

XXXIV Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos

**EFICIENCIA DE UNA PLANTA INDUSTRIAL CON SISTEMA DE TALLER
ABIERTO**

Categoría propuesta: Estímulo a la participación

Autor:

Lic. Fabián Cid (socio adherente)

Bahía Blanca, Octubre de 2011

Eficiencia de una planta industrial con sistema de taller abierto

Índice

Objetivo del trabajo - pag. 2

Resumen - pag. 2

Introducción - pag .3

- El sistema de taller abierto - pag. 3
- Concepto de eficiencia - pag. 4
- Técnica de medición - pag. 5

Desarrollo del modelo - pag. 6

- Breve presentación de un caso ejemplo - pag .6
- Objetivos de la planta industrial - pag. 6
- Asignación de recursos a los objetivos de la planta industrial - pag. 11
- Medición de la eficiencia - pag.15

Conclusión - pag .20

Bibliografía - pag. 21

Objetivo del trabajo

Desarrollar y proponer un modelo que permita determinar la eficiencia de una planta industrial con sistema de producción intermitente de taller abierto; con el propósito de generar información que facilite el análisis de las causales de resultados y la toma de decisiones operativas que garanticen el cumplimiento de los objetivos de la planta industrial, con un nivel de costos adecuado.

Resumen

El trabajo comienza describiendo las características generales de un sistema de producción de taller abierto e intentado dar un marco teórico al concepto de eficiencia, como justificación de las técnicas cuantitativas de información y evaluación por segmentos, adoptadas para desarrollar el modelo de medición de la eficiencia

Luego avanza con la construcción concreta del modelo a partir de un caso real. Es en este capítulo donde se definen los objetivos establecidos para esta planta industrial con sus respectivos índices que miden el desempeño de la gestión, para luego presentar los recursos necesarios y asignados a dichos objetivos, basados en información de costos.

Por último se pasa a la aplicación y adaptación de la técnica adoptada para medir la eficiencia de una planta industrial con sistema de taller abierto.

Palabras claves: Eficiencia, eficacia, economía, objetivos, recursos (costos).

Introducción

El sistema de taller abierto

Los sistemas de producción son un conjunto de elementos que interactúan entre sí mediante el establecimiento de una cadena de valor entre ingresos y egresos del sistema. Estos elementos pueden ser: **insumos** presentados en piezas, materiales, formularios, según sea el caso; **operaciones** donde se procesan los insumos, estas pueden ser mecánicas, químicas, de inspección, de envío, de contacto personal, de papeleo, etc.; **recursos humanos y tecnológicos** combinados en las diversas operaciones; **productos** del sistema, pueden ser piezas terminadas, productos químicos, servicios al cliente o paciente, formularios llenados, etc.; **almacenes**, es normal que haya alguna forma de almacenamiento después de recibir un insumo o entre las operaciones; **transportes** para el movimiento de insumos entre las operaciones del sistema; **sistemas de información** que vinculan las diversas operaciones para que la administración pueda tomar sus propias decisiones.

Los tipos de sistemas de producción están representados por dos grandes grupos; los de producción continua y los de producción intermitente.¹

Los sistemas continuos presentan elementos estandarizados en lo relativo a vías, flujo productivo e insumos. La transformación de factores en producto se realiza de forma ininterrumpida o con procesos repetitivos de producción en masa. De secuencia operativa estandarizada con cantidades enormes o indefinidas de unidades de un producto homogéneo. Algunos ejemplos son cadenas de montaje, formularios de trámites e informes de gran escala u operaciones químicas de flujo continuo. Los sistemas intermitentes son aquellos cuyos elementos tienen que ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a una amplia variedad de productos y magnitudes. No tienen una pauta única de secuencia de operaciones apropiada. Son sistemas orientados hacia el proceso, organizados por centros de trabajo o talleres agrupados de acuerdo al tipo de función que realizan. También tienen que ser flexibles los medios de transporte entre las operaciones para dar cabida a gran variedad de característica de insumos en todas las diversas rutas dentro del sistema.

El flujo de producción es discreto, es decir comienza y termina la producción de un determinado producto o lote de productos para luego dar comienzo a la producción de un producto o lote de productos diferente al anterior.

La unidad fundamental de control es cada pedido u orden de trabajo, por lo tanto para controlar el flujo de producción hay que formular planes detallados que permitan seguir la marcha de los pedidos para asegurarse que cumplan con los plazos de entrega comprometidos y a la vez mantener registros independientes para cada trabajo.

Existen tres tipos comunes de sistemas intermitentes:

- ✓ El proyecto unitario de gran escala: Como por ejemplo la construcción de un buque o un edificio.
- ✓ El taller cerrado: Produce artículos inventariables.
- ✓ El taller abierto: Produce artículos con ingeniería o especificaciones bajo pedido del cliente, hace referencia a compra y fabricación bajo pedido; no son inventariables.

Siendo el **taller abierto** el motivo de esta presentación, podemos profundizar en más características que lo identifican, además de las mencionadas para toda configuración productiva intermitente.

Es para destacar, entonces, que en el sistema intermitente de taller abierto cada orden puede seguir una ruta única en su flujo a través de los centros de trabajo de acuerdo a las especificaciones de cada cliente. Es decir, cada trabajo puede diferir en el programa, en la ruta, en los insumos, en la transformación y en la fecha en la cual debe terminarse

En la medida en la cual van llegando órdenes al sistema, crece la carga de trabajo en las instalaciones. Algunos centros de trabajo pueden estar desocupados al mismo tiempo que otros están extremadamente sobrecargados.

Cuando se termina una orden, puede ser que la máquina o equipo tenga que ajustarse o alistarse nuevamente antes de procesar la orden siguiente.

¹ Administración de producción – Elwood S. Buffa – Editorial El Ateneo – Bs.As. 1981

La secuencia en la cual vayan a procesarse los trabajos, que están en espera, es importante para determinar la eficiencia y la efectividad del sistema. La secuencia determina la tardanza para procesar un trabajo, los costos en los cuales se incurre por reorganización y cambios en el equipo, los tiempos de demora en la entrega, los costos del inventario y el grado de congestión en las instalaciones, por esta razón, la programación de la producción representa un reto importante para el director de operaciones en un sistema de producción a taller abierto.

Estos sistemas están presentes en organizaciones gubernamentales, industriales y de servicios. Algunos ejemplos se pueden dar en la industria metalúrgica, aserraderos, industria gráfica, industria del mueble, hospitales, restaurantes.

Concepto de eficiencia

Antes de continuar con el trabajo en sí, considero importante definir el concepto de eficiencia para los fines de esta presentación, dado que muchas veces se presentan diferentes acepciones del mismo.

Por eficiencia se entiende como aquel factor clave para medir el resultado de una gestión, el cual centra su preocupación por un lado en **los recursos**, a través de los principios de racionalidad:

- ✓ Principio de minimalidad: “conseguir un resultado dado con el mínimo posible de recursos”
- ✓ Principio de maximidad: “conseguir el mayor resultado posible con unos recursos dados”

Y por otro lado en **los objetivos** de la gestión, mediante la medición del grado de su cumplimiento.

Su expresión matemática se basa en el cálculo del **índice de productividad (IP)**, el cual mide la relación entre la productividad real (Pr) respecto a la productividad normal, esperada o planeada (Pp):

$$IP = \frac{Pr}{Pp} = \frac{\text{Objetivos alcanzados}}{\text{Recursos empleados}} \div \frac{\text{Objetivos previstos}}{\text{Recursos previstos}} = \frac{\text{Objetivos alcanzados}}{\text{Objetivos previstos}} \times \frac{\text{Recursos previstos}}{\text{Recursos empleados}}$$

La productividad² por sí sola, está relacionada con la economía o escasez de recursos, no está orientada a los objetivos, se ocupa de “hacer las cosas correctamente” a través de los medios de producción, indicando la aptitud de los mismos en transformar los recursos en salidas o cantidad de objetivo alcanzado, en cambio **la eficacia** está totalmente orientada a los objetivos, se desentiende o no presta preocupación por los recursos utilizados para alcanzar los objetivos previstos, se orienta a “hacer las cosas correctas”³, su expresión matemática está definida por la relación entre los objetivos cumplidos respecto a los planeados o esperados.

El segundo factor de la fórmula final del índice de productividad, expresado en la relación de los recursos previstos respecto a los efectivamente empleados, nos indicaría **la economía** alcanzada por la gestión. Es decir, una gestión será económica⁴ cuando se adquieren o utilizan los recursos al costo más bajo. Por su medición se requiere el conocimiento de las necesidades que deben ser atendidas y su comparación con lo que se ha adquirido o ha ocurrido. Está identificada con componentes que tienen incidencia en el tiempo, el costo, la cantidad y la calidad orientando a detectar la existencia de factores antieconómicos como costos innecesarios, desperdicios o defectos fuera de lo normal, demoras en la producción o calidad defectuosa.

² Integración de productividad, eficiencia y eficacia en la contabilidad directiva – Petri Wehmanen – Universidad de Oulu, Finlandia

³ Idem 2

⁴ Costos y Gestión. Fundamentos del nuevo modelo de control de la hacienda pública – Roberto M. Rodríguez – revista Costos y Gestión, nro.43

Podemos decir entonces que **la eficiencia** es un concepto unificador entre productividad, economía y eficacia, requiriendo moderación en el uso de las entradas (recursos) para que a su vez las salidas puedan valorarse con los objetivos de la organización. Al decir de Petri Vehnamen, se refiere a “hacer correctamente las cosas correctas”.

Técnica de medición

De acuerdo el planteo teórico, pasará a presentar ahora la técnica cuantitativa de información y evaluación por segmentos seleccionada, la cual determina la eficiencia de la gestión como producto entre el índice de eficacia (para los objetivos de la gestión) y el índice de economía (para los recursos asignados). Cada objetivo y cada recurso pueden ser ponderados de acuerdo al criterio del analista en cuanto a prioridades a otorgarles.

Su expresión matemática sería:

$$Eficiencia\ de\ la\ gestión = \left[\sum_{r=1}^R W_r \times E_o(r) \right] \times \left[\sum_{o=1}^O W_o \times E_z(o) \right]$$

Donde:

- W_r = ponderación del índice de economía correspondiente al recurso (r)
- W_o = ponderación del índice de eficacia correspondiente al objetivo (o)
- R = cantidad de recursos
- O = cantidad de objetivos
- $E_o(r)$ = índice de economía del recurso (r)
- $E_z(o)$ = índice de eficacia del objetivo (o)

La suma de los coeficientes W_r debe ser igual a 1, y lo mismo para los W_o

Siendo:

$$E_o(r) = \frac{\text{recursos previstos}}{\text{recursos empleados}} \quad E_z(o) = \frac{\text{objetivos alcanzados}}{\text{objetivos previstos}}$$

Un requisito básico para el empleo de esta técnica es que el grado de cumplimiento de los objetivos, es decir la eficacia (E_z), sea definida de tal forma que un porcentaje mayor signifique mejor actuación, por lo tanto, cuando el objetivo es de maximización, la eficacia de la gestión respecto al mismo se expresa como:

$$E_z(o) = \frac{\text{objetivo alcanzado}}{\text{objetivo previsto}} \times 100$$

Por el contrario, cuando el objetivo es de minimización, su expresión será:

$$E_z(o) = \left(2 - \frac{\text{objetivo alcanzado}}{\text{objetivo previsto}} \right) \times 100$$

Cabe destacar también la importancia en la determinación de los objetivos directos o propios del segmento a evaluar, y la asignación de recursos para el cumplimiento de los mismos, bajo criterios que atiendan verdaderamente a la causa-efecto, de tal forma de obtener información coherente y confiable para garantizar una correcta evaluación.⁵

Desarrollo del modelo

Breve presentación de un caso ejemplo

Se trata de una empresa industrial mediana del rubro gráfico, fabricante de envases flexibles para alimentos. Trabajan 180 personas distribuidas en un edificio central donde se concentra la administración general y las oficinas comerciales, y una planta industrial donde se desarrollan las operaciones de conversión para obtener los diversos productos.

Los límites de las actividades comprendidas dentro del segmento planta industrial comienzan desde la recepción o ingreso de la materia prima (M.P.) a planta, para ser transformada, en la o las máquinas correspondientes, en producto semielaborado (S.E.), según las etapas de conversión requeridas, hasta lograr el producto terminado (P.T.) y su despacho al almacén.

Las funciones pertenecientes al segmento son:

- Operaciones de conversión o transformación
 - ✓ Impresión
 - ✓ Laminación
 - ✓ Corte y rebobinado
- Programación y control de producción
- Gestión de calidad
- Mantenimiento de máquinas, equipos e instalaciones industriales.

Cabe señalar que existen otras operaciones de conversión, además de las mencionadas, las cuales fueron obviadas a los efectos de reducir la exposición, sin por ello afectar el objetivo del presente trabajo.

El envase flexible está formado por varias láminas de material polimérico sellado, es ligero y hermético. Como su nombre lo indica es flexible, en contraposición a los envases rígidos como por ejemplo los confeccionados en plástico de alta densidad, cartón o cartulina.

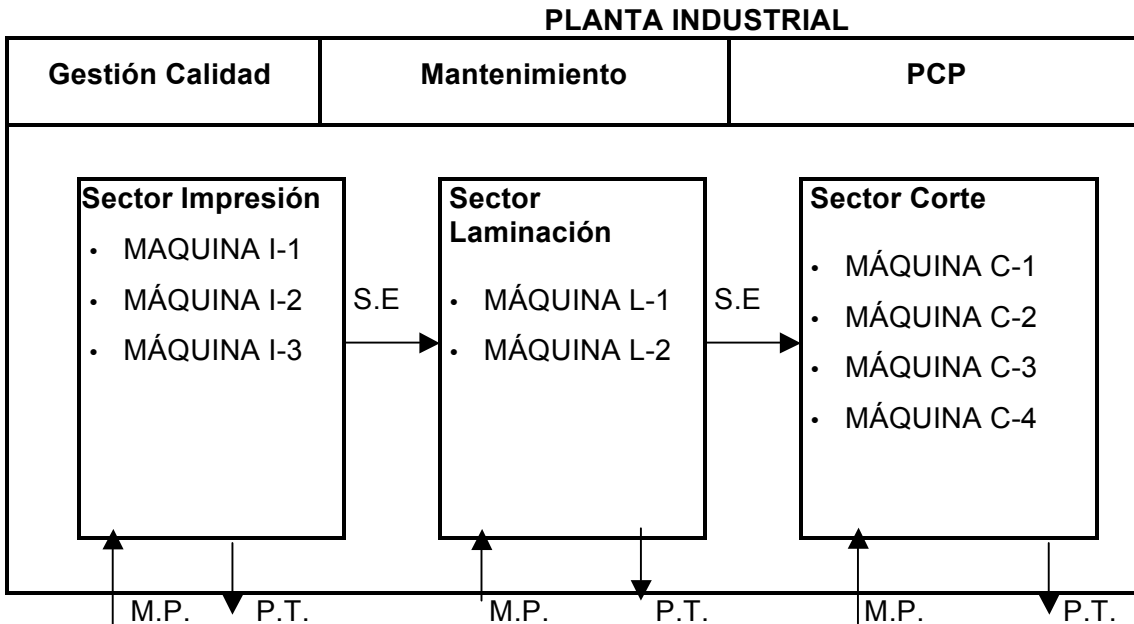
Muchas de las propiedades de los envases flexibles están relacionadas con las propiedades de los materiales utilizados, a los cuales se los identifica como materia prima soportes que intervienen en los procesos de impresión en los que se les aplican tintas y barnices a su vez con diferentes propiedades, y en los procesos de laminación en los que se les aplican adhesivos, también con una amplia gama de características físico químicas, para la cohesión entre los soportes impresos y diversos soportes más, donde también es posible que no necesariamente hayan pasado por los procesos de impresión. Estas materias primas, llamadas genéricamente soportes, se presentan en películas en forma de bobinas (rollos) en diferentes diámetros, anchos, espesores y densidades. Algunos de estos materiales pueden ser papel, poliéster, polietileno, polipropileno, policloruro de vinilo (PVC), aluminio, celofán, poliamidas, entre otros.

Los envases flexibles son de importante y difundida aplicación en la industria alimentaria para el envasado de lácteos, verduras, cafés, bebidas, golosinas, chocolates, galletitas, yerbas, harinas, snacks o bocadillos, cereales, mezclas en polvo, refrescos, gelatinas, aceites comestibles, mayonesas, condimentos húmedos y deshidratados, azúcares y edulcorantes, y una variada gama de aplicaciones. También, estos envases, tienen una alta participación en el envasado de productos de limpieza y en cosmética.

Algunas de las formas finales en las que se presentan estos envases que elabora la empresa son por ejemplo bobinas, sobres, doy packs, bolsas con fondo cuadrado, bolsas con fondo americano,

⁵ Información y evaluación por segmentos – Raúl Alberto Ercole – XXV Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos – Buenos Aires, Octubre 2002

mangas o fundas termocontraíbles y etiquetas; todas de las más variadas dimensiones y composición de materiales, según las especificaciones de los clientes.



Objetivos de la planta industrial

Los objetivos de la planta deben estar en consonancia con los objetivos de la organización. Para el caso del ejemplo presentado, la empresa estableció como objetivos organizacionales la satisfacción de los clientes y el aumento de la rentabilidad.

Para el primero la planta se alinea a través de la fabricación a tiempo como medida que oriente la gestión al cumplimiento de las fechas de entrega comprometidas con los clientes, y por otro lado también asegurando la calidad de los productos a lo largo de todo el proceso de fabricación hasta llegar al almacén de productos terminados con la calidad asegurada.

Para el segundo objetivo mencionado, la planta aportaría su gestión hacia el incremento de la rentabilidad mediante la reducción de sus costos. Para eso se definieron objetivos propios de la planta como ser: aumentar la efectividad global de las máquinas, reducir el desperdicio, aumentar la productividad de la mano de obra directa y aumentar la rotación de los productos en estado de semielaboración y terminados.

Pasaré ahora a explicar cada uno de los objetivos de la planta mencionados:

1- OBJETIVO: Fabricar a tiempo (FAT)

Relacionado con la satisfacción del cliente mediante el aseguramiento de la entrega a tiempo de los productos terminados con calidad aprobada. La fabricación a tiempo contempla a todas aquellas órdenes de fabricación (lotes de producción por pedidos de venta) cumplidas en cantidad, calidad y que hayan ingresado al almacén de productos terminados al momento que permita ejecutar las operaciones de logística necesarias para entregar los pedidos de los clientes en la fecha requerida.

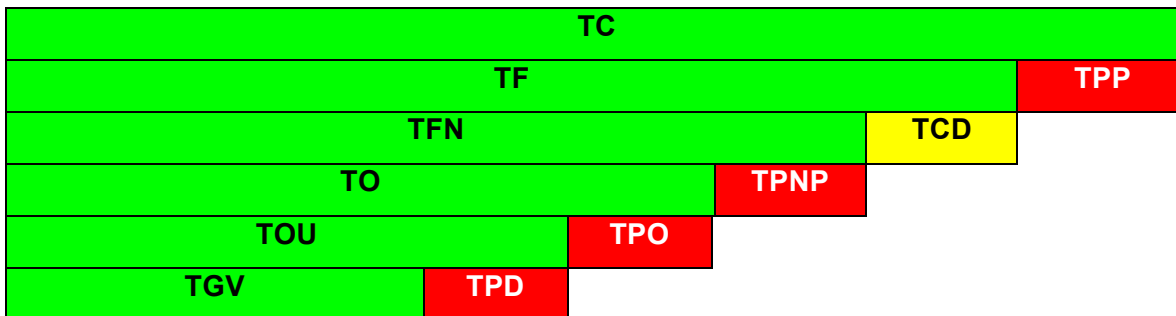
El índice de fabricación a tiempo se calcula relacionando la órdenes de fabricación (OF) cumplidas, según el criterio mencionado, respecto a las órdenes de fabricación previstas recibir en el almacén de productos terminados.

$$FAT = \frac{OF.cumplidas}{OF.realizadas} \times \frac{OF.realizadas}{OF.solicitadas}$$

2- OBJETIVO: Aumentar la efectividad global de los equipos (OEE)

Para explicar el significado e índice de medición de este objetivo, pasaremos previamente a definir diversos conceptos sobre tiempos perdidos en máquina y tiempos de funcionamiento de máquina con diferentes grados de valoración, hasta obtener la porción de tiempo de funcionamiento de la máquina en el cual no se han generado pérdidas de ningún tipo, es decir solo generación de valor agregado.

Gráfica de identificación de tiempos de máquina o equipo:



Referencias y conceptos:



TC - Tiempo calendario: Literalmente como su nombre lo indica, es el tiempo total calendario en el que la planta puede hacer uso de las máquinas y equipos a partir de la existencia de los mismos como activo de la compañía, no hay restricción alguna.



TPP - Tiempo perdido planificado: Es consecuencia de la falta de carga de trabajo por caída de la demanda, la dificultad de suministro de insumos por parte de las fuentes de abastecimiento, falta de disponibilidad de mano de obra, falta de disponibilidad de recursos varios para la puesta en funcionamiento como por ejemplo herramientas especiales y el mantenimiento programado, preventivo y predictivo de las instalaciones.

TF - Tiempo de funcionamiento: Surge de la diferencia entre TC y el tiempo perdido planificado. Es el tiempo real de utilización de las instalaciones. En la gestión de este tiempo juega un papel importante la planeación agregada y la carga de trabajo en máquina a través de la función de planificación y control de la producción.



TCD – Tiempo para capacitación y desarrollos: Es el tiempo de máquina invertido para desarrollos de fabricación de nuevos productos, desarrollo del uso de nuevos materiales y capacitación de personal de operación de máquinas y equipos. En el gráfico figura en amarillo dado que no debe considerarse como tiempo perdido por ser una inversión de tiempo de máquina para mejora continua y aseguramiento de calidad, aunque por otra parte resta capacidad para atender los requerimientos de los clientes. Forma parte de la causal de costos de prevención de la calidad y costos de capacitación del personal de planta.

TFN – Tiempo de funcionamiento neto: Es el tiempo disponible planificado y utilizado para atender los pedidos de los clientes. Surge de la diferencia entre TF y el tiempo invertido para desarrollos de fabricación y capacitación de personal.

TO

TPNP

TPNP - Tiempo perdido no planificado: Es consecuencia de las fallas de los equipos por problemas eléctricos, electrónicos, mecánicos, de instrumentación y de servicios industriales, provocando tareas de mantenimiento correctivo no programado; tiempo perdido por accidentes y tiempo perdido por ausentismo.

TO - Tiempo de operación: Es el tiempo en que la máquina, equipo o instalación entra en operaciones con objeto de producir. Surge de la diferencia entre TFN y el tiempo perdido no planificado.

TOU

TPO

TPO - Tiempo perdido por operación: Provocado por fallas de operación como marcha en vacío o falta de capacitación apropiada en el operador; reducción de velocidad a causa de problemas en el proceso como mal funcionamiento de sensores, fotoceldas, ensambles o montajes deficientes; falta o espera en el suministro de materias primas e insumos; falta de información apropiada para el comienzo de la operación como ser ordenes de fabricación, especificaciones técnicas, prototipos y tolerancias para control; tiempo perdido durante las tareas de preparación, puesta a punto y ajuste de las instalaciones, incluye arranque, cambio de formato, cambio de producto, cambio de turno y paradas de programación de producción de acuerdo con la secuencia de ingreso a máquina de los lotes a fabricar, tiempos perdidos por aprobaciones de clientes en línea de fabricación, tiempo perdido por acontecimientos inusuales e imprevistos como reuniones no regulares, apagones, evacuaciones de emergencia o simulacros.

TOU - Tiempo operativo utilizable: Es el tiempo en que la máquina marcha a velocidad de diseño, es decir a la velocidad máxima del equipo. Surge de la diferencia entre TO y el tiempo perdido en operación.

TGV

TPD

TPD - Tiempo perdido por defectos: Son las pérdidas de tiempo por fallas de calidad, momentos en los cuales se realizan corridas y pruebas no programadas para asegurar la calidad aceptable; tiempo incurrido en producir unidades de mala calidad detectadas durante el proceso o a la salida, esto es calculado multiplicando el número de unidades defectuosas por el tiempo ciclo ideal por unidad; tiempo perdido por reprocesos cuando los lotes defectuosos deben reprocesarse o iniciar una nueva partida para recuperar las unidades rechazadas, su medición es similar al anterior.

TGV - Tiempo generador de valor: Es el lapso de tiempo durante el cual el equipo fue aprovechado al máximo, según su velocidad estándar, sin interrupciones o pérdidas de tiempo de ninguna naturaleza. Surge de la diferencia entre TOU y el tiempo perdido por defectos de calidad.

A partir de estas definiciones, se presentan los indicadores que miden el aprovechamiento de los activos (máquinas y equipos) de la planta para generar valor:

- **Q** – Tasa de tiempo aprovechado por calidad asegurada durante la producción = Es la razón entre el tiempo generador de valor y el tiempo operativo utilizable.
- **R** - Rendimiento de máquina, equipo o célula de trabajo = Es la razón entre la productividad real del equipo con la productividad estándar para la producción realizada.
- **D** – Disponibilidad = Es el tiempo disponible de la máquina para producir. Surge del producto entre la porción de disponibilidad de tiempo luego de haber ocupado tiempo de máquina en tareas de capacitación y/o realización de pruebas de uso de materiales y/o fabricación productos,

y la porción de disponibilidad de tiempo luego del tiempo de máquina perdido por la realización de tareas de mantenimiento, ausentismo y accidentes.

- **OEE – Overall Equipment Effectiveness** (efectividad global de los equipos) = Mide la efectividad de una planta, o de una máquina o equipo en cuanto su aprovechamiento para producir valor. Se calcula como el producto entre la tasa de tiempo aprovechado por la calidad asegurada durante la producción (Q), el rendimiento de las máquinas y equipos (R), y la disponibilidad de tiempo para producir (D). Del producto de estos tres indicadores se obtiene la proporción de tiempo generador de valor o tiempo valioso de producción (TGV) con respecto al tiempo de funcionamiento (TF)

$$Q = \frac{TGV}{TOU}$$

$$R = \frac{Pmq.real}{Pmq.std} = \frac{Pr oducción.real}{TO} \div \frac{Pr oducción.real}{TOU} = \frac{TOU}{TO}$$

$$D = Dm \times Dcd = \frac{TO}{TFN} \times \frac{TFN}{TF} = \frac{TO}{TF}$$

$$OEE = Q \times R \times D = \frac{TGV}{TF}$$

3- OBJETIVO: Reducir el desperdicio de materiales (SCRAP)

Relacionado con el principio de minimalidad “conseguir un resultado dado con el mínimo posible de recursos”. Trata de aumentar el rendimiento de la materia prima a través del menor consumo posible para alcanzar una determinada cantidad de producción. Su expresión matemática es:

$$SCRAP = \frac{material.ingresado.a.máquina - producción.aprobada.de.máquina}{material.ingresado.a.máquina} \times 100$$

4- OBJETIVO: Aumentar la productividad de la mano de obra directa (P.MOD)

En este caso se intenta aumentar la relación cantidad de producción obtenida respecto a las horas hombre de mano de obra directa empleadas, ya sea mediante el principio de minimalidad o de maximalidad.

Y la expresión matemática del objetivo productividad de la mano de obra directa es:

$$P.MOD = \frac{cantidad.producción}{HH.MOD}$$

5- OBJETIVO: Aumentar la rotación de productos semielaborados y terminados (ROT)

Aumentar la rotación de bienes de cambio bajo responsabilidad de la planta también puede relacionarse con los principios de maximalidad o minimalidad, ya sea aumentando los despachos a los clientes, valuados a costo de mercadería vendida (CMV), o disminuyendo el stock promedio de productos semielaborados (SE) y terminados (PT).

Para el caso en estudio los bienes de cambio considerados bajo responsabilidad de la planta industrial (segmento a evaluar) son los productos semielaborados y también los productos terminados, debido a que un sistema de taller abierto no trabaja para stock sino bajo requerimientos de calidad, especificaciones y plazos de entrega solicitados por los clientes, por lo tanto un excesivo nivel de stock, en estos rubros, es consecuencia de la gestión de la planta, como por ejemplo problemas o decisiones de programación de producción. En cambio la rotación del stock medio de

materias primas es consecuencia de decisiones del área de logística, la cual se encuentra fuera del segmento planta industrial bajo estudio. La expresión matemática del índice de rotación será:

$$ROT = \frac{CMV}{stock.promediode.SE.y.PT}$$

Asignación de recursos a los objetivos de la planta industrial

Los recursos asignados serán analizados con información de costos correspondiente a los factores considerados necesarios y sensibles (variabilidad del costo) al cumplimiento de los objetivos de la planta industrial. Esta sensibilidad en el comportamiento de los costos se manifiesta de manera positiva, es decir que varían en aumento ante decisiones de mejora en el o los índices que miden el cumplimiento en los objetivos perseguidos.

Mediante análisis empíricos y de ciertos datos relevados, se ha observado dicha sensibilidad en ciertas variables de costos, las cuales se han definido como recursos a considerar en el modelo de medición de la eficiencia. Estos son:

1 -RECURSO: Costos de mano de obra directa

Las horas de MOD, previstas y reales, se registran en las órdenes de fabricación donde se indican la o las máquinas, con su correspondiente dotación de personal, que intervienen en la elaboración del producto.

Ejemplos de sensibilidad del costo de MOD ante decisiones de:

- Aumentar la efectividad global de los equipos: Aumenta el costo de MOD por aumentar el número de colaboradores que operan la máquina para mejorar su rendimiento al disminuir los tiempos de operación de la máquina, o aumenta en su componente monetaria por la incidencia de premios e incentivos a la productividad de máquina (horas máquina), y/o aumenta el costo al asignar personal con alta capacitación ante decisiones de garantizar la calidad de los lotes fabricados, evitando paros y/o reprocesos por defectos.
- Reducir el desperdicio de materiales: Aumenta el costo de MOD al asignar personal con alta capacitación en la operatividad de la máquina, para garantizar un mejor aprovechamiento en el uso de las materias primas.
- Aumentar la fabricación a tiempo: Puede aumentar el costo de MOD al tener que disponer de tiempo extra, trabajando horas por fuera de la jornada laboral normal y/o fines de semana y feriados, con el objetivo de cumplir con las necesidades de entrega a los clientes.
- Aumentar la rotación de productos semielaborados y terminados: Similar al caso anterior, se pueden tomar decisiones de utilización de tiempo extra de trabajo con el objeto de reducir los niveles de stock, terminando de fabricar la producción en curso para despacharla inmediatamente a los clientes, pero con el consecuente incremento del costo de MOD.
- Aumentar la productividad de la mano de obra: Para la mejora de este objetivo, puede aumentar el costo de MOD si se asigna personal de alta calificación profesional cuya tarifa horaria (componente monetario del costo) neutraliza el efecto de mejora en la productividad de la MOD. Es decir, la reducción de la relación de eficiencia (componente físico del costo) entre horas hombre de MOD respecto a la unidad de producción, no logra bajar el costo de MOD.

2- RECURSO: Costos de materias primas

Las cantidades de materia prima, previstas y reales, se registran en las órdenes de fabricación donde se indican la o las máquinas que intervienen en la elaboración del producto.

Ejemplos de sensibilidad del costo de MP ante decisiones de:

- Aumentar la efectividad global de los equipos: Aumenta el costo de MP ante decisiones de evitar paros de máquina por defectos y/o reprocesos de trabajos, utilizando materia prima de mejor calidad que garantice su procesamiento sin interrupciones.
- Aumentar la productividad de la mano de obra directa: El mismo ejemplo anterior, evitando utilizar más horas hombre y sobre todo en tiempo extra para recuperar el tiempo perdido generado por la utilización de materia prima de menor calidad.

- Aumentar la rotación de productos semielaborados y terminados: Mejorando la calidad de las materias primas se evitan generar lotes de semielaborados retenidos para programar su reproceso, pero con el consecuente incremento de los costos de adquisición de materia prima de mejor calidad
- Aumentar la fabricación a tiempo: Similar al caso anterior, la materia prima de alta calidad asegura el flujo normal de producción en la planta, evitando demoras por defectos y/o reprocesos.
- Reducir el desperdicio de materiales: Para la mejora de este objetivo, puede aumentar el costo de MP si se utilizan insumos de alta calidad cuyo precio (componente monetario del costo) neutraliza el efecto de mejora en el rendimiento de la MP. Es decir, la reducción de la relación de eficiencia (componente físico del costo) entre cantidad de MP utilizada respecto a la unidad de producción, no logra bajar el costo de MP.

3- RECURSO: Costos de materiales productivos

Forman parte de la carga fabril. Son costos directos a los diferentes sectores de planta, según sea el caso de cada material en particular. Las cantidades de estos materiales productivos, en nuestro caso elementos de impresión, elementos de laminación, elementos de corte, solventes, material de embalaje, materiales de limpieza etc., se presupuestan mensualmente de acuerdo al consumo histórico y a la carga de trabajo prevista para cada sector de planta. Su registro de consumo real en cada sector, es relevado por el almacén de materiales.

Se pueden mencionar como ejemplos de sensibilidad del costo de materiales productivos, a los mencionados para el caso de los costos de materias primas.

4- RECURSO: Costos de fuerza motriz

Forman parte de la carga fabril. Son costos directos a la planta en general, en nuestro caso de estudio no se miden ni se estiman por sector y mucho menos por máquina. Se estiman mensualmente de acuerdo al consumo histórico y a las horas máquina previstas utilizar en la planta para una carga de trabajo dada por pedidos de venta en firme y estimados.

Ejemplos de sensibilidad del costo de FM ante decisiones de:

- Aumentar la fabricación a tiempo: Aumenta el costo de FM al aprovechar todo el tiempo disponible de máquina, ya sea en horas normales o trabajando horas por fuera de la jornada laboral normal y/o fines de semana y feriados, con el objetivo de cumplir con las necesidades de entrega a los clientes.
- Aumentar la rotación de productos semielaborados y terminados: Similar al caso anterior, se pueden tomar decisiones de utilización de tiempo extra de trabajo con el objeto de reducir los niveles de stock, terminando de fabricar la producción en curso para despacharla inmediatamente a los clientes, pero con el consecuente incremento del costo de fuerza motriz.

5- RECURSO: Costos de tenencia de productos semielaborados y terminados

Modelo propuesto para la determinación del costo de tenencia:

$$\text{costo.tenencia.SE.y.PT} = (\text{Stock.medio.SE.y.PT} \times \%.\text{tenencia})$$

$$\%.\text{tenencia} = (i - j) + d + s + o + ti + cc + a + ri$$

- d = % promedio deterioros y mermas
- s = % promedio seguros e impuestos
- o = % promedio en riesgos de obsolescencia
- ti = % promedio en costos de transportes internos y manutención
- cc = % promedio costos de conservación
- a = % promedio valor locativo de espacios ocupados
- ri = % promedio de costos en recuento de inventarios
- i = tasa de interés (concepto de mayor incidencia en el % de tenencia)
- j = tasa de inflación

Sólo se considerarán como relevantes aquellos conceptos de costos que varíen con el capital inmovilizado.

Salvo la tasa de interés y la de inflación, el resto de los conceptos forman parte de la carga fabril. Son costos asignados directamente a la planta, se presupuestan de acuerdo al volumen, tipo de

producción prevista y plazos de entrega factibles de cumplimiento en el período analizado, estimando un stock medio de productos en los diferentes grados de semielaboración y terminados. Su registro real se verifica mediante la toma de inventarios correspondientes al inicio y al final del período analizado.

Valorizando este stock medio (previsto y real) se aplican los porcentajes determinados para cada componente del costo de tenencia.

Ejemplos de sensibilidad del costo de tenencia ante decisiones de:

- Aumentar la fabricación a tiempo: Se pueden tomar decisiones de aumentar las existencias en semielaborados de un mismo producto con varios lotes con entregas diferidas, con el objetivo de asegurar el avance de producción evitando probable sobrecargas de máquina a futuro que compliquen o impidan el cumplimiento de las fechas de entrega solicitadas por los clientes.
- Aumentar la efectividad global de los equipos: Para reducir tiempos de preparación y puesta a punto de máquinas (set-up) se pueden tomar decisiones de programación de producción secuenciando la fabricación de pedidos similares en cuanto a los requerimiento de preparación y ajuste de equipos, o agrupando varios lotes de entrega de un mismo producto en una sola puesta de máquina, pero en ambos casos generando un incremento en el stock de semielaborados y/o productos terminados.
- Aumentar la productividad de la mano de obra directa: Los mismos ejemplos anteriores son aplicables ante la decisión de aumentar la productividad de MOD, dado que al reducir la cantidad y el tiempo de máquina parada por set up, se aprovechan las horas hombre para generar valor con la producción obtenida durante el tiempo operativo utilizable (TOU).
- Reducir el desperdicio de materiales: Al aumentar el volumen de producción de cada lote disminuyen la cantidad de set up y por ende el desperdicio de materiales lógico provocado en cada ajuste de máquina.

6- RECURSO: Costos de mantenimiento

Tanto en el mantenimiento programado como no programado, se acumulan y registran los costos a través de órdenes de mantenimiento, las cuales se emiten para cada tarea de corrección, reparación o prevención.

Modelo propuesto para la clasificación de los costos por mantenimiento:

$$\text{Costo.total.de.mmtto} = \text{Costo.mmtto.programado} + \text{Costo.mmtto.no.programado}$$

$$\text{Costo.mmtto.progamado} = \text{CMCn} + \text{CMP} + \text{CMCo.prog.}$$

$$\text{Costo.mmtto.no.progamado} = \text{CMR} + \text{CMCono.prog.}$$

- **CMCn** – Costo mantenimiento de conservación = Contempla los costos generados en las operaciones de limpieza, engrase y cuidado. El objetivo del mantenimiento de conservación es alargar la vida útil de la máquina. Forma parte del costo de mantenimiento programado.
- **CMP** – Costo de mantenimiento de prevención = Contempla los costos generados en las operaciones de inspección, conservación de zonas no accesibles, cambio de piezas. El objetivo del mantenimiento de prevención es evitar averías y el mal funcionamiento de la máquina. También forma parte del costo programado.
- **CMR** – Costo de mantenimiento de reparación = Contempla los costos generados en las operaciones de arreglo de averías y reparaciones en general. El objetivo del mantenimiento de reparación es mantener en servicio correctamente las máquinas. Forma parte de los costos de mantenimiento no programado.
- **CMCo** – Costo de mantenimiento correctivo = Contempla los costos generados en las operaciones de modificación de elementos de las máquinas. El objetivo del mantenimiento correctivo es mejorar el funcionamiento de la máquina. Puede formar parte de los costos programados y de los no programados.

Algunos ejemplos de sensibilidad del costo de mantenimiento ante decisiones de:

- Aumentar la fabricación a tiempo: Aumentando el tiempo de operación (TO) mediante la mejora en la calidad de las tareas de mantenimiento programado, con el objetivo de evitar paros por fallas no previstas de máquina.
- Aumentar la efectividad global de los equipos: Aumentando la disponibilidad de las máquinas mediante la asignación de los gastos necesarios para su efectivo mantenimiento
- Aumentar la productividad de la mano de obra directa: Este objetivo también requiere de un correcto mantenimiento que permita a la dotación de personal operar las máquinas sin interrupciones por averías.
- Reducir el desperdicio de materiales: Los constantes paros de máquina por fallas de funcionamiento imprevistas provocan desperdicios de materiales en proceso.

7- RECURSO: Costos de la calidad

Modelo propuesto para la determinación del costo de la calidad⁶:

$$\text{costo.de.la.calidad} = CP + CE + CFI + CFE$$

- **CP** – Costos de prevención = Compuestos por pruebas piloto para productos y procesos; acciones para eliminar posibles causas de problemas en manufactura; mantenimiento especial para readaptación de equipos a nuevas exigencias de calidad; capacitación especial para aseguramiento de calidad dado los requerimientos específicos de un nuevo producto; educación y evaluación de proveedores; revisión de diseños; auditorías de calidad.
- **CE** – Costos de evaluación = Inspecciones, pruebas y muestras de insumos, productos en proceso y productos terminados; costos indirectos de inspectores; inspección y pruebas de máquinas y equipos para aseguramiento de calidad; inspecciones realizadas por proveedores; control de procesos.
- **CFI** – Costos de fallas internas = Son los costos originados por las fallas detectadas durante el proceso de conversión, entre ellas se destacan reprocesos, scrap por rechazo de materiales en diferentes estados o grados de avance en su elaboración, costos improductivos por restar capacidad de producción por reprocesos, costos de rediseño, costos de reposición de materiales defectuosos irrecuperables. Estas se registran en las órdenes de fabricación afectadas.
- **CFE** – Costos de fallas externas = Son las fallas detectadas por el cliente, entre ellas se destacan costos de garantías, costos de service, costos de retiro de material defectuoso, pérdidas de ventas, costos de rediseño, costos improductivos por restar capacidad de producción por reprocesos, costos de reposición de materiales defectuosos irrecuperables. También se registran en las órdenes de fabricación correspondientes al pedido observado.

Los costos de prevención y evaluación forman parte de la carga fabril, los costos asociados a fallas internas y externas podrían registrarse en cada orden de fabricación correspondiente al lote observado.

Ejemplos de sensibilidad del costo de la calidad ante decisiones de:

- Aumentar la fabricación a tiempo: Mejorando las actividades de prevención y evaluación de la calidad se garantizaría la entrega a tiempo y en forma de los productos.
- Aumentar la efectividad global de los equipos: Mejorando también las actividades de prevención y evaluación se garantizaría mayor tiempo de máquina disponible para producir sin interrupciones.
- Aumentar la productividad de la mano de obra directa: También en este caso se requiere un incremento en los costos de prevención y evaluación de la calidad para lograr un mejor aprovechamiento de las horas hombre disponibles, evitando reprocesos y/o pérdidas de tiempo por materiales observados o defectuosos
- Reducir el desperdicio de materiales: Pretender reducir el desperdicio provocado por reprocesos o insumos y productos defectuosos, implica generar también mayores gastos en tareas de prevención y evaluación de la calidad.

⁶ El costo de la calidad en el nuevo ambiente de la nueva manufactura – A. Diallo, Z.U. Khan y C.F. Vail – revista Costos y Gestión, nro.20

8- RECURSO: Costos de capacitación

Se podrían establecer previsiones para capacitación de personal afectado a la operación de máquinas y equipos de la planta.

Es evidente que ante decisiones de garantizar la fabricación en tiempo y forma pretendida, aumentar la efectividad global de los equipos, mejorar la productividad de la mano de obra y lograr disminuir el desperdicio en la planta, se requiere contar con recursos humanos aptos y calificados para las tareas que deben desarrollar. Para ello las actividades de capacitación juegan un papel fundamental en la eficacia de los objetivos propuestos.

9- RECURSO: Amortización de máquinas, equipos e instalaciones

En este caso se podría considerar la amortización variable al nivel de actividad en máquinas, equipos e instalaciones, asociadas al funcionamiento de los diferentes sectores y de la planta en general, de todas aquellas piezas y partes que sufren desgaste con la intensidad de uso.

Esta amortización sería sensible, por ejemplo, ante decisiones de aumentar la fabricación a tiempo, aumentar la rotación de semielaborados y productos terminados y/o aumentar la efectividad global de los equipos, al requerir mayor utilización de las instalaciones para lograr la eficacia en estos objetivos.

Medición de la eficiencia

Al decir de Buffa⁷, “la economía de la producción es un problema de equilibrio de costos. La eficiencia de la producción es un término relativo que depende del grado de eficacia de nuestro empleo de los recursos disponibles por unidad dada de producto...El mismo producto en una economía desarrollada tendrá relaciones inversas de aportes de capital y mano de obra (que las de una economía subdesarrollada); no obstante, ambos sistemas serán eficientes si reducen al mínimo los insumos de recursos por unidad de producto. Por eso procuramos...dar con el equilibrio adecuado en cada caso particular”

Podríamos traspolar este concepto para las máquinas y sectores de una misma planta, comprendiendo sobre la existencia también de un problema de equilibrio de costos dadas las relaciones de insumos diferentes.

Las ponderaciones de cada recurso y/u objetivo no siempre pueden o deben ser las mismas para cada máquina, e inclusive para cada máquina de un mismo sector. Factores como la tecnología y el desgaste, por ejemplo, hacen que los equipos difieran en sus capacidades operativas, requiriendo a su vez recursos diferenciados y fijación de objetivos acordes.

Puede suceder, por ejemplo, que para reducir el scrap de una máquina esta requiera materia prima de una calidad determinada que implica un precio diferente al valor normal de la requerida por otras máquinas semejantes, o que requiera la asistencia de un operario más que el requerido por las otras máquinas de un mismo sector.

Es decir, si bien las máquinas de un sector de la planta son similares en cuanto al proceso productivo de conversión o transformación que ejecutan, no implica que sean idénticas en todos sus aspectos tecnológicos, de capacidad de servicio, de requerimientos de mano de obra, uso de materiales y calidad de producción a obtener.

Por esta razón considero necesario efectuar la medición de la eficiencia desde unidades de análisis más pequeñas, como en este caso las máquinas, para luego analizar a cada sector de planta en particular y finalmente la planta en general, donde en cada unidad de análisis son asignados los recursos directos y fijados los objetivos propios.

Por lo tanto, luego de medir la eficiencia de las máquinas analizamos la de los sectores de la planta, lo hacemos ponderando los índices de economía y eficacia de cada máquina del sector conjuntamente con la economía de los recursos directos al sector y la eficacia en los objetivos propios del sector analizado. Finalmente aplicamos el mismo criterio ponderando esta vez los índices de eficacia y economía medidos en cada sector de la planta, conjuntamente con la economía de los

⁷ Administración de producción – Elwood S. Buffa – Editorial El Ateneo – Bs.As. 1981

recursos asignados como directos a la planta y la eficacia de los objetivos propios de la gestión general de la planta, y de esta forma llegar a determinar la eficiencia global de la planta industrial.

ASIGNACIÓN DE RECURSOS Y OBJETIVOS EN LA PLANTA INDUSTRIAL:

Unidad de análisis	Recursos	Objetivos	
Máquina	Costo de M.P.	O.E.E.	Calidad
	Costo de M.O.D.		Rendimiento
	Costo de capacitación		Disponibilidad
	Amortización de máquina	SCRAP	
	Costo de mantenimiento de máquina	P.MOD	
	Costo de la calidad en máquina		
Sector	Costo de mantenimiento de sector	Son los objetivos propios de cada máquina del sector	
	Amortización instalaciones del sector		
	Costo de materiales productivos		
	Costo de la calidad en sector		
Planta	Amortización instalaciones generales	FAT	
	Costo mantenimiento general		
	Costo de fuerza motriz		
	Costo de la calidad en planta	ROT	
	Costo de tenencia		

Medición de la economía, la eficacia y la eficiencia de las máquinas:

$$Eo.mq = \sum_{r.mq}^{R.mq} (Eo.r.mq \times Wr.mq)$$

$$Ez.mq = \sum_{o.mq}^{O.mq} (Ez.o.mq \times Wo.mq)$$

$$Ee.mq = Eo.mq \times Ez.mq$$

- Eo.mq = economía de la máquina mq
- Eor.mq = Economía del recurso r de la máquina mq
- Wr.mq = Ponderación del recurso r de la máquina mq (la suma de estos coeficientes debe ser igual a 1)
- R.mq = Cantidad total de recursos R asignados para evaluar en la máquina mq
- Ez.mq = Eficacia de la máquina mq
- Ezo.mq = Eficacia del objetivo o de la máquina mq
- Wo.mq = Ponderación del objetivo o de la máquina mq (la suma de estos coeficientes debe ser igual a 1)
- O.mq = Cantidad total de objetivos O propios de la máquina mq
- Ee.mq = Eficiencia de la máquina mq.

Por ejemplo se podría exponer la medición y análisis de la eficiencia de una máquina en el siguiente cuadro:

MÁQUINA I-1

Recursos	Previsto	Real	Eo	Wr
Costo de M.P.				
Costo de M.O.D.				
Costo de capacitación				
Amortización de máquina				
Costo de mantenimiento de máquina				
Costo de la calidad en máquina				
ECONOMÍA			$\sum Eo \times Wr$	
Objetivos	Previsto	Real	Ez	Wo
Calidad.....				
Rendimiento.....				
Disponibilidad.....				
O.E.E				
SCRAP				
P.MOD				
EFICACIA			$\sum Ez \times Wo$	
EFICIENCIA			Economía x Eficacia	

Como se explicó, al presentar los objetivos de la planta industrial, la O.E.E. es uno de los objetivos de cada máquina, y surge del producto entre los índices de calidad en máquina, rendimiento de la máquina y disponibilidad de máquina para producir. Solo considero apropiado exponer en el cuadro las mediciones reales de estos componentes, para poder analizar el grado influencia que tuvieron en el resultado real del objetivo en la O.E.E.

Medición de la economía, la eficacia y la eficiencia de los sectores o talleres:

$$Eo.s = \left[\left(\sum_{mq.s}^{MQ.s} Eo.mq.s \times Wr.s \right) + \left(\sum_{r.s}^{R.s} Eo.r.s \times Wr.s \right) \right]$$

$$Ez.s = \left[\left(\sum_{mq.s}^{MQ.s} Ez.mq.s \times Wo.s \right) + \left(\sum_{o.s}^{O.s} Ez.o.s \times Wo.s \right) \right]$$

$$Ee.s = Eo.s \times Ez.s$$

- . Eo.s = Economía del sector s
- . Eo.mq.s = Economía de la máquina mq del sector s
- . Eo.r.s = Economía del recurso r asignado como propio o directo al sector s
- . Wr.s = Ponderación para los recursos propios y la economía de cada máquina del sector s (la suma de estos coeficientes debe ser igual a 1)
- . MQ.s = Cantidad total de máquinas del sector s
- . R.s = Cantidad de recursos asignados como propios o directos al sector s (independientes de las máquinas del sector)
- . Ez.s = Eficacia del sector s
- . Ez.mq.s = Eficacia de la máquina mq del sector s
- . Ez.o.s = Eficacia del objetivo (o) propio del sector s
- . Wo.s = Ponderación para los objetivos propios y la eficacia de cada máquina del sector s (la suma de estos coeficientes debe ser igual a 1)

- O.s = Objetivos determinados como propios y directos al sector s (independientes de las máquinas del sector)
- Ee.s = Eficiencia del sector s

Por ejemplo se podría exponer la medición y análisis de la eficiencia de un sector o taller de la planta en el siguiente cuadro:

SECTOR IMPRESIÓN

Recursos	Previsto	Real	Eo	Wr
Costo de mantenimiento de sector				
Amortización instalaciones del sector				
Costo de materiales productivos				
Costo de la calidad en sector				
Economía MÁQUINA I-1				
Economía MÁQUINA I-2				
Economía MÁQUINA I-3				
ECONOMÍA			$\sum Eo \times Wr$	
Objetivos	Previsto	Real	Ez	Wo
Eficacia MÁQUINA I-1				
Eficacia MÁQUINA I-2				
Eficacia MÁQUINA I-3				
EFICACIA			$\sum Ez \times Wo$	
EFICIENCIA			Economía x Eficacia	

Los índices de economía y de eficacia de cada máquina ya fueron determinados al analizar la eficiencia de cada una en particular.

La economía de un sector será el resultado de la suma ponderada de la economía de cada recurso, asignado exclusivamente al sector, junto a la economía de cada una de sus máquinas.

En este caso no se presentan objetivos específicos y directos a cada sector de planta; por lo tanto la eficacia de cada sector será la suma ponderada de la eficacia de sus máquinas.

Medición de la economía, la eficacia y la eficiencia de la planta:

$$Eo.p = \left[\left(\sum_s Eo.s \times Wr.p \right) + \left(\sum_{r.p} Eo.r.p \times Wr.p \right) \right]$$

$$Ez.p = \left[\left(\sum_s Ez.s \times Wo.p \right) + \left(\sum_{o.p} Ez.o.p \times Wo.p \right) \right]$$

$$Ee.p = Eo.p \times Ez.p$$

- Eo.p = Economía de la planta
- Eo.s = Economía del sector s
- Eo.r.p = Economía del recurso r asignado como propio de la planta
- Wr.p = Ponderación de los recursos propios y la economía de cada sector de la planta (la suma de estos coeficientes debe ser igual a 1)
- S = Cantidad de sectores de la planta

- R.p = Cantidad de recursos asignados como propios o directos a la planta (independientes de las máquinas y sectores)
- Ez.p = Eficacia de la planta
- Ez.s = Eficacia del sector s
- Ez.o.p = Eficacia del objetivo (o) propio de la planta
- Wo.p = Ponderación de los objetivos (o) propios y la eficacia de cada sector de la planta (la suma de estos coeficientes debe ser igual a 1)
- O.p = Cantidad de objetivos determinados como propios de la planta (independientes de las máquinas y sectores)
- Ee.p = Eficiencia de la planta

Por ejemplo se podría exponer la medición y análisis de la eficiencia de la planta en el siguiente cuadro:

PLANTA INDUSTRIAL

Recursos	Previsto	Real	Eo	Wr
Amortización instalaciones generales				
Costo mantenimiento general				
Costo de fuerza motriz				
Costo de la calidad en planta				
Costo de tenencia				
Economía SECTOR IMPRESIÓN				
Economía SECTOR LAMINACIÓN				
Economía SECTOR CORTE				
ECONOMÍA			$\sum Eo \times Wr$	
Objetivos	Previsto	Real	Ez	Wo
FAT				
ROT				
Eficacia SECTOR IMPRESIÓN				
Eficacia SECTOR LAMINACIÓN				
Eficacia SECTOR CORTE				
EFICACIA			$\sum Ez \times Wo$	
EFICIENCIA			Economía x Eficacia	

Los índices de economía y de eficacia de cada sector ya fueron determinados al analizar la eficiencia de cada uno en particular.

La economía de la planta será el resultado de la suma ponderada de la economía de cada recurso, asignado exclusivamente para la planta, junto a la economía de cada uno de sus sectores.

En el caso de la eficacia, su determinación surge de la suma ponderada de los objetivos propios de la planta como unidad de análisis, junto a la de cada sector en particular.

Dos requisitos básicos para la implementación del modelo:

- Sistema de costos presupuestos por órdenes de fabricación
- Estandarización de procesos (tiempos de set-up, tiempos de proceso, consumo de materiales)

Conclusión

En algunas empresas puede ocurrir que la clave del negocio y la ventaja competitiva sostenible sea el grado de perfección con que se realizan las tareas operativas. Considero que este es el caso de las organizaciones que trabajan con sistemas de producción intermitente de taller abierto, es decir con un elevado grado de personalización en las especificaciones de producto y/o servicio requeridas por cada cliente en particular.

Con la información generada mediante el proceso de medición de eficiencia propuesto, podríamos lograr:

- Rápido análisis de la evolución de aquellos indicadores operativos claves que deben ser monitoreados día a día, manteniendo el proceso de control operativo mediante la comparación de lo previsto con lo real, de las decisiones programadas y el planeamiento operativo de corto plazo, permitiendo un mejor conocimiento de la situación y las posteriores acciones correctivas inmediatas.
- Focalizar los esfuerzos en aquellos factores críticos que garantizan el éxito de la planta.
- Su uso cotidiano por el gerente de operaciones, aunque al tratarse de variables claves, sean aquellas que tienen un importante impacto sobre la generación de rentabilidad, pueda ser consultado por el propietario o la dirección general de la empresa.
- Que sirva de apoyo fundamental cuando la información operativa se convierta en estratégica ante emergencias financieras o momentos críticos.
- Que sirva para desarrollar la gestión del conocimiento en la planta, involucrando a los niveles de jefatura y supervisión al conocer el impacto que sus decisiones causan en la eficiencia de la planta, por ende en los objetivos y economía de la empresa.
- Que permita integrar y consolidar los resultados de la gestión productiva.
- Que sirva como síntesis de las actividades que se controlan.
- Que sea fácil de comprender para presentarlo en reuniones de análisis o discusión
- Que brinde la información necesaria para la implementación de sistemas de remuneración variable al establecer medidas de desempeño que luego puedan reflejarse en la remuneración del personal del área de producción, ya sean colaboradores de operación, mandos medios o gerenciales.

Por lo tanto, las técnicas propuestas para medir la eficiencia en sistemas de producción de taller abierto, nos facilitarían el estudio, la determinación y el consecuente trabajo sobre las causales de resultado en los objetivos de una planta industrial que trabaje bajo esta configuración productiva.

Bibliografía

- Que es Administración - Larocca, H; Barcos, S; Narváez, J, Fainstein, H; Franco, J; Nuñez,G – Ediciones Macchi – 2004
- Administración de la Producción y las Operaciones – Everett E. Adam Jr y Ronald J. Ebert – Editorial Prentice / Hall International
- Presupuestos y Gestión – Lavalpe, A; Capasso, C y Smolje, A. – Ed.La Ley – 2006
- El Análisis Marginal – Yardín, Amaro. – IAPUCO – 2009
- Métodos Cuantitativos para la Gestión – Ercole, R; Alberto, C. y Carignano, C. – Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba – 2007
- Administración de producción – Elwood S. Buffa – Editorial El Ateneo – Bs.As. 1981
- Costos – Juan Carlos Vázquez – Editorial Aguilar.
- El Tablero de Comado Industrial - Smolje, Alejandro – Trabajo presentado en el VII Congreso del Instituto Internacional de Costos.
- Integración de productividad, eficiencia y eficacia en la contabilidad directiva – Petri Wehmanen – Universidad de Oulu, Finlandia
- Efectividad Global de los Equipos. OEE – IV Foro Datasteam de Mantenimiento e Industria.
- El concepto de OEE y sus componentes – Bruno Juanes – Lean Sigma
- El Mantenimiento Productivo Total y su aplicabilidad industrial – Ing.Oliverio García Palencia, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - II Congreso Internacional de Ingeniería en Mantenimiento.
- El costo de la calidad en el nuevo ambiente de la nueva manufactura – A. Diallo, Z.U. Khan y C.F. Vail – revista Costos y Gestión, nro.20
- Costos y Gestión. Fundamentos del nuevo modelo de control de la hacienda pública – Roberto M. Rodriguez – revista Costos y Gestión, nro.43
- El sistema de información de costos frente al análisis de productividad – Comisión de Estudios de Costos, Consejo Profesional de Ciencias Económicas de la Capital Federal.
- Medición de eficiencia relativa – Ercole, Alberto y Carignano – XXIX Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos, San Luis, octubre 2006
- En la selección de un modelo de programación de operaciones para talleres de producción intermitente – Castaño, Oliveros y Escobar – Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia
- Modelo de programación / secuenciación de producción para un sistema de taller de flujo con diferentes requerimientos según etapas – Faustino Alarcón Valero, Dr. José Pedro García Savater, Dr. Ángel Ortiz Bas y María del Mar Alemany Díaz – Dpto. Organización de Empresas de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Planificación jerárquica de la producción en un job shop flexible – Juan Carlos Osorio y Tulio Gerardo Mota – Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle – Ciudad Universitaria Meléndez, Cali, Colombia – Enero de 2008.