ensamblado, la disposición de las instalaciones, los programas para los talleres, la ubicación de las bodegas, el control de inventarios y la programación de proyectos de un tiempo a gran escala.

MÉTODOS DE INVESTIGACION POR COMPUTADORA.—Otro enfoque relativamente nuevo para obtener soluciones a algunos problemas demasiado complejos es el uso de métodos de investigación por computadora. En el pasado la complejidad de muchos tipos de problemas de la ingeniería de operaciones ha sido tan seria que el elaborador de modelos ha tenido que restringir sus atenciones a modelos sencillos que pudieran ser resueltos por medio de técnicas analíticas, o recurrir a métodos de simulación o posiblemente heurísticos. Actualmente, sin embargo, la computadora ha hecho posibles

técnicas tanto analíticas como heurísticas de investigación. Estas técnicas han aumentado significativamente la probabilidad de encontrar el óptimo global de modelos complejos. Una de tales técnicas para encontrar el óptimo global es un procedimiento directo de investigación por computadora. Los métodos de "investigación directa" consisten en un examen secuencial de un conjunto finito de soluciones factibles de ensayo de una función de criterio. Se produce una evaluación de un solo ensayo especificando valores para cada variable independiente, evaluando la función de criterio y registrando los resultados. Cada valor de ensayo es comparado con el mejor valor previo; si se observa una mejoría, se acepta al valor de ensayo y se rechaza el mejor valor previo. El procedimiento continúa de esta manera hasta que ya no pueden encontrarse más mejorías, hasta que se ha hecho un número predeterminado de evaluaciones de ensayo, o hasta que se ha excedido el límite de tiempo de la computadora. En este momento el programa de la computadora imprime la mejor combinación de variables independientes que se haya encontrado.

La ventaja del uso de métodos de investigación directa está en la elaboración del modelo de la función de criterio. No hay restricciones de forma matemática impuesta, como la linealidad. Además, hasta la fecha, los problemas han sido resueltos con hasta sesenta variables independientes, usando un tiempo modesto de computadora, y parece ser que el número posible de variables independientes en tales programas puede extenderse todavía más. En la gerencia de operaciones, los métodos de investigación directa se han aplicado a los problemas agregados de planeación y programación y al problema de programación en red con recursos limitados.

ANALISIS ESQUEMATICO Y GRAFICO.—Las formas tradicionales de análisis empleadas en los sistemas de producción han sido métodos esquemáticos y gráficos suplementados con análisis de costos incrementales. Los instrumentos analíticos más importantes de este tipo son gráficas de flujo que muestran la secuencia y/o la programación de tiempo de las actividades.

CAPITULO III

El Hombre como factor determinante.

Problemática Presentada.

Simplificación del Trabajo.

El medio ambiente de trabajo es uno de los factores más importantes entre los diversos factores que afectan al trabajo. Es crítico en su importancia en cualquier sistema de trabajo; ya que es este medio ambiente el que crea una saludable “voluntad para trabajar” o un reto antagónico a los requisitos de trabajo impuestos. Un medio ambiente favorable de trabajo permitirá a un sistema pobre de trabajo superar a un sistema que es técnicamente mucho más superior. Es esta nebulosa calidad lo que determina qué tan efectivo es verdaderamente un sistema de trabajo en relación con su capacidad potencial. Los sistemas de trabajo se ven influenciados bastante marcadamente por los valores humanos básicos que han sido reconocidos por la organización y sus empleados. Sólo son influenciados directamente por las características físicas que rodean a la situación de trabajo.

En esta parte buscaremos explorar algunas de las características del medio ambiente de trabajo que llevan a un rendimiento eficiente del trabajo. Este tema es considerado convencionalmente como de la incumbencia del psicólogo, el sociólogo, el antropólogo, el experto en relaciones industriales y

el director de personal. Sin embargo, la importancia del tema hace imperativo que el ingeniero, que está directamente implicado, se preocupe por los métodos de simplificación del trabajo y se familiarice con el comportamiento humano influenciado por el medio ambiente. Estos factores debieran considerarse como factores directos de diseño en el desarrollo de métodos y sistemas de trabajo.

Los métodos industriales o de negocios pueden o degradar al individuo y despojarlo de sus características humanas, o ser o no desarrollados teniendo en mente a los valores humanos básicos. No existe ninguna duda de que este último curso de acción es el apropiado y el más productivo. Los buenos métodos de trabajo pueden ser construidos alrededor de los valores humanos básicos en forma tal que se puedan alcanzar tanto la economía como la autosatisfacción.

LA NATURALEZA DE LA NATURALEZA HUMANA

El Hombre es único. Creemos que el hombre fue creado a semejanza de Dios y que posee características que lo distinguen de los animales. Todas las grandes religiones del mundo están basadas en el amor al prójimo y en la dignidad del individuo. Estos dos conceptos son fundamentales y pueden proporcionar una base apropiada para justificar el desarrollo de métodos de trabajo satisfactorios y productivos. Todos los sistemas de trabajo deben proporcionar una base para el reforzamiento de la dignidad del individuo a través de una actividad creativa y con propósito.

Es extremadamente difícil resumir las características humanas básicas de modo completo pero breve. Más que tratar de conseguir un resumen completo, examinaremos algunos de los conceptos más generales que han surgido de la reciente investigación en la conducta humana.

La autoconfianza, la autoconfiabilidad y el autorrespeto son todas necesidades humanas básicas. Sin ellas, es imposible vivir como ser humano. Todos nosotros tenemos la necesidad de conservar nuestro fuero interno en términos de nuestros propios valores y evaluaciones. Nuestros propios valores son templados por lo que nosotros creemos son los juicios de otras personas acerca de nosotros. La habilidad de predecir las consecuencias de nuestras acciones es fundamental para conservar nuestra autoconfianza, nuestra autoconfiabilidad y nuestro autorrespeto. Cuando nuestras predicciones del futuro no demuestran ser adecuadas, nos frustramos y dudamos de nuestros valores básicos. Nuestra seguridad interna se ve amenazada.

La curiosidad es otro rasgo humano básico. Cuando nuestras vivencias se hacen demasiado rutinarias, y nuestra predicción de las consecuencias de nuestra conducta se hace rutinariamente exacta, nos sentimos desafiados a extender nuestra esfera de control y de predicción. Buscamos nuevas experiencias. Cuando no encontramos nuevas experiencias en el curso ordinario de los sucesos, nos inclinamos a buscarlas fuera de él. Evitamos nuevas experiencias cuando nuestra seguridad se ve amenazada debido a nuestra incapacidad para predecir las consecuencias, o cuando la nueva experiencia parece esconder consecuencias indeseables para nosotros o para los que nos rodean.

Hasta ahora sólo se ha tenido en consideración a las necesidades materiales del hombre, se han mencionado las necesidades que deben ser satisfechas para que el hombre sobreviva —alimento, vestido, techo, y demás.

En casi todos los empleos, estas cosas están más que consideradas en las tasas de salarios básicos, los seguros de desempleo y otras prestaciones. *Son las necesidades internas del hombre las que no han sido satisfechas en el empleo.* Esta es el área que presenta retos.

Es necesario hablar de cómo las necesidades internas del hombre —la necesidad de seguridad, comprensión y novedad— pueden ser satisfechas en el proceso de trabajo. Un punto importante que hay que recordar es que *la productividad aumenta cuando los incrementos en la productividad ayudan a lograr la satisfacción de las necesidades internas básicas del hombre.*

LOS PRINCIPIOS DEL FACTOR HUMANO

Diversos casos discutidos ampliamente en diversos libros sobre el tema (como el experimento Hawthorne, por ejemplo) podrían extenderse indefinidamente para incluir a muchos y más diferentes tipos de organizaciones. Sin embargo, se ha presentado información suficiente para que sirva de base a ciertas generalizaciones de la naturaleza humana y a la influencia del medio ambiente de trabajo.

Debe recordarse que los casos mencionados implican a compañías que se consideran a sí mismas, y eran consideradas por otras compañías, como bastante sobresalientes. Aun así, se descubrió que sólo una fracción del potencial humano estaba siendo reconocida y utilizada. La importancia del factor humano requiere de una atención continua hasta en la mejor de las organizaciones. Cultivado apropiadamente, puede llevar a un éxito dramático. Cuando es ignorado, se desperdicia un tremendo potencial humano, y el trabajo se hace desagradable.

El mito del "hombre económico". Durante muchos años el comportamiento del hombre fue explicado en términos de conservación económica, suponiendo que el hombre guía su conducta para asegurar un máximo bienestar económico. Este concepto es muy discutible; es más, se puede decir que existen otras fuerzas más poderosas que guían a la conducta humana. Son parte del complejo de fuerzas sociales y psicológicas que influyen en el individuo.

Dinámica de grupo. Todo individuo es miembro de cuando menos un grupo social —por lo general de muchos más. Estos grupos sociales ejercen una profunda influencia en el comportamiento del individuo; a menudo en forma sutil e imperceptible. Los grupos sociales existen dentro de toda organización. Estos grupos pueden tener objetivos y códigos de conducta que no están en armonía con los objetivos profesados por la organización. De hecho, los códigos informales del grupo pueden inducir a acciones que van en detrimento del individuo y de la organización.

Por otro lado, las fuerzas de los grupos sociales pueden producir una influencia positiva sobre la conducta individual y reforzar los objetivos de una organización. Cosas como la diversificación del trabajo, las sesiones informales de trabajo y la participación de grupo en la solución de los problemas de trabajo tienden a hacer uso productivo del concepto de la dinámica de grupo, según se ha visto en la práctica. Los resultados finales exceden a los resultados que podrían obtenerse de los individuos que actúan por cuenta propia. La dinámica de grupo ofrece un reto para dirigir a las fuerzas dinámicas sociales hacia el logro de objetivos mutuos dentro de cualquier organización.

Los grupos sociales externos también son importantes en la consideración de la conducta durante el trabajo. Todos nosotros estamos influenciados por nuestra interpretación de valores y costumbres sociales. Estas normas afectan, y algunas veces están en conflicto con los valores y las normas de conducta que son indicadas por objetivos personales y de la organización.

COMPORTAMIENTO RACIONAL.—Los seres humanos son capaces de un comportamiento lógico y racional; pero no están propensos a actuar de esta manera. Nos inclinamos a actuar más emocionalmente, aun cuando seamos capaces de analizar una situación sobre bases de hechos. Nues-

tras creencias, preferencias, prejuicios, hábitos y temores subconscientes guían mucho de nuestras acciones diarias. Hasta cuando se nos presentan los “hechos del tema”, todavía podemos ignorarlos y actuar en forma ilógica. Podemos resistir y resentir aquello que los demás tratan de hacer para ayudarnos. Podemos sabotear las mejoras en los métodos de trabajo, aun cuando vayan en ventaja nuestra, en ventaja de nuestros compañeros de trabajo y en ventaja de nuestra organización.

Autoestima. Todos nosotros deseamos sentir que contamos para algo —que somos importantes y que somos responsables. Debemos sentir que somos fieles a nuestros propios valores y fieles a los valores de nuestro “grupo” para poder conservar nuestra autoestima. Los cambios en los métodos de trabajo, cuando nos son impuestos, tienden a degradar y minar nuestra autoestima. Los esfuerzos creativos por mejorar nuestro métodos de trabajo, cuando participamos en su desarrollo, pueden reforzar nuestra autoestima y darnos un sentimiento de realización.

“Vemos” sólo a través de nuestros propios ojos. Nuestras experiencias, creencias, valores, preferencias y prejuicios condimentan lo que “vemos” en cualquier situación. Lo que en realidad vemos puede ser enteramente diferente de la realidad; pero nosotros consideramos a nuestra propia versión como la “verdad”. Esta condimentación de nuestras vistas no es una distorsión voluntaria de la verdad, sino un comportamiento humano normal producido sin el conocimiento consciente. Podemos interpretar a los esfuerzos por mejorar los métodos de trabajo como afrentas personales y amenazas a nuestra propia seguridad interior. Esto debe superarse antes de que podamos trabajar con entusiasmo en las mejoras.

Cuando otros no “ven” lo mismo en la misma situación, nos inclinamos a creer que los demás están distorsionando la

“verdad”. Consideramos que lo que nosotros “vemos” es obviamente “veraz”. Sólo podemos “ver” a través de nuestros propios ojos y esto da “color” a lo que “vemos”. El prójimo también es humano, y él puede “ver” solamente a través de sus ojos. Este dilema crea problemas muy serios en la comunicación de ideas; y las ideas son muy importantes en nuestros esfuerzos por incrementar la productividad, mejorar los métodos, agregar retos y dignidad al trabajo, y desarrollar a la gente. Debemos trabajar continuamente hacia una completa comprensión de los objetivos de nuestra organización y acerca de cómo podemos todos nosotros alcanzar efectivamente nuestros propios objetivos y los objetivos de nuestra compañía.

La falta de información y de comprensión produce antagonismos e indiferencia. Cuando no entendemos algo, tendemos a sentirnos antagónicos hacia ese algo. Esto es cierto en las ideas y en los individuos. Frecuentemente, nuestro antagonismo y nuestra indiferencia son sutiles y subconscientes. No están necesariamente basados en hechos —ya que no siempre “vemos” los hechos o nos comportamos racionalmente. Puede ser que no hayamos sido informados de la necesidad de desarrollar mejoras en el trabajo y que los cambios son “vistos” por nosotros como amenazas a nuestra seguridad y autoestima. Tal vez no se nos ha consultado; y por lo tanto tendemos a protegernos con el sencillo y expedito acto de la hostilidad, la reserva y los contraataques. Esto presenta un problema adicional a nuestra comunicación de las ideas que son tan importantes para mejorar métodos e incrementar la productividad. Cada hombre en una organización debiera mantenerse informado de “los hechos de la vida” de las operaciones diarias. Nuestro problema de comunicación no termina en este punto, ya que debemos asegurarnos de que los hechos son en realidad “vistos” y comprendidos.

Las ideas pueden comunicarse mejor con ejemplos reales. Si se insiste constantemente ante un grupo que uno es una

buena persona, algunos de ellos eventualmente lo creerán. Pero si se pudiera demostrar este "hecho" muchas más personas lo tomarán por cierto. De la misma manera, se le puede decir a un grupo que la simplificación del trabajo lo ayudará a lograr su objetivos de trabajo, y varios de ellos lo creerán. Pero si se les pueden demostrar los beneficios, serán muchos más los que lo creerán. La demostración por medio de ejemplos es una forma excelente de transmitir ideas. De hecho, nosotros estamos demostrando y transmitiendo ideas con cada una de nuestras acciones, inclusive cuando no tenemos la intención de comunicarnos. Es extremadamente importante para cualquier programa de mejoras que nuestras acciones demuestren nuestra sinceridad y lo verídico de las ideas involucradas en nuestro programa, y que ninguna acción tienda a refutar estas ideas. Esta es una de las muy importante razones que se argumentan en cuanto a que la gerencia debería entregarse completamente a la simplificación del trabajo en sus propias actividades antes de que el programa se extienda a niveles más bajos de la organización. Es de lo más útil hacer que las acciones de la gerencia demuestren su sinceridad ante cada uno de los individuos dentro de la organización.

Es muy importante ser congruente entre lo que se pide y lo que se está dando, y no caer en el caso de una organización que había disfrutado de un rápido crecimiento y cuya gerencia había obtenido altas utilidades. El grupo de empleados no había participado de los frutos del éxito y era bastante incooperativo en cuanto a los intentos por incrementar la productividad. El propietario de la compañía compró un avión privado e hizo que la compañía comprara otro. Estos aeroplanos eran utilizados primordialmente a placer del dueño y en ocasiones para los negocios de la compañía. Para el grupo de empleados, estos dos aeroplanos eran símbolos de desperdicio gerencial y fuentes de conflictos relacionados con el incremento a la productividad. ¿Por qué deberían ellos tratar de ahorrar en los materiales y en tiempo cuando el "jefe"

derrochaba dinero en tales tonterías? Para empeorar las cosas, a los empleados no se les aseguraba ni siquiera un empleo estable. El “jefe” extendía y subcontrataba la producción a lo que parecía ser su solo arbitrio. No es de sorprender que esta organización estuviera en conflicto sobre el concepto del incremento de la productividad.

Nuestra conducta es influenciada por lo que pensamos se “espera” de nosotros. Si nosotros creemos que se supone que debemos actuar como estúpidos, lo más probable es que lo haremos. Si se espera que actuemos con dignidad y responsabilidad, podemos hacerlo. Si pensamos que somos tratados con dignidad y respeto y que se espera que actuemos de la misma manera, es muy probable que actuaremos de ese modo. Nos vemos profundamente influenciados por lo que *pensamos* se espera de nosotros. Nuestros sentimientos están sujetos a nuestra propia interpretación de los objetivos y las normas sociales, del grupo y de la organización. Si nos vemos desafiados en nuestras diarias actividades laborales, por lo general tratamos de superar esos desafíos; y nos sentimos enormemente satisfechos de hacerlo.

Los cambios son inevitables. Nada es estático. Debemos continuamente cambiar productos, servicios, equipo, materiales, herramientas, métodos de trabajo y procedimientos para poder sobrevivir en los negocios modernos. Hasta cuando los objetivos de nuestra organización no son las utilidades, todavía nos enfrentamos a la inevitable necesidad de efectuar cambios. Este cambio continuo puede provocar sentimientos de inseguridad y frustración a menos que se realice con la plena consideración de los individuos involucrados. Se aprende bien algo solamente para descubrir que tenemos que olvidarlo para aprender alguna otra cosa en su lugar. Nuestras habilidades se ven minadas. No es de sorprender que nos sintamos inclinados a resistirnos a los cambios. Aquí caben varias preguntas: ¿En realidad nos resistimos a los cambios,

o solamente nos resistimos a las amenazas contra nuestra seguridad, autoconfianza y autoestima internas? ¿Estamos haciendo las cosas de la misma manera que las hicimos hace, digamos, cinco años? ¿Nos resistimos a comprar un automóvil nuevo o un sistema de aire acondicionado? La respuesta es normalmente negativa; lo que podemos decir es que queremos cambiar. Esto nos debe llevar al punto en que podamos reconocer la importancia de desear los cambios y no dejar que los cambios no sean impuestos. Cuando reconocemos la necesidad de efectuar un cambio y de participar activamente en su desarrollo, generalmente nos sentimos muy entusiasmados con el cambio.

Somos animales de costumbres. Los humanos parecemos estar propensos a la creación de hábitos; y una vez que se han forzado estos hábitos es muy difícil desarraigarnos. Nuestra resistencia a aceptar cambios en nuestros hábitos es frecuentemente emocional. Nos hemos acostumbrado a hacer las cosas a nuestra manera; luego eso en sí es una buena razón para no cambiar, aun cuando un cambio pueda ser bastante "lógico". Esta característica de la formación de hábitos puede ser un impedimento serio en un programa de mejoras. También puede canalizarse a un uso constructivo mediante la formación de hábitos que presenten retos y preguntas acerca de por qué las cosas se hacen de la manera en que se hacen. Estos hábitos de desafíos constructivos crean mejoras y un desarrollo personal. La clave para el cambio en los hábitos es primero desarrollar un verdadero deseo de cambio. Si verdaderamente *queremos* cambiar, los hábitos son de poca importancia.

Autocrítica. Todos tendemos a resentir las críticas —a menos que sean autocríticas. Los cambios en nuestros métodos de trabajo, cuando nos son impuestos, son una forma de crítica. Esta crítica es una amenaza a nuestra autoestima y nuestra seguridad interior. Nuestra reacción natural de de-

fensa es la resistencia, la hostilidad y el resentimiento. Hasta cuando las críticas llevan la intención de ayudarnos, es probable que reaccionemos violenta y emocionalmente, aunque aparentemos que conservamos nuestra apariencia externa de control y condescendencia. Esto obviamente puede llevar a frustraciones, antagonismos y malos entendidos.

La autocrítica puede ser extremadamente severa y aun así no provocar resistencia o resentimiento. No nos importa desafiarnos a nosotros mismos. De hecho, nuestro deseo de novedad nos alienta a criticar nuestras propias acciones. Con ayuda de una actitud de simplificación del trabajo y una forma sistemática para enfocar nuestros problemas de trabajo, la autocrítica puede llevar al desarrollo de mejores formas de desempeñar nuestro trabajo.

La necesidad de seguridad interna. La clase de seguridad que más necesitamos todos nosotros es la seguridad interna. Aquellas cosas que tienden a minar nuestra seguridad interna y nuestros valores intrínsecos naturalmente encontrarán resistencia. Aquellas cosas que ayudan a reforzar nuestra seguridad interna serán entusiastamente perseguidas y aceptadas. La adición de dignidad y responsabilidad al trabajo es una forma bastante excelente de ayudar a satisfacer las necesidades internas del hombre.

Participación. La participación en la resolución de nuestros propios problemas de trabajo la sentimos como el estar implementando la determinación de nuestro destino. Deseamos ser nuestros propios amos y esto es frecuentemente difícil de lograr dentro de las limitaciones impuestas que parecen ser necesarias en la sociedad moderna. No obstante, muchos problemas (en realidad casi todos) pueden ser solucionados con éxito por medio de la acción de grupo. La acción de grupo puede llevar a mejores soluciones a los problemas y a un genuino sentimiento de realización en aquellos que han participado en ella. Los nuevos métodos desarrollados mediante

métodos de consulta o de grupo tienen muchísimo mejores posibilidades de éxito que los desarrollados por personas ajenas a la organización. No existen temores de ser criticados; solamente un sentimiento de realización y orgullo.

El supervisor de una persona ejerce un profundo efecto sobre sus reacciones hacia su trabajo y hacia su compañía. El supervisor es una figura clave en cualquier organización. Representa la organización ante sus subordinados en sus vidas diarias en el trabajo. Debe proporcionar guía y aliento. Si no puede dirigir a sus subordinados, será incapaz de manejarlos. Debe estimular y dar apoyo a la autoestima y la seguridad emocional de sus empleados. Si es débil, hasta una gerencia fuerte sufrirá las consecuencias; pero si es fuerte, ayudará al desarrollo de sus subordinados. Estas son algunas de las razones por las que los programas de simplificación del trabajo con la participación general van comúnmente dirigidos al nivel de supervisión.

Resumen. Se han realizado numerosas investigaciones para determinar los “deseos” del hombre que trabaja. Casi invariablemente todos estos estudios indican que el dinero o la paga están muy lejos de ser el deseo más importante.

Una de las investigaciones que redituó resultados más o menos concisos fue la publicada hace algunos años en la revista “Fortune”. Esta investigación enumeró los cuatro deseos básicos del trabajador de la manera siguiente:

1. Un empleo estable con salarios razonablemente altos.
2. Oportunidades de ascenso.
3. Un sentimiento de dignidad y responsabilidad.
4. Simplemente ser tratado como “gente”.

Estos resultados dan a entender que todos deseamos una cierta cantidad de seguridad —pero no necesariamente seguridad financiera o la cantidad extrema de un salario alto. La

seguridad y la buena paga son asuntos estrictamente relativos; y más allá de cierto punto (que se sobrepasa en la mayoría de los empleos) estos factores son de solamente importancia secundaria en su sentido absoluto.

Cuando las demandas de aumentos de sueldo surgen como la petición primordial de un grupo de trabajo, casi invariablemente indica que una necesidad más básica ha sido ignorada. Parecemos ser incapaces de exigir seguridad interna y dignidad, ya que estas necesidades son difíciles de reconocer y articular —pero fácilmente podemos pedir un bálsamo para reconfortar nuestros sentimientos, en la forma tangible de un mayor salario. Este hecho es frecuentemente ignorado.

Todos nosotros queremos que se nos dé una oportunidad de progresar, de expresarnos, de ser parte del grupo y de mejorar ante nuestros propios ojos y ante los del grupo. Deseamos saber que hay oportunidades disponibles, aunque nosotros elijamos no sacarles provecho. Deseamos tener participación en la determinación de nuestro propio destino.

El concepto de la dignidad es bastante básico para la naturaleza humana. El trabajo no debe ser degradante si es que va a ser satisfactorio y si vamos a funcionar como *seres humanos*. La responsabilidad está relacionada con la dignidad. Básicamente nos inclinamos a desear ser responsables de nuestras propias acciones —ser individuos. Pero la responsabilidad también implica el control sobre aquellas cosas por las que asumimos responsabilidad. La responsabilidad sin autoridad y control lleva a la frustración y a la degradación.

LOS PRINCIPIOS DEL TRABAJO EFECTIVO.

Los principios o reglas formales comúnmente asociadas con la simplificación del trabajo tienden a fomentar ideas muy estrechas acerca de los problemas de trabajo, de una consideración inadecuada de los valores humanos del trabajo

y de la concentración de los movimientos del cuerpo y de las manos en las operaciones individuales excluyendo a todo el amplio sistema de trabajo. Esto es en extremo desafortunado. La consideración adecuada debe extenderse sobre todo el sistema de trabajo y los valores humanos del trabajo si es que los esfuerzos por lograr mejoras van a ser verdaderamente efectivos. Existen principios disponibles que guiarán a nuestros esfuerzos en esta dirección. Estos principios más amplios facilitan la optimización de sistemas enteros de trabajo más que la suboptimización de las operaciones individuales.

El principio 1, la ley de la conservación, es básico para todos nuestros esfuerzos de simplificación del trabajo. Los principios 2, 3 y 4; el reconocimiento de las metas, la dignidad de la actividad laboral, y la autodeterminación, respectivamente, pertenecen al medio ambiente del trabajo y al desarrollo de una dirección positiva para los factores humanos que están tan íntimamente asociados con todos los problemas de trabajo. Los principios 5, 6, 7 y 8; la eliminación de trabajo, el flujo balanceado, la efectividad y la simplicidad, y la directiva, tratan con el mejoramiento de los métodos de trabajo. Los principios 9, 10, 11 y 12; estandarización y preplaneación, evaluación cuantitativa, instalación apropiada, y dinámica del cambio, se relacionan con la unificación, evaluación, aplicación y uso continuo de métodos efectivos de trabajo.

La ley de conservación de energía y materia estipula que, en un sistema cerrado, la materia y la energía no pueden ni ser creadas ni ser destruidas —sólo cambiadas de forma. Esta ley puede ampliarse más para incluir una interpretación de energía como el potencial para el trabajo operativo. Representa el concepto fundamental sobre el que se basan todos nuestros esfuerzos por lograr “mejoras”. Esto sucede particularmente cuando tomamos en consideración la adición de *útil* como modificador descriptivo de las palabras *trabajo, esfuerzo y materia*. Nuestros objetivos de pensamiento creativo

acerca de los problemas de trabajo —simplificación del trabajo— van dirigidos directamente a incrementar la cantidad de materia y energía útiles en los sistemas con los que tratamos. Debemos incrementar la cantidad de trabajo *útil* obtenido mediante la energía en nuestros sistemas de trabajo.

La consideración de los logros de trabajo útil implica que deseamos incrementar la eficiencia en la transformación de la energía y el material que se relaciona con el rendimiento del trabajo. Se debe incrementar la cantidad de trabajo útil logrado para un ingreso determinado de energía y material, o tratar de alcanzar la misma cantidad de trabajo útil con menos ingreso de energía y material.

Existe una diferencia entre los dos “recursos” que entran en el sistema de trabajo. Los recursos naturales, o sus derivados, por lo general pueden ser almacenados. Si no son utilizados, se pueden guardar. No sucede lo mismo con nuestros recursos “humanos”. Si no hacemos uso efectivo de los recursos humanos disponibles en un momento dado, se pierden para siempre.

Es importante tener en mente a los componentes no físicos de nuestros sistemas de trabajo. Además de transformar al material y a la energía a una forma más útil, la misma transformación debería crear resultados no físicos útiles como la satisfacción y un sentimiento de realización y orgullo. Este concepto debiera existir en toda la organización y debiera reflejarse en todos y cada uno de los empleos. Debiera ser una preocupación cotidiana de la gerencia, los supervisores, ingenieros y el empleado mismo. La actividad humana con un propósito que logra la obtención de producción y satisfacción en la mejor manera posible representa una organización sólida y progresista.

Puede pensarse en la ley de la conservación como en la ley de la eliminación de derroche. Los objetivos de mejoras

están orientados hacia el desempeño más efectivo de la labor de convertir a las energías y los materiales en nuestro sistema de trabajo —lo que se reduce a la minimización de los derroches. El derroche de cualquier tipo —de esfuerzos, tiempo, materiales o espacio— debe minimizarse.

EL RECONOCIMIENTO DE LAS METAS.

Todos y cada uno de los individuos dentro de una organización deben entender los objetivos de su organización; deberían también entender sus propios objetivos personales. Es más, cada uno debería saber con claridad cómo estos objetivos son similares y pueden alcanzarse de una manera compatible.

Lo anterior es un tema muy trillado. Pero no se subestima la importancia de la determinación de las metas. La comunicación de ideas es uno de los problemas más complejos a los que se enfrenta la industria. Además, muchas organizaciones no cuentan con objetivos claramente definidos y carecen de dirección.

Muchas personas no se entienden a sí mismas. No es necesariamente apropiado que las empresas tengan que decir a estas personas lo que buscan en la vida; pero es benéfico ayudarlas a analizar sus propios deseos para que puedan saber qué es lo que realmente persiguen. Puede lograrse muchísimo con los buenos ejemplos del personal de supervisión y gerencia.

Los objetivos de una organización deben ser declarados clara y completamente, y demostrarse mediante su aplicación en las actividades diarias de la vida de la empresa. La gerencia debería demostrar que la organización entera tiene una meta común y que el logro de las metas individuales está directamente relacionado con el logro de las metas de la organización. La importancia de cada individuo y su responsabi-

lidad deberían explicarse claramente. La relación de cada tarea individual con las metas generales de la organización debiera ser tan clara como el agua; de palabra y de hecho.

LA DIGNIDAD DE LA ACTIVIDAD DEL TRABAJO

Los seres humanos poseen muchas características que lo diferencian de los demás miembros del reino animal. Primera en importancia es la dignidad. Cada hombre es un individuo separado del resto de la humanidad y como tal necesita individualidad en sus relaciones con otros hombres. Además, cada uno de nosotros necesita de formas para expresar su individualidad y creatividad. Estas necesidades bastante básicas pueden satisfacerse con una actividad de trabajo con un propósito y orientada hacia el logro de alguna meta. Hasta las tareas más insignificantes pueden ser desafiantes y satisfactorias si se desempeñan con la dignidad del individuo en mente. El tono general de la organización debe reforzar la firme creencia de que cada individuo es único y humano. La política y las acciones de la gerencia deben fomentar el desarrollo de todos y cada uno de los hombres a todo su potencial. El reto, la comprensión y un adecuado sentido de responsabilidad son esenciales. Cada individuo debe reconocer la importancia de sus logros ante él mismo y ante su prójimo.

AUTODETERMINACION

Mucho de la naturaleza humana está basado en un deseo por conocer lo que depara el futuro. Ajustamos nuestro comportamiento a patrones que nos permiten estar ciertos acerca de nuestros próximos momentos, semanas o años. Aprendemos a evitar conductas que probablemente fueran dolorosas y frustrantes. Luchamos por un comportamiento que nos proporcione placer y satisfacción. Cuando nuestra interpretación

de causa y efecto es inexacta, nos frustramos y nos sentimos molestos. También perdemos orgullo, interés y satisfacción cuando no tenemos control sobre las consecuencias de nuestras acciones. Somos incapaces de predecir lo que nos sucederá porque no hemos participado en la determinación de aquellas cosas que controlan nuestro destino. Esta situación puede evitarse compartiendo la responsabilidad y la autoridad por los métodos y las relaciones en el trabajo con aquellas personas que están implicadas directamente. La participación en la simplificación del trabajo ofrece una forma efectiva para proporcionar autoexpresión, creatividad, desafíos y autodeterminación en la diaria actividad del trabajo.

ELIMINACION DE TRABAJO.

Toda actividad de trabajo debiera tener un propósito. Debiera estar orientada hacia el logro de una meta. La actividad debiera transformar las energías y los materiales de nuestro sistema de trabajo en los productos más útiles de la manera más efectiva. La actividad debiera evaluarse en términos de los beneficios intangibles tanto como en términos de los logros físicos; y debiera eliminarse todo derroche.

Todas y cada una de las subpartes de la actividad de trabajo debieran ser puestas en tela de juicio en cuanto a su contribución a nuestro avance hacia nuestros objetivos finales. Debiéramos hacer preguntas acerca de nuestros empleos, procesos y procedimientos individuales para determinar si en realidad estamos luchando por los objetivos más apropiados y si debiéramos considerar objetivos de alternativa relacionados con nuestras responsabilidades básicas en los negocios. También debiéramos tomar en consideración las alternativas para alcanzar nuestros objetivos de trabajo.

El reto en la aplicación del principio de eliminación de trabajo es dudar de toda actividad de trabajo en términos de

su contribución a la productividad, para eliminar aquellas actividades que no sean productivas (esto es, aquellas actividades que producen derroches), e idear formas para hacer necesario al trabajo innecesario de tal modo que pueda ser eliminado.

UN FLUJO BALANCEADO.

Después de que todo trabajo no productivo o innecesario ha sido eliminado de un sistema de trabajo, es entonces necesario determinar la organización más ventajosa de la actividad de trabajo necesario. Declarado en términos bastante simples, esto quiere decir que debiéramos hacer que el flujo físico fuera suave y balanceado y que sus etapas fueran programadas apropiadamente. Todos los materiales, las partes, las herramientas, el equipo, los recursos humanos y la información deben estar disponibles para cuando se necesiten. Las interrupciones, interferencias, demoras y retrasos debieran evitarse. La movilización de procesos y trabajadores debiera ser natural, suave y rítmica. El flujo debiera ser regulado para utilizar con efectividad la capacidad disponible dentro del sistema de trabajo. La capacitación y las habilidades del componente humano de los sistemas de trabajo debieran ser utilizadas a casi toda su capacidad.

EFFECTIVIDAD.

Todas las partes de nuestra actividad de trabajo debieran ser tan efectivas como fuere posible, en consistencia con la efectividad global del sistema de trabajo. Cada etapa de trabajo debería evaluarse en términos de la posibilidad de incrementar su efectividad. Debiéramos tratar de lograr los resultados necesarios para cada etapa individual de trabajo como subproducto o combinación de otras etapas de trabajo. Cada etapa de trabajo debería facilitar las otras etapas de trabajo necesario.

SIMPLICIDAD Y DIRECTIVA.

Todas y cada una de las partes de nuestra actividad global de trabajo debieran ser tan sencillas, lógicas y directas como fuere posible. Debería minimizarse la confusión. Los requerimientos ineficaces de habilidades debieran ser eliminados. Todas y cada una de las acciones deberían ser un resultado lógico y obvio del trabajo precedente.

El esfuerzo físico que se requiere para desempeñar un trabajo debería minimizarse. Los auxiliares mecánicos deberían ser tomados en consideración para ayudar al rendimiento humano. Las habilidades deberían ser utilizadas plenamente.

ESTANDARIZACION Y PREPLANEACION.

Después de que se han analizado los métodos de trabajo y que se han desarrollado métodos mejorados, es aconsejable estandarizar a los diversos factores que afectan al sistema de trabajo para poder asegurar una operación efectiva. La estandarización no necesita ser restrictiva hasta el punto de ignorar las diferencias individuales y obstaculizar mejoras adicionales. El objetivo de la estandarización es facilitar la operación más efectiva de un sistema de trabajo; proporcionar un esquema sólido y organizado para facilitar el trabajo efectivo e impedir confusiones, dudas e ineficiencias; y proporciona una base de la cual puedan desarrollarse y evaluarse mejoras adicionales.

La preplaneación implica que los diversos factores que afectan al trabajo son estandarizados e incorporados a un plan racional para trabajar de tal modo que los buenos métodos se perpetúen y se eliminen los métodos pobres de trabajo. Sería una pobre economía analizar los métodos de trabajo y desarrollar formas mejoradas para el desempeño del trabajo, y después no proseguir al punto de no poder iden-

tificar las mejoras de tal modo que haya un registro que explique y facilite el uso de los métodos mejorados.

La estandarización y la preplaneación también protegen contra el cambio continuo que pudiera desorganizar y confundir. Deben fomentarse los cambios; pero sólo cuando los resultados justifican plenamente los costos y las conveniencias inherentes a los cambios.

EVALUACION CUANTITATIVA.

Los resultados de un nuevo método de trabajo o de un sistema mejorado de trabajo debieran ser evaluados. Esta evaluación incluiría la determinación de los costos asociados con el rendimiento de trabajo y también podría incluir la evaluación de los requisitos de capacidad, tiempo y espacio para el funcionamiento adecuado de los diversos componentes del sistema de trabajo. Debiera desarrollarse una norma o patrón de funcionamiento para cada una de las unidades del sistema. Estas normas permitirían una planeación eficaz para el desempeño del trabajo y servirían como base para la evaluación del funcionamiento real.

El principio de estandarización y preplaneación, cuando se considera junto con el principio de evaluación cuantitativa, resulta un plano completo para el desempeño del trabajo. Los requisitos para un sistema eficaz de trabajo, incluyendo a todos los factores que afectan al trabajo, han sido especificados; los resultados requeridos han sido determinados; y la evaluación cuantificada especifica cómo debe funcionar el sistema. Este enfoque es el enfoque de diseño. Los sistemas de trabajo son diseñados sobre una base funcional y todos los aspectos del sistema quedan especificados.

El enfoque de diseño hacia métodos mejorados de trabajo está en agudo contraste con los enfoques de ensayo y error. Cada uno de los factores que afecta al funcionamiento

del sistema de trabajo es estudiado cuidadosamente como un factor de diseño y de ese modo ayuda al desarrollo del diseño final. No es un enfoque mecanista, ya que los valores humanos son tomados directamente en consideración. Los factores humanos de un sistema de trabajo son extremadamente importantes; y existen otros factores primordiales incorporados en el diseño. Las normas de rendimiento para el individuo también son importantes y son una parte vital del diseño del sistema. Estas normas de rendimiento pueden desarrollarse partiendo de datos, medidas o cálculos estandarizados. Deberían permitir la aceptación de las diferencias individuales, y debiera reconocerse su limitación inherente en cuanto a exactitud y precisión.

INSTALACION APROPIADA.

La comprensión, el común acuerdo y la autorización son prerrequisitos importantes para el uso con éxito de cualquier método de trabajo. Cada vez que se hacen cambios, se altera el sistema de trabajo. El impacto de los cambios puede ser canalizado a corrientes constructivas cuando los cambios son cuidadosamente estudiados y comprendidos por todos los afectados. Esta aceptación y esta comprensión pueden lograrse mejor por medio de la participación en el desarrollo de cambios hasta el punto en que los cambios de hecho son originados por los hombres que desempeñan el trabajo y por sus supervisores.

Los objetivos de los nuevos métodos debieran quedar declarados con claridad de tal forma que sean comprendidos completamente. Los nuevos métodos debieran contar con el respaldo total de la gerencia. Deberían desarrollarse nuevas habilidades en forma apropiada antes de esperar que los nuevos métodos funcionen adecuadamente.

La frase "resistencia a los cambios" es asociada frecuentemente con los problemas de mejoras en los métodos.

Cuando existen resistencias a los cambios, siempre hay una buena razón para esta resistencia. La resistencia a los cambios es en realidad un síntoma de dificultades más profundas. La incertidumbre, la falta de comprensión y el temor a las consecuencias del nuevo método son una amenaza para la seguridad de los individuos. Los individuos, a su vez, tratan de conservar su seguridad interior resistiéndose a los cambios. Estos factores que provocan la resistencia a los cambios pueden ser neutralizados tratando con ellos directamente a través de la dinámica de desarrollo de un deseo por cambiar y mejorar dentro de todos los individuos en una organización.

LA DINAMICA DEL CAMBIO.

Una evaluación continua del funcionamiento del sistema es esencial para la conservación adecuada de métodos eficaces de trabajo. Los cambios son inevitables. Cuando cualquiera de los factores que afectan al trabajo llegan a cambiar más allá de los límites especificados en el diseño del sistema de trabajo, estos cambios deben ser reconocidos y debe iniciarse una acción correctiva apropiada. En algunos casos debe corregirse la causa de las variaciones de tal forma que los factores vuelvan a la normalidad. En otros casos pudiera ser que se haga necesario hacer una modificación al sistema; pudiera ser que las mejoras adicionales estuvieran justificadas, o que los requerimientos del sistema han cambiado y han hecho anticuado al sistema vigente.

Los cambios son inevitables; pero debiéramos tomar medidas para asegurarnos de que los cambios apropiados se efectúan tan pronto como quedan justificados y que se impide la realización de cambios nocivos. Esto asegurará el uso continuo de óptimos métodos de trabajo y el rendimiento máximo del sistema de trabajo.

UN RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS DEL TRABAJO EFECTIVO

CONCEPTO BASICO:

1. La Ley de conservación de energía y materia.
Optima conversión de energía y materia en el proceso de rendimiento del trabajo.

Principios Relacionados con el Comportamiento Humano en un Sistema de Trabajo:

2. Reconocimiento de Metas.
Reconocimiento explícito de los objetivos personales, del grupo y de la organización.
3. Dignidad de la actividad de trabajo.
El trabajo puede satisfacer los deseos humanos básicos.
4. Autodeterminación.
Todo hombre desea ayudar a controlar su destino.

Principios Relacionados con el Mejoramiento de los Métodos de Trabajo:

5. Eliminación de trabajo.
Debe eliminarse toda actividad innecesaria e improductiva.
6. Un flujo suave y balanceado.
El trabajo debiera ser organizado para obtener el mejor flujo posible.
7. Efectividad.
Toda actividad debe ser tan efectiva y productiva como sea posible.

8. Simplicidad y directiva.

Los métodos efectivos de trabajo son simples y directos sin ningunas complejidades innecesarias.

Principios Relacionados con el Uso de Métodos Efectivos de Trabajo:

9. Estandarización y preplaneación.

Planee el trabajo —después ponga el plan a trabajar.

10. Evaluación cuantitativa.

La medición proporciona una base para el diseño y la evaluación de los sistema de trabajo.

11. Instalación apropiada.

Los métodos y los objetivos de trabajo deben ser entendidos y aceptados como eficaces.

12. Dinámica del cambio.

Los métodos de trabajo deben revisarse y conservarse continuamente para que permanezcan eficaces.

CAPITULO IV

Presentación de Alternativas en la
búsqueda de Soluciones.

La humanidad está en un constante estado de evolución y donde esto ocurre más notablemente es en la empresa y una de sus subáreas, la gerencia de producción. Este campo está en una constante transformación desde diversos puntos de vista. El significado de la palabra *producción* actualmente refleja una opinión más amplia que antes. Trata del aspecto *operaciones* de cualquier empresa, y podemos encontrar sistemas de producción en oficinas, tiendas, hospitales, etc., tanto como en las fábricas. En todos estos sistemas hay entradas, algún tipo de procesamiento y resultados. La gerencia de producción y operaciones trata de la toma de decisiones dentro del sistema.

En complemento a lo mencionado en el Capítulo II podemos resumir los principales problemas de la gerencia de producción y operaciones clasificados en las diversas áreas de trabajo de la empresa:

DISTRIBUCION

- 1 — Determinación de la naturaleza de la distribución de la demanda.
- 2 — Pronóstico de la demanda.

- 3 — Determinación de cuánto ordenar en una sola vez.
- 4 — Determinación de los niveles de servicio y del tamaño de las existencias de reserva.
- 5 — Determinación de cuándo volver a ordenar.
- 6 — Diseño de sistemas de procesamiento de datos.

PRODUCCION EN SERIE

- 7 — Pronóstico de la demanda y el comportamiento de sistemas de inventarios de etapas múltiples.
- 8 — Planeación agregada de largo alcance para las instalaciones, capacidad de las plantas, tamaño y ubicación, y tamaño y ubicación de las bodegas.
- 9 — Diseño de instalaciones de producción.
- 10 — Planeación y programación agregadas para las instalaciones y los recursos humanos.
- 11 — Obtención de materias primas.
- 12 — Programación y ajuste día con día de los niveles de producción conforme se va conociendo la demanda.
- 13 — Diseño de sistemas de procesamiento de datos.

PRODUCCION INTERMITENTE

- 14 — Diseñar y esbozar un sistema para minimizar los costos agregados de manejo.
- 15 — Pronosticar la demanda.
- 16 — Realizar planeación adicional para el uso de las instalaciones.
- 17 — Programar los pedidos para cumplir con las fechas prometidas de entrega.
- 18 — Programar la mano de obra y el equipo para mi-

nimizar los costos combinados de instalación de maquinaria, el tiempo de inactividad, tiempo extra y medios tiempos de la mano de obra, e inventarios de partes en proceso.

- 19 — Programar al equipo para utilizar los procesos más eficientes.
- 20 — Procurar materiales en cantidades económicas para combinar con el programa de producción.
- 21 — Desarrollar una política y un procedimiento de pujas para obtener pedidos con márgenes que logren un balance entre el uso de la mano de obra y de las instalaciones y el deseo de obtener utilidades.
- 22 — Planear una red de operaciones para lograr el resultado final deseado.
- 23 — Desarrollar programas de la red de operaciones de tal forma que el programa de ruta crítica de la red cumpla con las fechas prometidas de entrega.
- 24 — Prorratear un uso de recursos limitados de equipo y/o de mano de obra de manera que no interfiera con el programa de ruta crítica.
- 25 — Procurar materiales por medio de un programa que minimice los costos totales de inventario pero satisfaga las necesidades del programa de ruta crítica.
- 26 — Desarrollar una política y procedimientos de pujanzas para obtener contratos con márgenes que logren un balance entre el uso y el mantenimiento de las existencias de recursos críticos (ingenieros, científicos, mano de obra especializada, instalaciones clave, etc.) y el deseo de obtener utilidades.

Los cuatro tipos principales de sistemas que hemos discutido no representan clasificaciones rígidas, ya que los sistemas en la práctica tienden a ser combinaciones de los talleres con la línea, o de talleres y proyectos, etc. Las clasificaciones, sin embargo, han proporcionado una base para desarrollar conceptos y técnicas para la típica línea de producción y el típico sistema de distribución, taller o proyecto. Los métodos analíticos se han desarrollado alrededor de los conceptos del sistema puro y de los sistemas de combinación; pueden entonces estudiarse analizando los componentes y mezclando los resultados.

Recordando lo mencionado en la introducción a esta tesis, podemos decir que lo anterior es únicamente uno de los aspectos a los que se enfrenta el Ingeniero Químico. El otro, de una importancia similar y en algunos casos específicos incluso mayor, es el aspecto directivo en sí, en el que estamos tratando en todo el tiempo con hombres que tienen, en un nivel directivo, la obligación de obtener un máximo de productividad. El análisis de los requisitos que esta área requiere es mucho más complejo y no se puede esquematizar tan simplemente.

En general cabe admitir que existe una tenue relación entre las actitudes de los trabajadores sobre los diversos aspectos de su tarea y la productividad conseguida, básicamente, en las siguientes actuaciones:

- 1) Cuando se trata de un trabajo supeditado al funcionamiento de una máquina o forma parte de una línea de montaje, y
- 2) En un trabajo especializado, en el cual las tareas han sido divididas en actuaciones breves, repetitivas y sujetas a una norma en cuanto al tiempo que se utiliza para desarrollar esta actuación.

Los subordinados que realizan esta clase de trabajo pueden o no estar sujetos al salario con "incentivo"; pero sí se

hallan, normalmente, sometidos a un grado notable de presión jerárquica para lograr ciertas normas. Esta forma de trabajo se encuentra típicamente en procesos manufactureros. Esta forma de trabajo recibe el nombre de “trabajo repetitivo”.

Una diferente relación existe entre las actitudes relacionadas con el trabajo y una productividad que no puede deberse al funcionamiento a ultranza y para la cual no cabe establecer medidas de tiempo. En esta situación deberá haber una relación positiva; una correlación entre la productividad de los trabajadores y sus actitudes hacia todos los aspectos del trabajo, incluido el control del mismo. Nos referimos a trabajos de investigación, ingeniería; incluso ventas. A este tipo de trabajo lo podemos llamar “trabajo creativo”.

Se ha tendido a desarrollar dos clases distintas de dirección, cada una de ellas orientada a un tipo de trabajo —una al “repetitivo”, otra al “creativo”, básicamente debido a las diferencias esenciales entre los dos tipos de trabajo; la relación entre actitud y productividad en uno, y la falta de medidas de intervención como las actitudes, la motivación y la comunicación en el otro.

EL MODELO DE TRABAJO CREATIVO

Los dirigentes a cargo de las unidades que realizan este tipo de trabajo pronto aprenden que las actitudes favorables van asociadas con un mejor resultado, en términos generales, en el trabajo. Para ello pueden guiarse por el hecho de que todos los nuevos métodos de dirección (y mejoras a los existentes) deben estar orientados desde un principio a lograr mejoras tanto de actitudes como de productividad. Evitan así prácticas que aumenten la productividad a corto plazo pero que ataquen negativamente la actitud de las personas y, consecuentemente, creen problemas a mediano y largo pla-

zo. Como consecuencia, en los trabajos creativos se tiende a usar a un mínimo los métodos y técnicas científicos de dirección, basados en una presión jerárquica y, si se busca fomentar la motivación, en la comunicación.

Los dirigentes que obtienen baja productividad en unidades con trabajo "creativo" suelen ser menos sensibles que los que obtienen alta producción; suelen confiar más en las mediciones de producción y datos sobre costos, etc., que en la búsqueda de formas para mejorar sus métodos de dirección.

Si tratáramos de buscar un modelo genérico para el trabajo creativo, tendríamos estas referencias:

— Hay una distancia notable entre los dirigentes buenos y los malos, en lo referente a principios y prácticas de dirección.

— Asimismo, difieren mucho la variedad y magnitud de los recursos motivadores que ellos dominan y utilizan.

— También existe una gran distancia en lo referente a productividad, costos y realizaciones en general.

— Existe una gran correlación entre actitud y productividad.

EL MODELO DE TRABAJO REPETITIVO

Este trabajo está normado por el funcionamiento de una máquina o de una línea de producción, está altamente dotado de funcionalismo y tiene como característica esencial la existencia de formas específicas de ejecución para cada tarea y normas en cuanto al tiempo para llevarlas a cabo. Aquí al contrario que con el modelo del trabajo creativo, tiende a existir una correlación baja entre las actitudes de los trabajadores y su productividad final; se puede dar el caso

de que los trabajadores encuentren desagradable su tarea y, sin embargo, tengan una alta producción. En este modelo existe una presión jerárquica en busca de un incremento en la productividad, aunque esta presión, obviamente, puede dar lugar a actitudes negativas.

Si bien se observa en este modelo una tendencia a largo plazo en pro de actitudes más favorables y de una productividad mayor, el papel de las relaciones en un momento dado no es ilustrativo en este sentido. Como consecuencia, los dirigentes a cargo de un trabajo repetitivo buscan apoyarse en datos referentes a productividad, costos y beneficios para evaluar su actuación.

Esto último da lugar a que los dirigentes se sientan estimulados a utilizar principios y procedimientos capaces de organizar el trabajo más específica y estrechamente, lo que implica una organización más específica del trabajo y normas más estrechas en lo referente a los resultados a esperar.

Ahora bien, el uso intensivo de estos métodos de dirección da lugar a fenómenos como la inflexibilidad, conforme pasa el tiempo, entre trabajadores y entre departamentos, debido a la especialización implícita y al fenómeno de formación de grupos altamente enterrrelacionados.

Aunque estos modelos tienen diferencias muy grandes debido principalmente a que se trata de sistemas diferentes en su estructura, sí podemos hablar de los puntos comunes que tienen ambos, siendo aquí donde se pueden buscar soluciones a la problemática presentada; si bien esto no se puede hacer en una forma axiomática, sí se pueden plantear diversas opciones, entre las que *cada quien* buscará la más adecuada y acorde con su experiencia e inquietudes. Estos puntos se encuentran en el terreno de la MOTIVACION y el LIDERAZGO.

MOTIVACION

Cada hombre tiene un repertorio complejo de conductas que representa sus capacidades para actuar. Tiene muchas

conductas en potencia, pero sólo algunas de ellas se expresan en una ocasión determinada. La Conducta expresa representa la “realización” de un hombre, mientras que sus capacidades para conducirse representan sus aptitudes. Estas sólo se pueden conocer mediante el estudio de la realización.

El que una aptitud se manifieste es un problema de motivación. Comprendemos el “por qué” de las acciones de un hombre cuando conocemos su motivo o razón para expresar una aptitud determinada. Si podemos controlar los motivos de los hombres, podemos controlar la conducta que expresarán.

Una situación de motivación tiene un aspecto subjetivo y otro objetivo. El aspecto subjetivo es una condición en el individuo que se llama “necesidad”, “impulso” o “deseo”. El aspecto objetivo es un objeto del individuo que se puede llamar “incentivo” o “fin”. Cuando se logra la satisfacción de esa “necesidad”, estamos ante una situación motivada.

Ahora bien, existe otro “motivante” que es la frustración y que se puede definir básicamente como una situación en la que existe un obstáculo entre el individuo y su objetivo. La persona intentará llegar al objetivo y, encontrándose con el obstáculo, buscará nuevas formas hasta encontrar una en la que no exista el obstáculo; ahora bien, si el individuo no encuentra este camino, se debe a que está “frustrado”; se encuentra en una situación anormal pero que tiene la característica de impulsar al hombre, al igual que la motivación positiva.

En ciertos momentos este “motivante” reemplaza al anterior, según primero la personalidad del individuo y después de la situación. Así se da origen a una conducta, que será muy diferente, de acuerdo con su origen:

CONDUCTA

Motivada (inducida)

- Orientada a un objetivo
- La tensión se reduce al alcanzar el objetivo
- El castigo disuade contra la acción
- Es variada e ingeniosa ante una situación problemática
- Es constructiva
- Refleja las elecciones
- El aprendizaje es efectivo, desarrollándose y madurando con la acción.

Frustrada (instigada)

- No tiene objetivo
- Las tensiones son función de la aparición de nuevas frustraciones
- El castigo aumenta la frustración
- Es estereotipada y rígida
- Destructiva
- Compulsiva
- El aprendizaje se bloquea y la conducta se hace agresiva.

La situación que se presenta ahora es: ¿Qué hacer cuando la persona está reaccionando frustradamente? Existen varias técnicas psicológicas de las que únicamente mencionaremos:

- Tratar constructivamente con la situación y no responder a la agresión
- Corregir (cuando sea posible) la situación anómala
- Catarsis, o sea expresar la frustración
- “Actuar” una situación y después relacionarla con el problema (role-playing)

En muchos casos existen condiciones que evitan que se pueda utilizar alguna técnica en particular, lo que implica

que se debe analizar qué técnica o técnicas son más adecuadas en cada caso.

Cuando nos encontramos ante una situación de motivación, hay que analizar qué “necesidades” se tienen y qué “incentivo” se puede proporcionar, ya que la correcta adecuación de éste dará lugar a la conducta motivada, en contraposición a una situación de frustración que dará lugar a una conducta frustrada. Ambas se diferencian porque la conducta motivada está dirigida a un incentivo anticipado de satisfacción de una necesidad, tal y como se analizó anteriormente.

En lo relativo a las necesidades, Maier las clasifica en innatas inherentes al organismo —y se dan en todos los animales —y adquiridas— producto de la experiencia.

Una clasificación similar hace para los incentivos al dividirlos en reales — que determinan principalmente la conducta y qué es lo que la dirige —y sustitutivos— a los que se recurre cuando no se logra el incentivo real. Estos últimos, a su vez, pueden ser positivos o negativos (castigos).

Cuando una persona tiene más de una conducta a seguir, ya que existe más de un incentivo, se encuentra ante una situación de elección, que es donde se puede buscar ayuda para tomar una decisión cuando sea necesario y posible.

Ahora bien, esto únicamente se da en casos específicos y la forma de implementar esta idea no siempre es sencilla o puede implicar la creación de otros problemas.

Un área donde esa implementación es más factible es en la de los incentivos haciendo énfasis en la satisfacción de necesidades. Maslow jerarquiza las necesidades, en forma general, como sigue:

- 1 — Necesidades básicas (alimento, ropa, casa, etc.).
- 2 — Necesidades para la salud y la educación.

3 — Lujos (necesidades adquiridas).

4 — Posición social.

5 — Poder.

Existe un elemento que coadyuva a la obtención de incentivos; el dinero, si bien no es un incentivo en sí.

La forma más común de obtener dinero a nivel de empresas es mediante los salarios y los llamados incentivos económicos.

Existen diversas formas de pago de salario que clasificaremos en dos: en función de la producción (la más común) y en función de la necesidad. Es la premisa de que “a mayor cantidad producida, mayor paga” lo que motiva al trabajador a esforzarse y mejorar en su actividad productiva. La segunda función es en cierta forma complementaria de la anterior y se refiere a aumentos en salario cuando existe un factor externo a la producción que incrementa la necesidad del sujeto; como casarse, tener un hijo, etc. No es de práctica muy común.

Existen también formas no económicas de motivar. Es aquí donde se encuentra, en nuestra opinión, la mayor riqueza de los nuevos recursos para implementar el aspecto humano de todas las nuevas técnicas de planeación productiva que esbozamos en el Capítulo II. Podemos enumerarlas de la siguiente manera:

- balance entre trabajo y recreaciones
- elogios
- interés en los resultados obtenidos
- conocimiento de los resultados obtenidos
- competencia
- progreso en las capacidades.

El balance entre trabajo y recreaciones se refiere a que la persona encuentra más satisfactorio el compaginar sus

labores con diversiones que tiendan a eliminar las tensiones producto del trabajo.

El uso de elogios es muy válido, ya que se busca que la persona se sienta como tal satisfaciendo su yo, y no como un engrane más dentro de un sistema. Tiene un riesgo; el abuso resulta contraproducente, ya que provoca reacciones negativas en el receptor que se siente engañado. Es la forma positiva de una práctica muy común y mucho más fácil: la reprimenda.

El conocimiento de resultados es una forma indirecta del elogio y resulta complementaria de éste.

Competencia: Aquí se utiliza el deseo nato de ganar del hombre. Si bien no es muy fácil de implementar, ya que hay una serie de riesgos, suele ser muy útil en otras personas cuyo trabajo sea paralelo.

Progreso: Más que al progreso en sí, hecho natural dentro de un sistema, nos referimos a la justicia en la forma de implementarlo.

Para el uso adecuado de estos métodos es necesario, repetimos, un líder y una característica, que es el “estilo de mando”. Existen muchas teorías desarrolladas históricamente en la dirección. Douglas McGregor, habla del estilo “X” y el “Y”, estableciendo una gráfica en donde se parte de la izquierda con el estilo “X”, que podemos llamar autoritario 100%, y se llega, recorriendo hacia la derecha, al “Y” o participativo. Establece una teoría muy estructurada e incluso llega a plantear pruebas de clasificación en donde el interesado mide su grado de participatividad. Se ha difundido profusamente en los medios actuales de dirección.

Una evolución de esta teoría es la “cuadrícula de Blake” que con un planteamiento similar al anterior estructura en dos coordenadas la clasificación del estilo de mando.

Likert divide a las organizaciones en función del jefe y habla de dos tipos:

Autoritario.

Participativo.

A los que divide a su vez en:

Autoritario Explotador.

Participativo Consultivo.

Autoritario Benevolente (“Paternalista”).

Grupo Participativo.

Existe un paralelismo entre la clasificación antes mencionada y la de McGregor.

RESUMEN DE LA PROBLEMATICA PRESENTADA

El ingeniero químico se enfrenta en la actualidad a una problemática: Por una parte las técnicas de dirección y de psicología industrial se encuentran muy avanzadas y cada vez es más necesario conocerlas para desarrollar adecuadamente las tareas encomendadas. Por otra parte los instrumentos para desarrollar estas tareas son cada vez más evolucionados y perfeccionistas. Es también parte de la labor cotidiana del ingeniero analizar y sintetizar estas técnicas para contar con mejores herramientas en su práctica. Ahora bien, el implementar ambas misiones y específicamente su interrelación es, quizá, lo más arduo.

Como se dijo anteriormente, no es el objeto de esta tesis el dar soluciones axiomáticas, sino ayudar en la búsqueda de soluciones personales.

Se pueden presentar varias opciones, de las que resaltaremos dos; una de ellas es a nivel estructural de la empresa, la otra se refiere al concepto de sistema de producción.

A nivel estructural, es necesario lograr un paralelismo entre la implantación de nuevos sistemas de producción o mejoras estructurales a los ya existentes, y el mejoramiento del estilo y la satisfacción de las necesidades del trabajador.

Esto no es fácil, ya que se requiere un cambio de actitud por parte de los dirigentes y una mayor y mejor capacitación de los trabajadores, pero plantea opciones muy atractivas, sobre todo a mediano y largo plazo, ya que establece un ambiente de trabajo en el que todos, pero en particular el ingeniero, logran un máximo desarrollo.

La mecánica de la transformación es en la mayoría de los casos burocrática, si bien en un lapso regular comenzaría a dar resultados y se irá desplazando hacia un sistema funcional.

En cuanto a la segunda opción, es más fácil de implementar que la anterior, ya que únicamente es el director el que tiene que modificar sus reglas en una forma notable. El sistema de producción, en el que el hombre es el factor más importante al que hay que estimular, busca una optimización del sistema, pero haciendo válida la opción, que podría ser subóptima, de que el subsistema "hombre" siempre estará optimizado. Aquí podríamos hablar de "Ingeniería Humana" como la rama de la ingeniería que analizaría a fondo esta implementación.

Esta materia (la Ingeniería Humana) como tal es muy nueva; abarca temas como el Enriquecimiento del Trabajo, los diversos sistemas de motivación vía Psicología Industrial y diferentes áreas que, aunque conocidas las más, se han conglomerado en esta materia.

Se han encontrado en la bibliografía varios trabajos que hablan sobre la implementación práctica de esta materia:

En la Compañía Union Carbide con una muestra de 200 empleados se buscó dentro de una tónica de simplificación del trabajo dar a los trabajadores:

- Una mayor responsabilidad.
- Una mayor autonomía para manejar sus responsabilidades.
- Un incremento en la proporción del trabajo específico realizado por el obrero.
- Una mayor y mejor retroalimentación sobre cómo se está desarrollando el trabajo.
- Un mejor reconocimiento del trabajo bien hecho.

La implementación incluyó cursos de entrenamiento y una completa explicación sobre lo que se estaba buscando. Se negoció con el trabajador sobre todo lo que se estimaba sería su misión. A los supervisores se les pidió que colaboraran en el proyecto, en su implementación, en las normas de seguridad, la resolución de problemas inmediatos, el entrenamiento de sus operarios y la selección de equipos a utilizar; se les pedirían informes formales a la dirección y otras actividades conexas.

Los resultados son todavía parciales; sin embargo, se puede resaltar algunos puntos como:

- aumento en los índices de seguridad
- reducción del presupuesto de mantenimiento
- reducción del tiempo de trabajo extraordinario
- superación en algunos puntos críticos y reducción drástica (en algunas áreas hasta del 42%) en los costos directos.

Cabe notar que este programa sigue con un mejoramiento notable en los resultados día a día.

En la refinería de Shell-Stanlow en Inglaterra se siguió un método similar al de Union Carbide pero resaltando tres factores:

- 1 — Clara definición de objetivos.
- 2 — Flexibilidad en la programación del trabajo.

- 3 — Un paralelismo entre la delegación de responsabilidades y el nivel de entrenamiento.

Al primer punto se le dió un mayor énfasis. Una lista general de cómo se daría este paso (cabe notar que se comenzó a implementar en 1965) incluiría puntos como:

- 1 — La necesidad de que el volumen de trabajo estuviera razonablemente equilibrado entre los participantes.
- 2 — La necesidad de que cada individuo conociera su trabajo y el cómo y por qué lo estaba realizando.
- 3 — La necesidad de que se sintiera en aprendizaje constante.
- 4 — La delimitación clara sobre que área de decisiones se afectaría en cada paso.
- 5 — La necesidad de un reconocimiento "social" a nivel de la organización.
- 6 — El que cada individuo supiera cuáles son los objetivos de la compañía y cómo participaría él en ellos.
- 7 — La conciencia plena de que el mejoramiento estaría en el mismo trabajo y no necesariamente en situaciones como promociones, etc.

La flexibilidad era un requisito indispensable dadas las características de operación de la compañía, sobre todo porque las ausencias (4.3% en el verano de 1966, que se redujo a un 2.4% en 1970) era uno de los problemas principales en el sistema. Aquí se tenía que manejar paralelamente el concepto de mayor responsabilidad del trabajador con el conocimiento de que las sustituciones serían mucho más factibles.

El tercer punto, al cual se le dió mucha importancia, era obvio pero se consideró vital resaltarlo y buscar su correcta implementación.

La investigación teórica ha sido desarrollada en compañías como las antes mencionadas, la ICI, la Texas Instru-

ments y otras en las que la Ingeniería Humana se ha vuelto tema muy importante.

También se ha analizado el papel del supervisor: Tiene que evolucionar del odioso capataz a un supervisor más técnico y con responsabilidades humanas más específicas.

Se han tenido que manejar situaciones tales como los altos costos de implementación de métodos de Ingeniería Industrial, la modificación —normalmente negativa de las actitudes (miedo al cambio) y una falta de conocimiento de cómo funcionan estas técnicas.

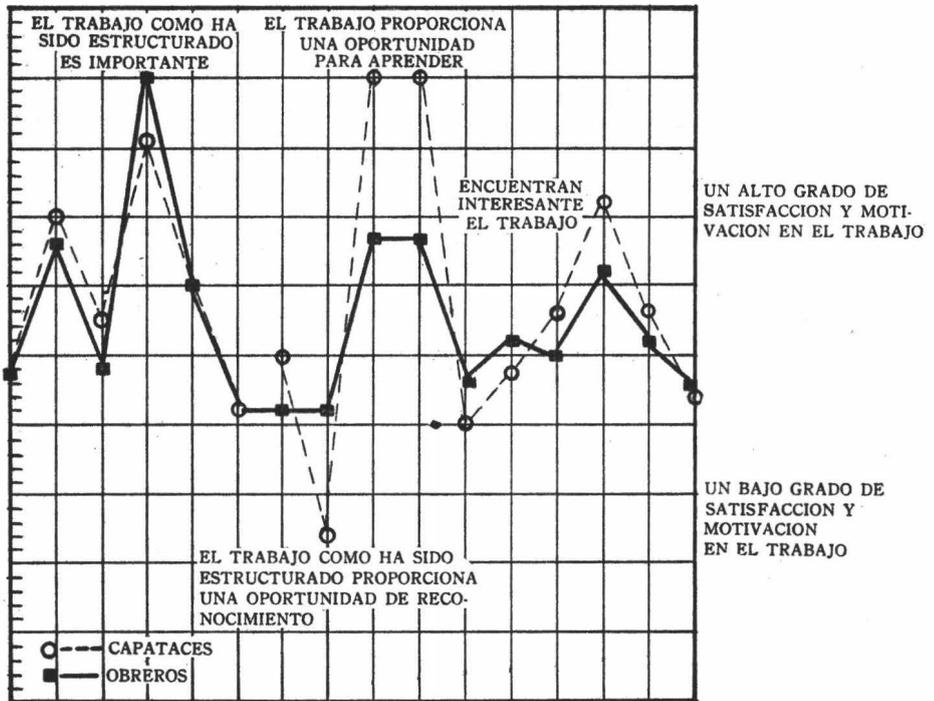
Han existido diferentes experiencias, muchas de ellas constructivas en el sentido de que indican lo que no se debe hacer y otras, afortunadamente las más, que dan nuevas guías y formas para manejar este vasto tema.

En la AT&T, se practicaron métodos novedosos; como el de empleadas que preguntan a los accionistas cuáles eran sus objetivos en la compañía.

La Texas Instruments (véase la Figura 9) desarrolló grupos de trabajadores para identificar qué problemas están asociados con el trabajo; cuál era la responsabilidad que se tiene en la solución y obtención de datos de otros grupos que pueden dar información complementaria; y, por último, informar cómo se resolvió el problema específico.

La Honeywell ha introducido, dadas sus características de operación en el área de computación, métodos como pedir a sus clientes que se formen grupos de Enriquecimiento de Trabajo. Los resultados han sido muy halagadores hasta el momento.

Sin embargo, existen limitaciones en el terreno del Enriquecimiento del Trabajo; como saber que la productividad no será un máximo, sino mas bien un óptimo cercano al máximo. Otra limitación; el modificar cualquier sistema implica conmoción y consecuentemente disminución del rendimiento; pero los beneficios son muy halagadores, incluso en detalles acerca de cuál es la función del sindicato dentro de la empresa.



PREGUNTAS ACERCA DEL TRABAJO

ESTOS SON LOS RESULTADOS DEL CUESTIONARIO DE OPINIONES "SUS REACCIONES ANTE SU TRABAJO", CON CALIFICACIONES DE 0 A 5. REFLEJA LAS PUNTUACIONES PROMEDIO DE UN GRUPO DE 20 CAPATACES Y 80 ARTESANOS

CAPITULO V

Resumen y Conclusiones.

El objetivo principal que se ha perseguido con este trabajo es presentar una problemática muy común en el terreno profesional para el ingeniero químico.

Primeramente, en las herramientas de la Ingeniería Industrial que se ven muy brevemente durante la carrera —en materias como Economía Industrial, por ejemplo— y que son sumamente necesarias en el ejercicio profesional, se ha buscado, más que dar una explicación académica de algunas de estas técnicas, exponer una opinión a nivel práctico de ellas. Se le da un especial énfasis a la programación lineal debido a su lugar preponderante en este campo.

Después se plantea una situación paralela; la adecuación del hombre en el trabajo y la forma en que éste implementa el desarrollo humano. No se busca ser extensivo en este tema —muy manido por otra parte— sino presentarlo desde una visión industrial: la simplificación y enriquecimiento del trabajo.

El último capítulo, central en este trabajo, busca compaginar a los anteriores con un conglomerante: la función de la dirección en esos campos.

No se cree que llegar a una conclusión final esté al alcance del autor en este momento, ya que es evidente que la experiencia en este campo es algo vital para lograrlo. Sin embargo,

sí se puede presentar una conclusión específica a este trabajo: es necesario, para lograr una correcta implementación de las técnicas de planeación y programación, tener siempre presente al aspecto humano y, lo que es más importante, estar consciente de que es necesario buscar su optimización para que todas las mencionadas técnicas cumplan realmente su objetivo; esto no es, ni remotamente, fácil. Siempre es necesario abocarnos a ello con todo realismo para lograr resultados satisfactorios.

En la actualidad ya se comienzan a sentir en la industria cambios estructurales en este sentido. Un ejemplo es el experimento Ciba-Geigy en los Estados Unidos, que ensayó con semanas de trabajo de tres o cuatro días, pero con jornadas de 12 horas. Este sistema, todavía utilizado en escala muy reducida, está dando resultados mejores que los que se tenían anteriormente, sobre todo en lo que se refiere a la moral de los trabajadores y a su satisfacción con el trabajo. Su mecanismo es muy sencillo; utiliza 12 semanas para completar un ciclo de rotación. Existen cuatro grupos, (A, B, C, D) que tienen turnos diurnos (7 a.m. a 7 p.m.) y nocturnos (7 p.m. a 7 a.m.); trabajan cuatro días y descansan tres o viceversa, de acuerdo con el turno que les toque; de esta manera, en un día determinado, dos grupos trabajan (uno día, otro noche) y dos descansan.

Es muy clara la tendencia actual de perfeccionamiento de las diferentes herramientas matemáticas y científicas aplicables a la industria; sin embargo, su implicación humana ha quedado a la zaga, lo que nos hace pensar en la necesidad de dar un mayor impulso al aspecto humanístico para poder mantener ese equilibrio entre la técnica y el humanismo, vital para el hombre como ente.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- Alden, J. D. "Is an Engineer a Manager?". *Hydro. Proc.* 52. No. 12, 107-108 (1973).
- Buffa, E. S. *Modern Production Management*; J. W. Wiley & Sons, New York (1973).
- Buffa, E. S. y W. H. Taubert, *Production Inventory Systems; Planning and Control*; Richard D. Irwin Inc., New York (1972).
- Charnes A. y W. W. Cooper, "Management Models and Industrial Applications of Linear Programming"; *Manag. Sci.* 4 No. 39, 41-70 (1957).
- Cooke, J. D. y R. Perelman. "Job Enrichment at Union Carbide" *Hydro. Proc.* 53, No. 4. 296-310 (1974).
- Leavett, H. J. y Q. R. Pondy, *Readings in Managerial Psychology*. The University of Chicago Press, Chicago (1964).
- Lehrer, R. H. *Work Simplification*. Prentice-Hall, New Jersey (1957).
- Likert, R. *Un nuevo método de gestión y dirección*. Deusto, Bilbao (1965).
- Maier, N. *Psicología Industrial*. R.I.A.L.P., Madrid (1969).
- Maslow, A. H. *Motivation and Personality*. Harper & Row, London (1970).

- Pryblek, W. "Are the CPI Ready for a Three-Day Work-week?" *Chem. Eng.* 81. No. 8, 96-100 (1974).
- Skinner, B. F. *Science and Human Behavior*. The Free Press, New York, (1965).
- Starr, M. K. "Modular Production - A New Concept". *Harv. Bus. Rev.* 43, No. 131, 40-55 (1965).
- Taylor, L. K. "Enriched Jobs Increase Profits"; *Hydro. Proc.* 51, No. 6 140-144 (1972).
- Treadaway, H. H. "Job Enrichement at Shell-Stanlow", *Hydro. Proc.* 52, No. 9, 228-233 (1973).

INDICE

I N D I C E

I n t r o d u c c i ó n .

- Capítulo I Breve Relación Histórica.
- Capítulo II Conceptos Generales. Descripción de Diferentes Técnicas de Planeación de Operaciones.
- Capítulo III El Hombre como factor determinante. Problemática Presentada. Simplificación del Trabajo.
- Capítulo IV Presentación de Alternativas en la búsqueda de Soluciones.
- Capítulo V Resúmen y Conclusiones.

B i b l i o g r a f í a .