

# APROXIMACIÓN CUALITATIVA AL CONCEPTO DE VALOR DURANTE EL CICLO DE VIDA DE UN ACTIVO INDUSTRIAL

*Antonio de la Fuente, Vicente Gonzalez-Prida, Juan Gómez,  
Antonio Guillén, Antonio Sola, Adolfo Crespo, Carlos Parra*

*Departamento de Organización Industrial, Universidad de Sevilla, España.*

## **Resumen:**

La familia de normas ISO 5500x establece el "Valor" como uno de los conceptos clave en la gestión de activos. Según esta norma, el activo es la entidad que tiene o genera valor para la organización, y la definición concreta del valor para dicha organización responde a un equilibrio de aspectos financieros, ambientales y sociales, entre otros, que a su vez tienen que estar alineados con los objetivos estratégicos de la organización. En este artículo se propone la definición de unas "dimensiones del valor" que pueden ser factorizadas y medidas para, posteriormente, combinarlas de en una única media semicuantitativa. Disponer de este tipo de indicador permite comparar cualitativamente los beneficios aportados por los activos presentes en un proceso industrial o empresarial y puede tener gran impacto en los procesos complejos de toma de decisiones.

## **1. Introducción**

"Valor" es uno de los conceptos clave en la gestión de activos. La norma internacional ISO 55000 establece que la gestión de activos debe promover la aportación de valor considerando en este concepto el equilibrio de resultados financieros, ambientales y sociales, calidad de servicio, rendimiento, etc., ligados a la explotación de los activos industriales. Para ello, la organización ha de fomentar un mejor desempeño de los activos, de una manera cuantificable en factores ambientales o sociales, de las habilidades y el desarrollo de competencias, de la mitigación o adaptación al cambio climático o de los objetivos de sostenibilidad [1], [2]. El "Valor" es una cualidad que debe ser definida o interpretada por la propia organización, según los criterios estratégicos de ésta. Para gestionar y tomar decisiones en base al valor, se observa necesario medirlo según las diferentes formas en que se puede interpretar o manifestar. Estas "formas del valor" deben ser descritas de manera que sean medibles, siendo posible entonces hablar de "dimensiones del valor". A cada dimensión se le podrá asociar unos factores, los cuales corresponderán a cada una de las líneas o tendencias sobre las que puede variar el valor. En otras palabras, en Gestión de Activos, el conjunto de Factores nos definirá tangiblemente la cualidad Valor según una determinada Dimensión. Obviamente, dependiendo de la organización las dimensiones tendrán distinta relevancia en la composición del valor. Así mismo, al determinar la importancia relativa de las diversas dimensiones del valor, hay que considerar que los distintos roles, tanto externos (propiedad, usuario) como internos a la organización (operador, mantenedor), pueden aportar visiones

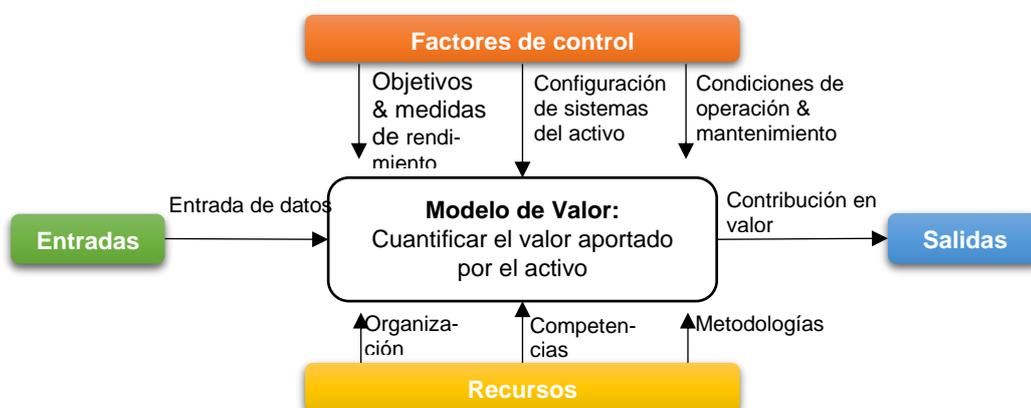
complementarias sobre las dimensiones del valor y su interpretación hacia el funcionamiento y gestión de un activo determinado. Un ejemplo de cómo puede distribuirse la percepción de valor según los distintos roles se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Ejemplo factores de valor para los distintos roles relacionados con un activo.

Factores	Atributos	Propiedad	Operador	Mantenedor	Usuario
Impacto en Producción	Beneficio empresarial	X	X		
	Rendimiento		X	X	
	Coste del servicio		X		X
Impacto en la Calidad de Servicio	Cumplimiento del servicio			X	X
	Diversidad de Servicio	X			X
	Seguridad		X	X	X
	Usabilidad		X		X
Impacto en el Medio Ambiente	Emisión de CO2	X			X
	Consumo energético	X	X	X	
	Aplicación de en. renov.	X			X

Como se apuntaba anteriormente, los diversos factores deberán facilitar la cuantificación del valor que conceden los activos al objetivo global de la organización, siendo éste un criterio rector para la toma de decisiones. La definición final del concepto de valor es propia de cada organización. Los factores y su peso dentro del modelo deberán consensuarse entre los intereses de los distintos roles (una posibilidad es la de formar grupos de trabajo con representantes de todas las visiones) En los siguientes apartados se muestran la metodología propuesta para dar lugar a esta cuantificación. Una visión complementaria a la expuesta sobre los factores de valor es la que analiza los elementos claves para la obtención y explotación de un modelo de medida del valor. Estos aparecen descritos en el marco general básico para la modelización del valor (Figura 1).

Fig. 1. Elementos claves para la obtención de un modelo de valor [3].



El estudio sobre los modelos de medida del valor como herramienta de la gestión de activos se encuentra en plena actualidad y en constante evolución [4]. Asimismo, la cuantificación del valor bajo el símil de un grado de avance en los objetivos de uso del activo (según la estrategia de la organización), puede ser un buen apoyo para la toma de decisiones, de una manera adicional a los tradicionales análisis de costes de ciclo de vida. Este conocimiento añadido podrá evitar indeterminaciones o inconcreciones que puedan afectar negativamente al cumplimiento de los objetivos estratégicos del negocio [5]. Otras decisiones en este sentido pueden también extrapolarse de las referencias [6], [7]. La metodología para el tratamiento de la medida del valor que se desarrolla a continuación propone una sistemática sencilla que persigue únicamente ser ilustrativa y de fácil aplicación a cualquier caso práctico de una organización industrial donde se pretenda implantar un sistema de gestión de activos.

## 2. Propuesta de Índices de Contribución al Valor por Factores de Valor

### 2.1 Introducción a la metodología para el cálculo del ICV

A continuación se plantea la composición de un Índice total de Contribución en Valor por parte de un activo (ICV), a modo de herramienta para la medida del valor. Como ya se introdujo con anterioridad, es importante destacar que la metodología de cálculo expuesta es una mera propuesta sin ánimo de ser exhaustiva y con la única intención de ilustrar una posible ponderación de este concepto. El planteamiento trata de ser una medida semicuantitativa y adimensional del valor que, como se ha indicado anteriormente, incluya una evaluación ponderada de los distintos factores considerados. Para cada factor se consideran una serie de atributos que deben ser definidos por la organización (Tabla 2). El ICV de cada factor pondera también el peso de cada uno de estos atributos dentro del índice, de la misma forma que se pondera cada factor al componer el índice global de contribución al valor

Tabla 2.- Ejemplo de dimensiones, factores y atributos para la construcción del índice de contribución de valor

Dimensiones del valor	Factores de valor	Atributos del Índice de Contribución de Valor por cada Factor de Valor Considerado
Sostenibilidad del negocio	Impacto en Producción	Planificación; Capacidad, Productividad; Coste del servicio; Rendimiento.
	Impacto en la calidad de servicio	Motivación; Satisfacción; Formación; Competencias; Cumplimiento del servicio; Aplicación de TICs, Usabilidad.
Sostenibilidad ambiental	Impacto en el Medioambiente	Emisiones de residuos; Energías renovables; Seguridad; Consumo energético.

La evaluación de los distintos atributos será compuesta en un ICV por cada factor de valor que a su vez se emplearán para componer, de manera similar, el ICV global del activo. Las expresiones (1) y (2) pueden usarse indistintamente para el cálculo de del ICV por cada factor de valor, donde n es el

número de atributos que componen cada factor y  $X_i$  ( $i=1,2,..n$ ) es el grado de madurez de cada atributo.

$$ICV_{factor} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

$$ICV_{factor}(\%) = \left( \frac{1}{n \times 4} \sum_{i=1}^n X_i \right) \times 100 \quad (2)$$

El método de evaluación de cada uno de los atributos propuestos se ha basado, entre otras referencias, en los modelos de media de la madurez que se emplean para evaluar el estado real de las organizaciones en cuanto a ciertos aspectos clave para la misma, tanto a nivel organizativo como de aplicación de tecnologías. La cuantificación objetiva de estos aspectos suele ser compleja, al igual que ocurre con el caso del valor que estamos tratando. En ese sentido, los modelos de madurez a los que nos referimos tienen gran utilidad en el campo del mantenimiento empleándose como herramienta fundamental en los estudios de benchmarking [8], [9]. Usando los siguientes niveles de madurez del mantenimiento como referencia ([10]): Excelente (V), bueno (IV), normal o promedio (III), justo (II) y pobre (I); se establecen para cada uno de los indicadores y nivel de madurez, un valor de referencia internacional, que es actualizado como consecuencia de la implementación de las medidas RAM [11]–[14]. Similar a lo anterior, a continuación se mostrarán ejemplos de cuantificación del valor, simplificando la anterior escala a sólo 5 niveles (de 0 a 4).

## 2.2 Cálculo del ICV para el factor Impacto en la Producción.

Se han considerado una serie de atributos (5 en particular) para el factor de valor que, evaluándose en el activo en particular en una escala del 0 al 4, debe permitir obtener la cuantificación de la aportación de valor de este activo concreto en relación a este factor. El siguiente cuadro (tabla 3) resume la evaluación de atributos y el cálculo de ICV de producción para dos activos A y B. En este caso, el cálculo de ICV es la ponderación de los valores de los diferentes atributos.

Tabla 3. Ejemplo de cuantificación del valor desde el factor Impacto en Producción

Atributo	Criterio	Escala	Activo A	Activo B
Planificación	Relación entre actividades previstas y planificadas para el activo	0: Nada o muy malo (<60%) 1: Poco (>60%) 2: Normal (>80%) 3: Bueno (>90%) 4: Excelente (>95%)	3	2
Capacidad	Capacidad utilizada del activo en relación con la capacidad máxima de los procesos	0: Nada o muy malo 1: Poco 2: Normal 3: Bueno 4: Excelente	3	3
Productividad	Horas operativas del activo dedicadas a una fun-	0: Nada o muy malo (<75%) 1: Poco (>75%) 3: Bueno (>90%) 4: Excelente (>95%)	3	4

	ción respecto el total de horas	2: Normal (>85%)		
Coste del servicio	Percepción sobre el coste del servicio en el que se encuentra involucrado el activo	0: Nada o muy malo 1: Poco 2: Normal	3: Bueno 4: Excelente	2 3
Rendimiento	Porcentaje de cumplimiento de objetivos por parte del activo	0: Nada o muy malo (<75%) 1: Poco (>75%) 2: Normal (>85%)	3: Bueno (>90%) 4: Excelente (>95%)	2 3
<b>ICV Producción</b>				<b>2,6 3</b>

A partir de estas evaluaciones es posible realizar análisis y establecer comparaciones que permitan guiar la gestión del propio activo dentro de la estrategia de la empresa. El valor total obtenido respecto a la máxima posible, en términos porcentuales para cada activo del ejemplo, se muestra en la tabla (Tabla 4).

Tabla 4. Resultado en el ejemplo de cuantificación del valor desde el factor Impacto en Producción

	Activo A	Activo B
Planificación	3	2
Capacidad	3	3
Productividad	3	4
Coste del servicio	2	3
Rendimiento	2	3
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>15</b>
<b>% Respecto la máx. Puntuación (20)</b>	<b>65,00%</b>	<b>75,00%</b>

### 2.3 Índice de Contribución en Valor por Impacto Social (IS)

Para el caso de la contribución en valor por aspectos de índole social, se han considerado una serie de atributos (7 en particular) para el activo que, evaluándose en una escala del 0 al 4, debe permitir obtener un índice de su cuantificación. En el siguiente cuadro (Tabla 5) se comparan dos activos en cuanto a su contribución en valor por impacto social en el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización. Al igual que en el punto anterior, el cálculo del ICV es la ponderación de los diferentes atributos.

Tabla 5. Ejemplo de cuantificación del valor desde el factor Impacto Social

Atributo	Criterio	Escala	Activo A	Activo B
Motivación	Percepción del personal involucrado en la O&M del activo, respecto su posición en la organización	0: Nada o muy malo 1: Poco 2: Normal	3: Bueno 4: Excelente	1 2
Satisfacción	Percepción del usuario directo o indirecto del activo, respecto a sus expectativas previas	0: Nada o muy malo (<70%) 1: Poco (>70%) 2: Normal (>85%)	3: Bueno (>90%) 4: Excelente (>95%)	1 2
Formación	Porcentaje de personal involucrado en la O&M del activo, cubierto por planes de formación	0: Nada o muy malo (<10%) 1: Poco 2: Normal	3: Bueno 4: Excelente (>90%)	2 3
Compe-	Porcentaje de personal in-	0: Nada o muy malo (<60%)	3: Bueno (>85%)	

tencias	volucrado en la O&M del activo.	1: Poco (>60%) 2: Normal (>75%)	4: Excelente (>90%)	3	2
Cumplimiento del Servicio	Porcentaje de servicios cumplidos en donde está involucrado el activo	0: Nada o muy malo (<60%) 1: Poco (>60%) 2: Normal (>85%)	3: Bueno (>90%) 4: Excelente (>95%)	3	4
TICs Activos Físicos	Porcentaje de TICs aplicados para monitorización de activos	0: Nada o muy malo (<50%) 1: Poco (>50%) 2: Normal (>75%)	3: Bueno (>90%) 4: Excelente (>95%)	2	3
Usabilidad	Facilidad para el uso de los servicios por parte de personas con discapacidades y minusvalías	0: Nada o muy malo 1: Poco 2: Normal	3: Bueno 4: Excelente	2	1
<b>Índice de Contribución en Valor por Impacto Social (IS)</b>				<b>2</b>	<b>2,42857</b>

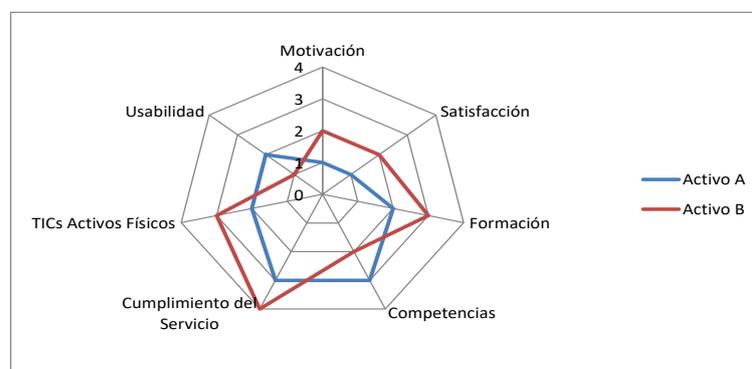


Fig. 2. Representación gráfica de la contribución desde el factor Impacto Social. El valor total obtenido respecto a la máxima posible, en términos porcentuales para cada activo del ejemplo, se puede mostrar en una tabla como anteriormente, o bien, ilustrados en una gráfica de roseta (Figura 2).

## 2.4 Índice de Contribución en Valor por Impacto Medioambiental (IM)

Para el caso de la contribución en valor por aspectos de índole medioambiental, se han considerado una serie de atributos (4 en particular) para el activo que, evaluándose en una escala del 0 al 4, debe permitir obtener un índice de su cuantificación. En el siguiente cuadro (Tabla 6) se comparan dos activos en cuanto a su contribución en valor por impacto medioambiental en el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización. Aunque aquí no se muestra, el valor total obtenido respecto a la máxima posible puede mostrarse en términos porcentuales en una tabla, o bien, ilustrarse en una gráfica de roseta para cada activo.

Tabla 6. Ejemplo de cuantificación desde la dimensión medioambiental

Atributo	Criterio	Escala	Activo A	Activo B
Emisiones Residuos	Grado de control y reducción en las emisiones de CO2 y otros residuos contaminantes generados por el activo	0: Nada o muy malo 1: Poco 2: Normal 3: Bueno 4: Excelente	3	2
Ener-	Grado de utilización de ener-	0: Nada o muy malo 3: Bueno		

gías renovables	gías verdes y materiales reciclables por el activo	1: Poco 2: Normal	4: Excelente	2	2
Seguridad	Porcentaje de personas y entes externos (infraestructuras, medioambiente) afectados por incidencias en el activo	0: Muy malo (>90%) 1: Poco 2: Normal	3: Bueno 4: Excelente (<10%)	2	1
Consumo energético	Grado de consumo de energía por parte del activo respecto el promedio para una operación estándar	0: Nada o muy malo 1: Poco 2: Normal	3: Bueno 4: Excelente	3	4
<b>Índice de Contribución en Valor por Impacto Medioambiental (IM)</b>				<b>2,5</b>	<b>2,25</b>

### 3 Cálculo del ICV global (ICV)

Para cuantificar el grado (o índice) total de contribución en valor por parte de un activo en un momento dado, ha de efectuarse una combinación de los anteriores indicadores. Según las circunstancias y el posible predominio de los intereses de algún stakeholder frente a los de otros, es oportuno que los indicadores no puedan computarse de una manera alícuota, sino que deban ser ponderados mediante un determinado peso.

$$ICV = \alpha \cdot IE + \beta \cdot IS + \gamma \cdot IM \quad (3)$$

La expresión (3), sin pretender ser exhaustiva, es una propuesta simple que ilustra o sugiere la consideración de una serie de pesos representados en los coeficientes  $\alpha$ ,  $\beta$ , y  $\gamma$ , los cuales modificarán la cuantificación total del valor del activo. Suponiendo unos determinados pesos, el siguiente cuadro muestra el resultado que se obtendría en el ejemplo anterior (Tabla 7).

Tabla 7. Resultado porcentual en la cuantificación del valor de un activo

	Activo A	Activo B		
Impacto Económico	2,6	3	Coeficiente	Peso del factor
Impacto Social	2	2,43	$\alpha$	0,5
Impacto Medioambiental	2,5	2,25	$\beta$	0,3
			$\gamma$	0,2
				1,00
<b>Índice de Contribución en Valor del Activo</b>	2,40	2,68		
<b>% respecto la máx. Puntuación (4)</b>	<b>60,00%</b>	<b>66,96%</b>		

### 4 Conclusiones y futuras líneas de investigación

A lo largo de este documento se ha descrito la influencia en la gestión de activos de factores como el impacto en la producción, el ámbito social o el medioambiental. Estos factores se han presentado asociados a posibles dimensiones del valor como pueden ser la sostenibilidad del negocio o la sostenibilidad ambiental, y se ha propuesto traducirlos a un porcentaje de contribución de valor similar al que podría entenderse como un grado de avance en la gestión de proyectos. Con ello, se pretende que posteriores líneas de actuación reúnan estas características en una técnica que permita el seguimiento del ciclo de vida del activo, no sólo basado en costes sino

también en base al valor que provee el activo a la organización con el tiempo. Una futura metodología podrá requerir que esta evaluación sea desarrollada a lo largo del tiempo en periodos que se deberán estimar como convenientes la propia organización. Con tal efecto, futuras investigaciones podrán tratar una metodología que considere ambos aspectos (coste y valor) de modo que pueda ser útil para tomar decisiones sobre los propios activos como es el hecho por ejemplo de controlar y comprobar que el uso de los recursos durante el ciclo de vida se está aplicando correctamente (entre otras opciones). Este control podrá alertar de incidencias en la gestión del activo que pueden causar problemas a futuro, así como facilitar la decisión cuando se plantea la inversión entre activos alternativos.

## Referencias

- [1] J. E. Amadi-Echendu *et al.*, "What is engineering asset management?," *Eng. Asset Manag. Rev.*, 2010.
- [2] K. El-Akruti, R. Dwight, and T. Zhang, "The strategic role of Engineering Asset Management," *Int. J. Prod. Econ.*, 2013.
- [3] I. Roda, A. K. Parlikad, M. Macchi, and M. Garetti, "A Framework for Implementing Value-Based Approach in Asset Management," Springer, Cham, 2016, pp. 487–495.
- [4] A. Sola Rosique and A. Crespo Márquez, *Principios y marcos de referencia de la gestión de activos*. AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación, 2016.
- [5] V. González-Prida Díaz and A. Crespo Márquez, *After-sales Service of Engineering Industrial Assets*. 2014.
- [6] R. Howes, "Improving the performance of Earned Value Analysis as a construction project management tool," *Eng. Constr. Archit. Manag.*, 2000.
- [7] J. S. Page, *Conceptual cost estimating manual*. GPP, 1996.
- [8] T. Wireman, *Benchmarking best practices in maintenance management*. Industrial Press, 2004.
- [9] J. S. Mitchell, J. E. Hickman, and J. E. Amadi-Echendu, *Physical asset management handbook*. Clarion Technical Publishers, 2007.
- [10] H. B. Maynard, S. M. Lowry, and G. J. Stegemerten, "Time and Motion Study and Formulas for Wage Incentives." McGraw-Hill Book Co., New York, NY, 1940.
- [11] R. Dekker, "Applications of maintenance optimization models: a review and analysis," *Maint. Reliab.*, 1996.
- [12] H. Wang, "A survey of maintenance policies of deteriorating systems," *European Journal of Operational Research*. 2002.
- [13] U. N. E. Norma, "200001-3-1," *Técnicas análisis la Confiabilidad*.
- [14] C. P. Team, "Software Engineering Institute. 2007. CMMI® for Development, Version 1. CMMI-DEV, V1. 2."