

**Aplicación de un modelo para el diagnóstico del rendimiento para la localización de pérdidas en el proceso de producción. La unidad de esfuerzo de producción como referencial básico en la determinación de la eficiencia global del equipo**

**Using of a model for performance diagnostic in the production process leak location. The production unit effort as basic reference in the implementation of overall equipment efficiency**

**Daniel Ferreira de Castro<sup>1</sup>, Eduardo Vicens Salort<sup>2</sup>, Javier Parra Peña<sup>3</sup>**

**Resumen**

El propósito de este artículo es presentar la aplicación de una Técnica que modifica el cálculo del indicador Efectividad Global del Equipo (Overall Equipment Effectiveness – OEE), obtenido mediante la aplicación de la metodología OEE, intercambiando la variable *tiempo* por la variable *Unidad de Esfuerzo de Producción (UEP)*, generada por el método de costes UEP. Esta técnica permite identificar, seleccionar y medir las pérdidas provocadas en el proceso de producción. Como resultado de la aplicación de la técnica propuesta se obtiene el índice de Eficiencia General de los Puestos Operativos (EGPO), que aporta información relevante para, a partir de un análisis de arriba a abajo, identificar cuáles de los puestos de trabajo contribuyen en la disminución del índice de Eficiencia General Total, que representa la sumatoria de todos los índices EGPO de los puestos operativos de la empresa.

**Palabras clave:** Producción, Unidad de Esfuerzo de Producción, Efectividad Global del Equipo, Medidas de eficiencia, Pérdidas

**Abstract**

The aim of this paper is to present the application of a technique that modifies the calculus of “Overall Equipment Effectiveness – OEE”, obtained by changing, on the

---

<sup>1</sup> Faculdade de Tecnologia, Universidad Federal del Amazonas. dan.mao@hotmail.com

<sup>2</sup> Centro de Investigación Gestión e Ingeniería de Producción (CIGIP). Universidad Politécnica de Valencia. evicens@omp.upv.es

<sup>3</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica, jparrap@udistrital.edu.co

application of the OEE methodology, the variable "Time" for the variable "Unit of Production Effort", generated by the cost method UEP. This technique allows identifying, selecting and measuring the losses caused by the production process. As a result of the application of the proposed technique is obtained the rate of "General Efficiency of the Operating Stations (EGPO)", which provides relevant information for the analysis from above and below, to identify the workstations that contribute to the reduction of the rate of Total General Efficiency that represents the sum of all índices (EGPO) of the operating stations of the company.

**Keywords:** Production, Unit of Production Effort, Overall Equipment Effectiveness, Efficiency Measures, Losses.

## 1.1 Introducción

Una de las principales preocupaciones de las empresas modernas consiste en la búsqueda incesante de la mejora de la productividad y de la eficiencia, dado que los clientes exigen mejores productos, mejores precios y mayor calidad. Por lo tanto, la producción de la empresa debe realizarse de tal modo que se eviten los desperdicios, las actividades que en la realidad no añaden valor al producto deben reducirse de manera sistemática, no siendo aceptables las pérdidas. El mercado no está dispuesto a pagar por la ineficiencia del sector productivo. Además, teniendo en cuenta que el control efectivo de las actividades productivas es esencial para que cualquier empresa pueda competir en igualdad de condiciones con sus competidores (Bórnica, 2002).

Sin este control, es decir, sin las capacidades para evaluar el desempeño de sus actividades, por medio de las pérdidas, y para intervenir rápidamente en la corrección y mejora de sus procesos, la empresa estará en situación de desventaja frente a la competencia más efectiva. El objetivo general de esta investigación es aplicar un modelo para la valoración de medidas de rendimiento en el proceso de producción. Este modelo se basa en la integración de dos herramientas: la Unidad de Esfuerzo de Producción - UEP, utilizada en la contabilidad de costes, y el índice Efectividad Global del Equipo, conocido internacionalmente como OEE (en inglés, Overall Equipment Effectiveness), utilizado para medir la eficacia del equipo. Se trata de la agregación de estos dos conceptos en una única técnica con el fin de facilitar el proceso de diagnóstico de las pérdidas y mejorar la eficiencia interna de los procesos de producción.

## 1.2 Implantación de la Unidad de Esfuerzo de Producción - UEP

Para implementar este método, es necesario llevar a cabo la realización de ocho etapas: división de la fábrica en puestos operativos; determinación de los índices de los costes-horas para cada puesto operativo; obtención de los tiempo laborales de los productos en cada puesto operativo; elección del producto base; cálculo del poten-

cial productivo (UEP/hora) de cada puesto operativo; definición de los equivalentes de los productos en UEP (valor del producto en UEP); medición de la producción total en UEP y; cálculo de los costes de transformación (Wernke R. , 2005). En este trabajo el proceso de implantación se dará por completo con la definición de los equivalentes de los productos en UEP.

Después de realizadas todas las etapas de implantación del método, se obtiene el valor equivalente en UEP para cada producto y el potencial productivo de los puestos operativos, hecho que convierte a la empresa en una compañía de “producción única”. Dentro del contexto de “medidas de capacidad”, una vez conocidas estas variables, se pueden tener múltiples opciones de medidas de desempeño.

Tabla 1. Cálculo del Potencial Productivo

CÓD.	COSTE/HORA	ÍNDICE DEL PB	POTENCIAL PRODUCTIVO/PO
PO01	564,67	3.258,88	0,1733
PO02	580,30	3.258,88	0,1781
PO03	664,63	3.258,88	0,2039

Fuente: Autores

Tabla 2. Equivalencia de los productos en UEP

Producto	Equivalente en UEP
A	0,0710
B	0,4959

Fuente: Autores

### 1.3 Efectividad Global del Equipo - OEE

El cálculo de la OEE definido y difundido originalmente por Nakajima tiene un papel fundamental en obtener la maximización de la eficiencia de las máquinas. El presente estudio propone el cambio de la variable hora/máquina por una unidad común de medida, la UEP. Así se puede medir la eficiencia del puesto operativo y no sólo de las máquinas. Con los datos obtenidos por esta técnica se podrá apuntar a un mejor direccionamiento a los recursos ya existentes y a determinar la necesidad de nuevas inversiones.

### 1.4 Utilización de la metodología OEE adaptada a la metodología UEP para la aplicación de la técnica propuesta

El principal objetivo es medir la disponibilidad, rendimiento y calidad abarcando todos los recursos productivos utilizados en el puesto operativo, con la finalidad de

transformar las diversas materias primas en productos terminados. Luego, las fórmulas utilizadas por la técnica propuesta, con el fin de obtener los correspondientes índices, serán similares a los de la metodología OEE, pero con las correspondientes modificaciones aplicadas en las ecuaciones.

El Tiempo Total Disponible, la Parada Planificada y la Parada no Planificada que se dan en horas, en la metodología OEE, son remplazados por la multiplicación del período de tiempo de producción por el potencial productivo del puesto operativo, que resultara en unidad de UEP (h x UEP/h), ya que el potencial productivo es presentado en UEP/h. Con este cambio el Tiempo Planificado de Producción (TPP), el Tiempo Total Disponible (TTD), el Tiempo Real Disponible (TRD), la Parada Planificada y la Parada no Planificada, cambian sus nombres para Capacidad Planificada de Producción (CPP), Capacidad Total Disponible (CTD), Capacidad Real Disponible (CRD) Capacidad no Planificada (CNP) y Capacidad no Utilizada (CNU), respectivamente.

Tomando como base la recopilación de datos obtenidos por el periodo de junio hasta noviembre en una empresa del polo industrial de Manaus, en Brasil se hace la aplicación de la metodología UEP, obteniendo los siguientes conocimientos: la estructura de producción de la empresa dividida en puestos operativos, el potencial productivo de cada puesto operativo, como se muestra en la Tabla 1, y la equivalencia en UEP de cada producto fabricado, como muestra la Tabla 2. Una vez conocidos estos datos, es necesario realizar los cálculos de la técnica propuesta. Sin embargo hay que señalar que las fórmulas utilizadas en la técnica son originales de la metodología OEE.

#### ***1.4.1 Cálculo de los índices de Disponibilidad, Rendimiento, Calidad***

Para obtener el índice de Disponibilidad (DP), es necesario conocer el siguiente: La Capacidad Total Disponible; Capacidad no Planificada; Capacidad Planificada de Producción; Capacidad no Utilizada y la Capacidad Real Disponible.

$$DP = \frac{(CRD)}{(CPP)} \quad (1)$$

Para calcular la Capacidad Total Disponible (CTD) del PO01 se hace la multiplicación del Tiempo Total Disponible (192 horas), por el Potencial Productivo del Puesto Operativo (PPPO) cuyo valor en este caso es de 0,1733 UEP, resultando en 33,2684 UEP.

$$CTD = TTD \times PPPO \quad (2)$$

$$CTD = 192 \times 0,1733 = 33,2684$$

Continuando, se calcula la Capacidad no Planificada (CNP) del PO01, obtenida de la multiplicación del Tiempo de las Paradas Planificadas (PP = 19,6667), y el Potencial Productivo del Puesto Operativo (PPPO = 0,1733)

$$CNP = PP \times PPPO \quad (3)$$

$$CNP = 19,6667 \times 0,1733 = 3,4077$$

Por lo tanto, la Capacidad Planificada de Producción (CPP) es de 29,8607 UEPs, resultado de la substracción de la Capacidad Total Disponible (CTD) y la Capacidad no Planificada (CNP).

$$CPP = CTD - CNP \quad (4)$$

$$CPP = 33,2684 - 3,4077 = 29,8607 \text{ UEP}$$

Para determinar la Capacidad no Utilizada es necesario multiplicar el tiempo en que el puesto operativo quedó inoperante (PNP) por el potencial productivo del mismo.

$$CNU = PNP \times PPPO \quad (5)$$

$$CNU = 45,8333 \times 0,1733 = 7,9417$$

Por último se calcula la Capacidad Real Disponible (CRD). Para obtener el índice Parcial de Disponibilidad (ID) del Puesto Operativo 01 (Montaje Final 3), se aplica:

$$CRD = CPP - CNU \quad (6)$$

$$CRD = 29,8607 - 7,9417 = 21,9190 \text{ UEPs}$$

$$ID = \frac{(CRD)}{(CPP)} \quad (7)$$

$$ID = \frac{(21,9190)}{(29,8607)} \times 100\% = 73,4\%$$

Por lo tanto, el Índice de Disponibilidad (ID) del Puesto Operativo 01 es de 73,4 %. La Tabla 3 presenta los datos referentes a la Capacidad Total Disponible (CTD), la Capacidad no Planificada (PNC), la Capacidad Planificada de Producción (CPP), la Capacidad no Utilizada (CNU), la Capacidad Real Disponible (CRD) y termina con el índice de disponibilidad de cada Puesto Operativo.

Tabla 3. Tasa del índice de Disponibilidad de los Puesto Operativos - junio /2010

PO	CTD	CNP (UEP)	CPP (UEP)	CNU (UEP)	CRD (UEP)	DISPONIBILIDAD
PO01	33,2684	3,4077	29,8607	7,9417	21,9190	73,40%
PO02	34,1887	3,5020	30,6868	8,1614	22,5254	73,40%
PO03	11,8748	1,2163	10,6584	2,8347	7,8237	73,40%

Fuente: Autores

El Índice Parcial de Rendimiento, se calcula empleando la ecuación:

$$\text{Índice Parcial de Rendimiento} = \frac{(CRP)}{(CRD)} \quad (8)$$

$$\text{Índice Parcial de Rendimiento} = \frac{7,2247}{21,9190} \times 100 = 32,96\%$$

La Tabla 4, presenta los Índices Parciales de Rendimiento de los puestos Operativos.

Tabla 4. Índices de rendimiento de los puestos operativos - junio/2010

PO	CRD (UEP)	CRP	RENDIMIENTO
PO01	21,9190	7,2247	32,96%
PO02	22,5254	17,6213	78,23%
PO03	7,8237	6,9082	88,30%

Fuente: Autores

Para presentar en detalle el cálculo del Índice Parcial de Calidad. El Puesto Operativo 01 ha obtenido una producción de 7,2247 UEPs, sin embargo ha generado 0,11498 UEPs de chatarra y entre los productos que requieren reproceso fue la cuantía de 0,19348 UEPs. Luego, el índice de Calidad para el Puesto 01 ha llegado al porcentaje de 95,73%, conforme al cálculo de abajo:

$$\text{Índice Parcial de Calidad} = \frac{\text{UEP Prod.} - \text{UEP Chatarra} - \text{UEP Reprocesada}}{\text{UEP Prod.}} \quad (9)$$

$$\text{Índice Parcial de Calidad} = \frac{7,2247 - 0,1149 - 0,1934}{17,2247} \times 100\% = 95,7\%$$

La Tabla 5 presenta el índice Parcial de Calidad de los Puestos Operativos para el mes de junio/2010.

Tabla 5. Índice Parcial de Calidad de los Puestos Operativos – junio/2010

PO	CRP	CUP	CALIDAD
PO01	7,2247	6,9163	95,73%
PO02	17,6213	16,8780	95,78%

PO03	6,9082	6,5799	95,25%
------	--------	--------	--------

Fuente: Autores

## 1.5 Conclusión – El Índice de Eficiencia Global

Para concluir, el índice de la Eficiencia Global Total (EGT), representa el producto de los índices de Disponibilidad (ID), Rendimiento (IR) y Calidad (IC), cualquier fluctuación de estos índices provocará cambios en el índice Global, actuando como una señal de que algo no está bien. El Índice de Eficiencia Global sugiere dos formas: el Índice de Eficiencia Global Total (EGT) y el Índice de Eficiencia por Puesto Operativo (EGPO). Para obtener el primer índice se aplica la ecuación 10:

$$EGT = ITD \times ITR \times ITC \quad (10)$$

Continuando con la aplicación, se utilizarán los datos obtenidos anteriormente por el PO01, conforme sigue:

$$EGT = 0,7340 \times 0,6075 \times 0,9565 = 42,65\%$$

Por lo tanto, el índice de Eficiencia Global Total para el mes de junio es de 42,65%, y por si acaso el índice sufriera alguna alteración en los períodos siguientes, el sistema identificaría mediante la realización de un análisis de arriba a abajo, dónde se produjo la reducción; y más tarde, con la identificación del índice de Eficiencia Global por Puesto Operativo, se identificará cuál o cuáles de los puestos operativos que han reducido su índice, por lo tanto, llegando a las razones que llevaron a los puestos operativos a obtener resultados negativos en el período. El Gráfico 1, muestra el índice de Eficiencia Global Total - EGT de junio hasta noviembre de 2010, calculado a partir de los datos obtenidos en la empresa.

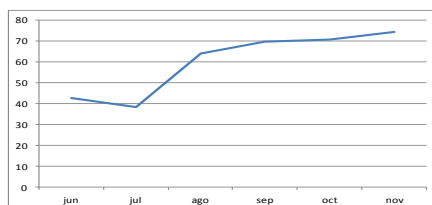


Gráfico 1. Índice de eficiencia global – junio hasta noviembre/2010

Fuente: Autores

Se puede observar que el índice EGT presentó baja del mes de junio hasta julio en seguida sube hasta noviembre, para identificar las razones que la llevaron a estos cambios, es necesario conocer el resultado del índice de Eficiencia Global por Puesto Operativo - EGPO. La Tabla 6 muestra todos estos índices del periodo entre junio

y julio, relativos a cada puesto operativo, de manera que sea posible diagnosticar las razones que llevaron la baja del índice EGT en este periodo, el primer paso es identificar cuál o cuáles de los puestos operativos presentaron baja en su índice EGPO.

Tabla 6. Índice de Eficiencia Global por Puesto Operativo

PO	Junio	Julio	S
PO01	23,1618	21,6171	R
PO02	55,0009	49,9804	R
PO03	61,7340	51,5454	R

Fuente: Autores

En seguida, por medio de la Tabla 7, se puede evaluar cual de los índices ha provocado la baja. Está claro que el índice de Rendimiento ha sido el responsable por tal cambio. Lo mejor, después de la un análisis individual, de arriba hasta abajo, se identifican las razones que llevaran el puesto a la reducción. Por lo tanto, con la técnica propuesta es posible diagnosticar las pérdidas a partir del indicador de rendimiento.

Tabla 7. Índices Parciales de los Puestos Operativos

PO	JUNIO				JULIO			
	D	R	C	EG	D	R	C	EG
	<b>73,40%</b>	<b>60,75%</b>	<b>95,65%</b>	<b>42,65%</b>	<b>73,40%</b>	<b>54,84%</b>	<b>94,19%</b>	<b>37,91%</b>
PO01	73,40	32,96	95,73	23,16	73,40	30,86	95,44	21,62
PO02	73,40	78,23	95,78	55,00	73,40	71,39	95,38	49,98
PO03	73,45	88,30	95,25	61,73	73,40	74,42	94,36	51,55

Fuente: Autor

## 1.6 Referencias

- Bórnica, A. C. (2002). Análise Gerencial de Custos: Aplicação em Empresas Modernas. Porto Alegre: Bookman.
- Braglia, M., Frosolini, M., & Zammori, F. (2009). Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML): and integrated approach to assess systems performance. *Journal of manufacturing technology management*, págs. v. 20, n 1, p. 8-29.
- Ferreira de Castro, D. (2012). Modelo para el diagnóstico del rendimiento en el proceso de producción y la localización de las pérdidas. Utilización de la unidad de esfuerzo de producción como conocimiento básico en la aplicación de la eficiencia global del equipo. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Hansen, R. C. (2006). Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. Porto Alegre: Bookman.
- Nakajima, S. (1989). Introdução ao TPM - Total productive Maintenance. São Paulo: IMC internacional sistemas educativos ltda.
- Wernke, R. (2005). Análise de custos e preços de venda: ênfase em aplicações e casos nacionais. São Paulo: Saraiva.