

**LA TERCERIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO COMO CONTRIBUCIÓN AL  
MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO DE LA ORGANIZACIÓN.  
PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE DECISIONES**

**MSc. Ing. Aramis Alfonso Llanes\***

[aramisll@fce.uclv.edu.cu](mailto:aramisll@fce.uclv.edu.cu)

**Dr. Ing. Hugo Granela Martín\*\***

e-mail: [hugran@uclv.edu.cu](mailto:hugran@uclv.edu.cu)

**MSc. Ing Kely Hernández Pascual\*\*\***

e-mail: [khernandez@fce.uclv.edu.cu](mailto:khernandez@fce.uclv.edu.cu)

**Palabras clave:** mantenimiento, tercerización, outsourcing, selección de proveedores, métodos multicriterios.

**Resumen**

El presente trabajo muestra un procedimiento que permite facilitar el proceso de toma de decisiones a la hora de decidir si una determinada actividad continuará siendo realizada por la empresa o le es más factible contratarla a terceros de manera que se logre un mejoramiento del desempeño de la actividad de mantenimiento. En la metodología se incluyen elementos novedosos referentes al trabajo por resultados con vistas a garantizar un verdadero cumplimiento de los objetivos y metas empresariales y a la selección de los proveedores de los servicios a contratar, todo ello basado en métodos de análisis multicriterio.

**Summary**

The present work shows a procedure that facilitates the process of decisions making when deciding if a certain activity will continue being carried out by the company or is more feasible to hire it to another company in order to achieve an improvement of the maintenance activity. In the methodology are included novel elements like the work by results with a view to guaranteeing a true execution of

the objectives and managerial goals and to the selection of the suppliers of the services to hire, everything based on multicriteria analysis methods.

## **Introducción**

El éxito de cualquier empresa se ha convertido, ahora más que nunca, en un desafío permanente. La globalización de los mercados trae como consecuencia una fuerte competencia y, acompañada por un gran desarrollo tecnológico, determina que este éxito dependa del logro de cada uno y de todos sus componentes. El descuido del interés de cualquiera de ellos conduce al fracaso.

Dadas las cambiantes condiciones del mercado, las empresas requieren de una organización flexible que pueda adaptar rápidamente las nuevas herramientas de gestión, de manera creativa e innovadora, que permita mantener sus productos y servicios con las especificaciones que exijan el cliente y la competencia.

La aparición de fallos y averías en los componentes de una instalación industrial trae consigo, la disminución de los beneficios que pudieran derivarse del proceso productivo en cuestión. Las averías que provoquen indisponibilidad del equipamiento productivo originarán una pérdida en los ingresos, además de incrementar los costos de explotación, porque habrá que reparar o sustituir el equipo averiado y en el peor de los casos, deberán pagarse unas importantes indemnizaciones por posibles daños ocasionados a terceros.

En esencia, el mantenimiento del sistema debe tratarse con una base comparable a la del rendimiento del mismo si verdaderamente se van a satisfacer las necesidades del entorno actual. Debe apreciarse como protagonista, puede incluso considerarse el centro neurálgico de un entorno que se dirige hacia la meta de la competitividad. Ante la necesidad de mejorar la eficiencia de explotación de una instalación industrial, la optimización del plan de mantenimiento puede ser una importante vía para lograr dicho objetivo.

Esto es resultado de la gran relevancia que el mantenimiento tiene en la consecución de unos altos niveles de confiabilidad en una instalación y de hecho en la productividad del capital inmovilizado, sobre todo, cuando las

posibilidades de modificar el diseño de los equipos y sistemas son pequeñas o prácticamente nulas.

La experiencia indica que muchos servicios de mantenimiento funcionan con resultados inciertos y a un alto costo resultante, incluyendo no solo el dinero insumido, sino también, el esfuerzo del personal, horas extras realizadas en forma habitual, mayor cantidad de materiales y repuestos, en definitiva, la falta de objetivos estables, claros y conocidos encarece la gestión del área.

En los últimos años, se aprecia un significativo interés por optimizar las actividades de mantenimiento que se desarrollan en las instalaciones industriales. Existiendo un importante grupo de nuevas metodologías de mantenimiento, como es el caso de la Tercerización o “Outsourcing”, que consiste en la tendencia de la administración moderna, que ha permitido a empresas concentrar sus esfuerzos e inversiones en áreas que le son vitales, delegando en otras organizaciones las actividades que aún siendo importantes no son fundamentales para la producción [Amendola, 2001].

Al tomar la decisión de ceder ciertas actividades a verdaderos especialistas, se supone que dichos proveedores cumplirán lo previsto y contribuirán a mejorar el resultado global de la organización que los contrata, fundamentalmente a través del éxito en tres aspectos medulares: el servicio al cliente, la calidad y el costo. Estos benéficos surgirán, teóricamente, del desarrollo más eficiente y eficaz de las actividades tercerizadas. Sin embargo, frecuentemente, la decisión de contratar no es el resultado de un análisis profundo e integral, sino que los directivos suelen tomarla de manera intuitiva; guiados por lo tradicional, la imitación o la “sensación” de que resultará.

Las empresas cubanas no están ajenas a esta forma de llevar a cabo las labores de mantenimiento e inmersas en elevar su competitividad, se insertan en el desarrollo de nuevas tecnologías de gestión y utilizan técnicas como esta.

En la actualidad las decisiones relativas a la actividad de mantenimiento constituyen un aspecto de primer orden a resolver en la empresa dado su implicación en la disponibilidad de las capacidades productivas instaladas en la entidad bajo estudio y por ende en la Confiabilidad Operacional de las mismas, y además, en la práctica el proceso de decidir si una determinada actividad de

mantenimiento será realizada con medios propios o se contratará a terceros, se dificulta al no disponer de un procedimiento que facilite este proceso decisional.

Lo planteado anteriormente, en apretada síntesis, constituye la *situación problémica* identificada que fundamenta la investigación a desarrollar.

En el proceso de mejoramiento del desempeño de la actividad de mantenimiento se hace necesario disponer de un procedimiento de toma de decisiones que basado de una serie de criterios influyentes, sea capaz de determinar qué actividades de mantenimiento deben ser realizadas por la empresa y cuáles deben ser contratadas a un tercero, de manera que se garantice un eficaz desenvolvimiento de la organización en el mercado. En esto consiste, el *problema científico* a resolver, para cuya solución se hace necesario realizar un estudio de las tendencias actuales de la tercerización y de las metodologías ya existentes.

Las consideraciones anteriores han conducido a formular la *hipótesis general* de esta investigación como sigue: es posible mejorar la Confiabilidad Operacional del equipamiento productivo, mediante la aplicación de un procedimiento, basado en el principio del mejoramiento continuo, que facilite el proceso de toma de decisiones en el momento de decidir si una determinada actividad de mantenimiento se realiza con medios propios o se debe contratar a un tercero.

Siendo el *objetivo general*, de esta investigación, el diseño del mencionado procedimiento, utilizando técnicas de la Investigación de Operaciones.

Para alcanzar el objetivo general antes expuesto, se proponen los *objetivos específicos* siguientes:

1. Realizar una amplia revisión y análisis bibliográfico relacionado con la Tercerización del Mantenimiento, que permita profundizar sobre las principales tendencias actuales sobre la temática y que sirva como soporte teórico, guía y sustento para esta investigación.
2. Aplicar técnicas de la Investigación Operaciones para desarrollar la metodología propuesta, así como las nuevas filosofías de la gestión moderna.

3. Detallar las diferentes etapas que caracterizan la metodología propuesta, prestando especial atención a los principales elementos que se deben tener en cuenta para establecer una relación de contratación.

La actualización y “reconceptualización” pertinente de conocimientos universales alrededor de temas novedosos relacionados con el mantenimiento y el proceso para la toma de decisiones relativo a su contratación, con el análisis de sus posibilidades de adaptación y aplicación a la realidad cubana, así como el desarrollo de herramientas nuevas para la gestión de esta actividad en las empresas objeto de estudio en Cuba, fundamentan el valor teórico de la investigación realizada.

El valor metodológico se manifiesta en la posibilidad de integrar diferentes conceptos y herramientas en los procedimientos a crear, ordenando el proceso de contratación del mantenimiento en las empresas de la Industria Alimenticia, permitiendo incluirlos y aplicarlos en la actual estrategia adoptada por la Dirección del país en este sector. El procedimiento general, caracterizado por su flexibilidad, la posibilidad de mejorar continuamente, su parsimonia, pertinencia, racionalidad y generalidad, puede ser utilizado en la enseñanza de la gestión de mantenimiento en cursos de pregrado y postgrado para ingenieros y gestores de mantenimiento.

Su valor práctico radica en la factibilidad y pertinencia esperada, de poder implementar el procedimiento general y los procedimientos específicos propuestos, con resultados satisfactorios y de perspectiva alentadora para su continuidad en las entidades objeto de estudio, que pueden ser extendidos a otras empresas del sector en el país.

El valor social de la investigación radica en la contribución que hace a la garantía del funcionamiento de las instalaciones y del equipamiento de las empresas de este sector, a partir de la incidencia de la gestión del mantenimiento en evitar, que debido a un fallo de un equipo, se deje de suministrar un producto necesario en la canasta básica del pueblo o en alguno de los programas de la Batalla de Ideas.

## **Desarrollo**

En un entorno real donde los recursos siempre son limitados, la realización de un programa eficiente de mantenimiento de una instalación industrial requiere, como primera tarea, la identificación y priorización de los elementos susceptibles que requieren ser mantenidos con el objetivo de distribuir entre ellos los recursos disponibles, de manera que el beneficio o mejora que se obtenga sobre el conjunto de la explotación de la instalación sea el mayor posible. Una vez seleccionados los equipos sobre los que se va a actuar, se debe definir quién realizará el mantenimiento, además de identificarse aquellas actividades que se consideren técnica y económicamente más convenientes, para proceder a su implantación y posteriormente a su seguimiento y control con el fin de evaluar el grado de eficiencia alcanzado.

Siendo consecuente con las conclusiones alcanzadas por varios autores, en la bibliografía consultada, donde exponen la ausencia de un procedimiento adecuado para facilitar la decisión de tercerizar o no actividades del mantenimiento, se hace necesario, por consiguiente, presentar una herramienta que le permita a la empresa sobre la base del análisis de la situación actual que presenta la gestión del mantenimiento, decidir contratar la ejecución de esta actividad si no se poseen los recursos necesarios para ello y/o no sea económicamente factible su realización.

En la figura 1 se observa el procedimiento propuesto para la toma de decisiones en la Tercerización del Mantenimiento, el cual garantiza, mediante el uso de Métodos de Selección Multicriterios, que se tengan en cuenta varios factores influyentes y su fácil aplicación por la sencillez de los métodos, cumpliendo los objetivos propuestos en la investigación.

A continuación se procederá a realizar su descripción detallada, explicando en qué consiste cada uno de los pasos que lo integran, con el objetivo de facilitar su comprensión y aplicación.

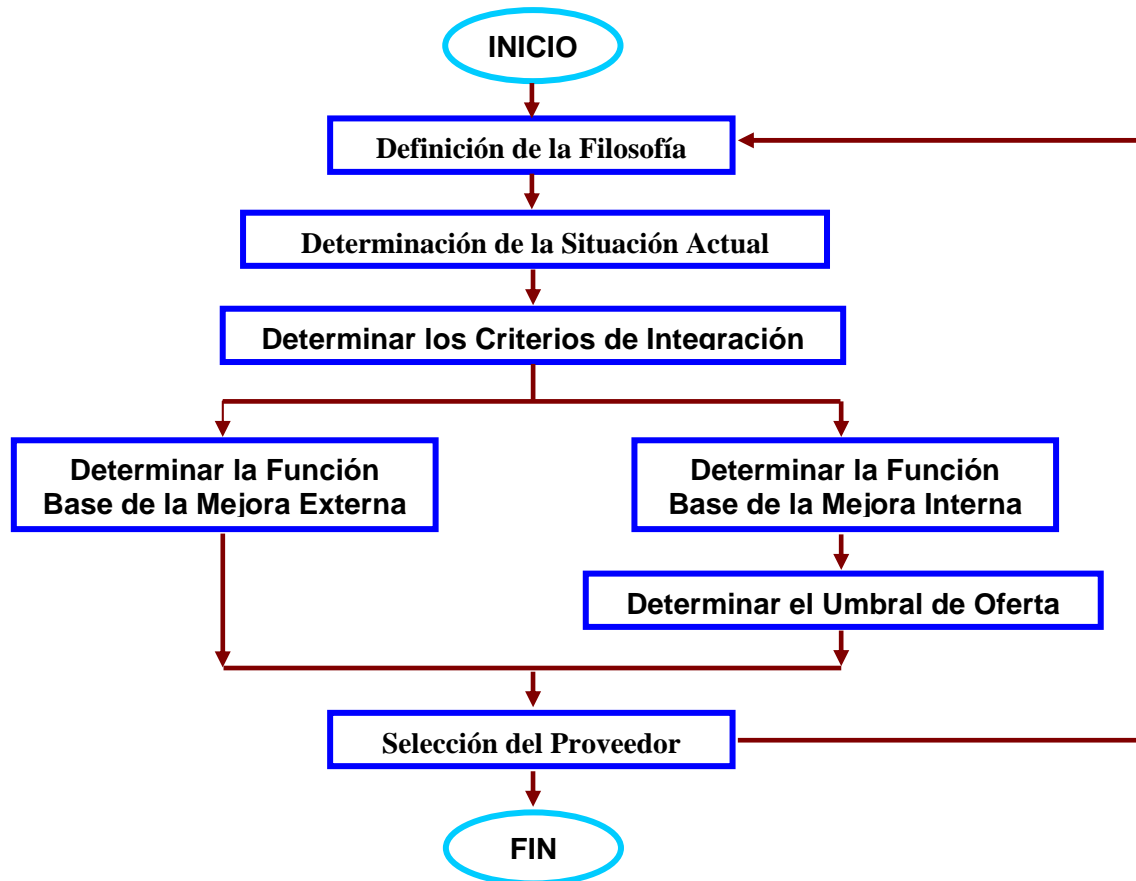


Figura 1. Procedimiento para la toma de decisiones en la Tercerización  
Fuente: elaboración propia

## 1. Definición de la Filosofía

La primera etapa del procedimiento la constituye precisamente la definición de la filosofía del sistema, porque ésta permite concebir un conjunto de doctrinas, retos y principios que están acordes con las condiciones que emanan del entorno, las estrategias y los objetivos que plantea la empresa. Partiendo de ello, se define la filosofía del sistema como sigue:

*Lograr una definición cada vez más acertada de los responsables de desarrollar las actividades de mantenimiento del equipamiento, es decir, Tercerizar o realizarlo con medios propios, a partir de los criterios que se definan en la adecuación del desempeño del Mantenimiento a los objetivos*

*empresariales, mediante la aplicación de la alternativa de decisión que mejor y más rápido se ajuste a los cambios en las filosofías de la Gestión del Mantenimiento.*

Además, la filosofía necesita estar basada en una serie de objetivos bien definidos que fluyan por toda la organización y se traduzcan a términos mensurables, que permitan desarrollar el trabajo cotidiano y poseer criterios de medidas adecuados para una toma de decisiones lo más eficiente y efectiva posible. Estos objetivos son los siguientes:

1. Disminuir el tiempo de parada del equipamiento productivo, especialmente los limitantes, es decir, aumentar la disponibilidad operacional.
2. Disminuir la incertidumbre en la toma de decisiones alrededor de la realización de las actividades de mantenimiento.
3. Disminuir los costos de la Gestión del Mantenimiento.

Al aplicar estos objetivos, es necesario reconocer que no todos pueden lograrse con el mismo grado de éxito. Sin embargo, hay que señalar que la definición de los objetivos no necesariamente es la misma para todos los objetos, pues depende de las condiciones presentes en cada situación específica en que se ejecute el trabajo.

Es de vital importancia tener en consideración que los objetivos constituyen los estados que se alcanzan cuando se trabaja según los principios de la filosofía; o sea, cada objetivo se corresponde en mayor o menor grado con los principios generales de acción que la sustentan. Estos principios pueden brindar una visión del estado en que la empresa está o no trabajando con relación a dicha filosofía.

Bajo los señalamientos anteriores se plantea un conjunto de principios a considerar en la filosofía de trabajo del Sistema de Toma de Decisiones relativo a la Tercerización, señalando además que la selección de estos principios depende, como en el caso de los objetivos, de las condiciones propias de cada empresa. Estos son los siguientes:



1. **Flexibilidad o adaptabilidad:** capacidad que debe tener el sistema para asimilar de manera rápida los cambios frecuentes que puedan ocurrir, sin que se produzcan cambios significativos en la estructura y procedimientos que incluye.
2. **Fiabilidad:** Considera la posibilidad de que el sistema funcione con la menor cantidad de interrupciones posibles.
3. **Racionalidad:** Incluye la necesidad de que la operación del sistema se ejecute con los menores costos posibles.
4. **Simplicidad y comprensión en el funcionamiento:** El sistema a la vez que cumpla los objetivos para los cuales fue diseñado, debe ser lo más sencillo, comprensible y práctico posible, permitiendo su rápida asimilación por parte de las personas que se inician en su explotación.
5. **Información periódica, actualizada y confiable:** El sistema debe dar la información requerida, en el momento y con la exactitud deseada, de manera que contribuya a tomar decisiones acertadas.
6. **Posibilidades de informatización - automatización:** Los métodos, procedimientos y en general, todo el tratamiento informacional del sistema, deben ser susceptibles de ser informatizados - automatizados.
7. **Mejora continua:** Presupone el hecho de que el sistema no se considere nunca como un producto acabado, sino que siempre sea susceptible de mejoras porque se parte de que no existe el sistema perfecto y adaptable a cada particularidad y a las políticas y estrategias que surgen continuamente, por lo que en cada caso, debe plantearse el portador de la mejora como un criterio concreto que permita acercarse a los objetivos trazados.

No se debe pasar por alto que dentro del sistema de principios, la mejora continua constituye el principio rector ya que el cumplimiento de cada uno está condicionado a que se mejore el sistema.

## **2. Determinación de la Situación Actual**

Este paso es de gran importancia, porque permite ubicarse en cuáles son las principales características y problemas del sistema, teniendo presente factores tanto internos como externos que no permiten que esta alcance la máxima eficacia y eficiencia. Debiéndose señalar que dicho diagnóstico no sólo permite determinar si existen problemas en la gestión del mantenimiento, sino que abarca la detección de otros problemas en el sistema productivo.

Esto constituye la base y punto de partida del proceso formal, analítico y racional en el enfoque de la Tercerización del Mantenimiento. El análisis de los resultados de esta etapa, permite poner mayor atención en las variables que más afectan el logro de los objetivos de la entidad y en aquellas que de una manera u otra se encontraban descuidadas hasta el momento.

Esta etapa está constituida por dos fases, que interrelacionadas entre sí, van a permitir alcanzar el objetivo propuesto. Las mismas son presentadas y explicadas a continuación:

### ***Fase 1: Definición o selección del objeto de estudio***

Para todo procedimiento que se proponga, se hace necesario probar su efectividad, y para ello se debe seleccionar, en primer lugar, el objeto más representativo sobre el cual se aplicará la propuesta. Es en esta etapa precisamente, donde se seleccionan aquellos equipos, procesos o áreas que serán objeto del diagnóstico y que posteriormente se someterán a la valoración de subcontratar o no su mantenimiento. En dicha selección se ordenará la efectividad de estos elementos en el logro de los objetivos de la Gestión del Mantenimiento.

### ***Fase 2: Recopilación de la información***

Una vez reconocido el objeto de estudio se pasa a realizar la recopilación de la información necesaria para el análisis y luego se realiza el procesamiento de la misma. La recopilación de la información se lleva a cabo con dos fines fundamentales, hacer el análisis de la situación actual como tal (descripción del proceso de toma de decisiones para la Tercerización utilizado hasta el momento y análisis de los indicadores que definen el grado de aceptación de

dicho método) y, además, utilizarla en el estudio de posibles propuestas de mejora que surjan.

En este paso se procederá a realizar un levantamiento de planta del equipamiento productivo, el cuál tiene como objetivo, además de localizar dentro de la instalación el lugar que ocupan los elementos mencionados, determinar los de mayor complejidad e importancia para el proceso de producción, su estado técnico y los recursos necesarios para realizar su mantenimiento. Después se debe realizar un análisis del plan de mantenimiento de cada uno de los elementos, para determinar la situación actual de cada uno de ellos en lo que a esta actividad se refiere.

A partir del resultado del procesamiento de la información se debe decidir si es adecuado continuar aplicando el método empleado hasta el momento o si se deben proponer mejoras para alcanzar resultados superiores.

### **3. Determinar los Criterios de Integración**

El objetivo fundamental de esta etapa consiste en establecer aquellos criterios que se deben considerar en la Gestión del Mantenimiento, porque resultan vitales para alcanzar las metas de la organización, o sea, son elementos cuyo desempeño condiciona el papel del mantenimiento dentro del logro de los objetivos empresariales.

El establecimiento de los criterios es el resultado de la aplicación del Método de Expertos y técnicas de trabajo en grupo, que permiten nivelar y homologar criterios para establecer prioridades y focalizar el esfuerzo, teniendo presente la información obtenida hasta el momento, y dentro de esta, como prioridad, los objetivos estratégicos de la entidad, para de esta forma garantizar los parámetros más efectivos que serán medidos tanto a los posibles proveedores del servicio de mantenimiento como a la propia actividad de la empresa.

Rodríguez [1984], en su tesis doctoral, define expertos como *cualquier persona que participe oficial o no, en forma sistemática o esporádica en la obtención de información cuantitativa o cualitativa durante el programa de investigación y valoración de los resultados.*

### 3.1. Determinación del número de expertos

Para llevar a cabo el establecimiento adecuado de los criterios a emplear, primeramente se hace necesario calcular el número de experto a utilizar en el trabajo. En la medida en que se aumenta la cantidad de expertos en un grupo aumentará la cantidad de estos con menos calificación y en la medida en que se disminuya, disminuirá el nivel de confianza de los resultados.

El grupo de expertos debe estar entre 7 y 15 para mantener un nivel de confianza y calificación elevado, según la INC-49:81 [1981]. La determinación del número de expertos se realiza utilizando criterios basados en la distribución binomial de probabilidad. Para esto se utiliza la siguiente expresión:

$$M = \frac{p * (1 - p) * k}{i^2} \quad (1)$$

donde :

i : nivel de precisión deseado.

p : proporción estimada de errores de los expertos

k : constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza elegido.

- Los valores de k, para los niveles de confianza más utilizados, se ofrecen en la tabla 1.

Tabla 1. Valores de “k”, para los niveles de confianza más utilizados. Fuente:  
elaboración propia

Nivel de Confianza (%)	k
99	6.6564
95	3.8416
90	2.6896

### **3.2. Proceso de selección de los expertos**

Una vez calculada la cantidad de expertos a emplear se procede a la selección de los mismos, tratando de que estos sean las personas que “mejores” opiniones puedan ofrecer sobre la temática a abordar. Este proceso, es uno de los aspectos más importantes a la hora de realizar un trabajo creativo en grupo para que se obtengan resultados positivos.

Es necesario conocer cuál es la posición “a priori” de los expertos antes de hacerlos participar en la decisión. Para esto, existen algunas preguntas que pueden ayudar a conocer su posición respecto al tema bajo análisis, a continuación se exponen varias de ellas:

¿Qué vínculos tiene con el problema que se trata?

¿Cómo lo afectará cualquier decisión sobre el tema?

¿Qué pierde?, ¿Qué gana?

Los expertos seleccionados deben ser tales que sus motivaciones e intereses no se superpongan con el problema que deben abordar, evidenciando imparcialidad. Algunos autores definen dos tipos de expertos: generalistas y especialistas, y que a su vez, estos pueden ser llamados expertos de “posición simétrica” (cuando son expertos sobre el mismo tema) y de “posición asimétrica” (cuando son expertos de diferentes aspectos del tema abordado).

Luego de seleccionar los expertos se procede concretamente al establecimiento de los criterios y una vez obtenido el consenso de los expertos sobre los criterios que se consideran idóneos para llevar a cabo el estudio, se hace necesario realizar la valoración de la concordancia de sus conclusiones, o sea, determinar si es o no confiable el juicio emitido, de la siguiente forma:

#### Planteamiento de la Hipótesis.

$H_0$ : No es consistente el juicio de los expertos.

$H_1$ : Es consistente el juicio de los expertos.

#### Región Crítica (RC)

$X^2$  calculada  $\geq X^2$  tabulada.

Para calcular el estadígrafo  $x^2$  se utiliza la siguiente expresión:

$$x^2 = M(k-1) * W \quad (2)$$

Análisis del cumplimiento de la RC: Primeramente se realiza el cálculo del coeficiente de concordancia de Kendall (W) <sup>1</sup> según la expresión siguiente:

$$W = \frac{12 * (\Delta^2)}{M^2 * (K^3 - K)} \quad (3)$$

donde :

M : Número de expertos.

k : Número de propiedades o índices a evaluar.

$\Delta$  : Desviación del valor medio de los juicios emitidos. Valor que se determina mediante la fórmula siguiente:

$$\Delta = \sum_{j=1}^m (A_{ij} - T) \quad (4)$$

$$T = \frac{\sum \sum A_{ij}}{K} \quad (5)$$

donde :

$A_{ij}$  : Juicio de importancia del índice i dado por el experto j.

T : Factor de comparación (valor medio de los rangos)

#### 4. Determinar la Función Base de la Mejora Interna (FBMI)

La FBMI brinda una visión de hasta dónde se puede mejorar el rendimiento sin recurrir a apoyos externos significativos, es decir, definirá, en términos cuantitativos, hasta dónde se pueden mejorar los diferentes criterios establecidos.

Esta función plantea, para cada criterio establecido, los siguientes elementos:

- **Máximo Práctico (MP):** es el nivel alcanzado, para el criterio analizado, en las condiciones actuales, es decir, el valor actual del factor con la presencia de limitaciones internas y externas.

---

<sup>1</sup> El coeficiente de concordancia de Kendall expresa el grado de asociación entre los M expertos, por tanto es una medida de correlación utilizando rangos.

- **Máximo Teórico (MT):** es el nivel que se puede alcanzar, para el criterio analizado, mejorando, con recursos internos, la situación actual (resolver las restricciones internas), teniendo en cuenta la presencia de limitaciones externas que no dependen de la entidad.
- **Máximo Ideal (MI):** nivel que es necesario alcanzar para garantizar el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización, o sea, un comportamiento óptimo para lograr las metas propuestas.

En la figura 2 se muestra el comportamiento de estos niveles, para el caso específico, del criterio “costo del mantenimiento”.

El desarrollo lógico de estas ideas revela una serie de aciertos interesantes. El establecimiento del MT llevará a determinar la incidencia de las limitaciones internas impuestas sobre el negocio para alcanzar las metas trazadas, lo que, a su vez, posibilitará establecer el número y la naturaleza de las restricciones internas.

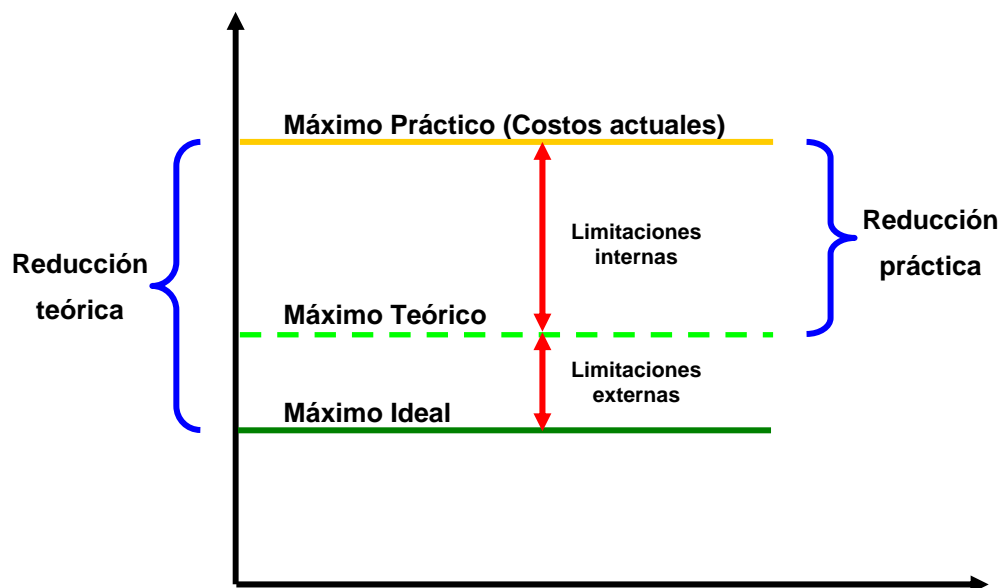


Figura 2. Comportamiento, de los elementos de la FBMI.  
Fuente: elaboración propia

Entender de forma cuantitativa estas limitaciones permitirá hacerles frente y superarlas o, en su lugar, mejorar el potencial teórico para determinar la FBMI.

Una vez establecidos los  $j$  criterios ( $C_j$ ), es necesario incorporarlos a la FBMI, o sea, a la función objetivo. Este artificio, ciertamente lícito en términos

conceptuales, introduce una gran rigidez en las decisiones al impedir toda intervención del decisor (elemento paradójico en algunos casos; pero en otros no) y constituye un instrumento de búsqueda del consenso, lo que resulta una de las más interesantes facetas del análisis multicriterio.

En el caso de esta investigación, se establece un procedimiento para realizar esta integración, utilizando elementos del procedimiento general del Método de la Suma Ponderada, enunciado por Barba-Romero & Pomerol [1997], por ser una técnica muy intuitiva y simple de aplicar, donde se obtiene el consenso flexibilizando un tanto la rigidez desde el punto de vista decisional. Los pasos que conforman este procedimiento son los siguientes:

1. **Establecer la Matriz de Decisión:** para cada elemento que integra la FBMI y para cada uno de los atributos considerados, se tiene un valor numérico  $A_{ij}$  que expresa la evaluación de los niveles prácticos, teóricos e ideal para cada  $C_j$ , obteniéndose la Matriz de Decisión  $[A_{ij}]$  que se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Matriz de Decisión para la FBMI. Fuente: elaboración propia

	<b>C<sub>1</sub></b>	<b>C<sub>2</sub></b>	...	<b>C<sub>j</sub></b>
Máximo Práctico	$A_{11}$	$A_{12}$	...	$A_{1j}$
Máximo Teórico	$A_{21}$	$A_{22}$	...	$A_{2j}$
Máximo Ideal	$A_{31}$	$A_{32}$	...	$A_{3j}$

2. **Homogenizar la Matriz de Decisión  $[A_{ij}]$ :** Esto consiste en llevar todos los criterios a un mismo nivel de comparación, es decir llevarlos todos a maximizar o a minimizar, según sea más conveniente. En el caso de este trabajo se propone maximizar todos los criterios, mediante la ecuación 6, porque existen planteamientos posteriores que dependen de este supuesto. Primero se deben llevar todos los criterios cualitativos a cuantitativos, estableciendo una escala de valores según el comportamiento cualitativo.

$$H_{ij} = \frac{1}{\text{Valor que se quiere llevar a maximizar}} \quad (6)$$



3. **Normalizar la Matriz Homogenizada [H<sub>ij</sub>]:** Esto no es más que dividir el valor para cada criterio j (C<sub>j</sub>) de la matriz [H<sub>ij</sub>] entre la suma de todos ellos, para determinar cuánto representa respecto al total, como se muestra en la expresión siguiente:

$$N_{ij} = \frac{H_j}{\sum H_j} \quad (7)$$

4. **Determinación de los pesos (W<sub>j</sub>):** Como es corriente que en la decisión multicriterio, unos criterios tengan para el decisor más relevancia que otros (donde influyen lógicamente sus preferencias personales) y por la deficiencia planteada, de la total rigidez de la decisión al imposibilitar la intervención de los expertos en la integración de los criterios, se establece un procedimiento para la asignación de los pesos, que tiene en cuenta las evaluaciones de la Matriz de Decisión y la influencia de las preferencias del decisor. Para esto se integran el Método de la Entropía (método objetivo) y el del Triángulo de Füller (método subjetivo), planteado por Barba-Romero & Pomerol [1997]:

- a. *Calculo de la Entropía (E<sub>j</sub>):* utilizando los valores de la matriz normalizada [N<sub>ij</sub>], se calcula la entropía E<sub>j</sub> de cada criterio, utilizando la ecuación siguiente:

$$E_j = \left( \frac{-1}{\log m} \right) * (\sum \log(N_{ij}) * N_{ij}) \quad (8)$$

donde “m” es la cantidad de alternativas.

- b. *Cálculo del Peso de Entropía (W<sub>ej</sub>):* La entropía E<sub>j</sub> de un criterio es mayor cuanto más iguales son sus evaluaciones A<sub>j</sub>, precisamente lo contrario de lo que se quiere que ocurra si E<sub>j</sub> fuese un valor aproximado del peso W<sub>ej</sub> del criterio. Se utiliza entonces una medida opuesta, la Diversidad D<sub>j</sub> del criterio, calculada mediante la ecuación 9 y que luego se sustituye en la ecuación 10, para obtener el W<sub>ej</sub>:

$$D_j = 1 - E_j \quad (9)$$

$$We_j = \frac{D_j}{\sum D_j} \quad (10)$$

c. *Cálculo del peso por el Método de Füller ( $Wf_j$ ):* Este es un método subjetivo en el que el decisor puede expresar plenamente sus preferencias personales, considerando más o menos importante a un criterio que a otro. Para la aplicación de este método se requieren los siguientes pasos:

1. Comparación de los criterios: con la ayuda de un grupo de expertos, se compara el primer criterio con los demás, después el segundo con los restantes y así hasta llegar a los dos últimos.
2. Cálculo del peso  $Wf_j$ :

$$Wf_j = \frac{\text{cantidad de veces que se repite un criterio}}{\text{cantidad de comparaciones que se hace entre criterios}} \quad (11)$$

d. *Cálculo del Peso ( $W_j$ ):* Multiplicar los pesos obtenidos por ambos métodos, como se muestra en la ecuación 12 y luego normalizarlos, de forma tal que sumen la unidad, para lo que bastará dividir los pesos originales por la suma de todos ellos.

$$W_j = We_j * Wf_j \quad (12)$$

5. **Integración de los criterios:** como la FBMI determina tres elementos (MP, MT y MI), cuyos valores se encuentran representados en la matriz normalizada  $[N_{ij}]$ , para el criterio que se analice, la integración de los criterios se realizará mediante estos, estableciéndose, el Máximo Práctico Ponderado (MPP), el Máximo Teórico Ponderado (MTP) y el Máximo Ideal Ponderado (MIP), que se calculan como se muestra en las ecuaciones siguientes:

$$MPP = \sum_j (W_j * MP_j) \quad (13)$$

$$MTP = \sum_j (W_j * MT_j) \quad (14)$$

$$MIP = \sum_j (W_j * MI_j) \quad (15)$$

Una vez calculado el MPP, MTP y el MIP con una visión clara de las limitaciones internas, se puede desarrollar un poco más la lógica de la toma de decisión. Considerando hasta dónde puede mejorar, en un sentido práctico, el rendimiento interno, se debe analizar si ese nuevo nivel de rendimiento es suficiente para alcanzar los objetivos de la organización. Esta pregunta crea una prueba sencilla, pero cuantificada, para determinar hasta dónde resultan tan necesarias unas fuentes alternativas de provisión de servicios.

## **5. Determinar el Umbral de Oferta (UDO)**

Si el nuevo nivel de rendimiento es suficiente para alcanzar los objetivos empresariales, no será necesario contar con nuevas fuentes de servicios, y el MPP brindará una meta clara para la mejora del rendimiento interno. Teniendo en cuenta, sin embargo, que los objetivos empresariales incluirán, invariablemente, una referencia a las mejoras en los costos y a la demanda de futuros servicios.

Por lo tanto, la comparación entre los MPP, MTP y MIP, siempre influirá sobre la decisión de recurrir al Outsourcing. En estas circunstancias, resulta prudente determinar si el programa de mejoras del rendimiento interno puede beneficiarse de las contribuciones externas.

El cálculo de la FBMI habrá identificado una serie de limitaciones impuestas internamente. Si estas restricciones pudieran ser eliminadas a través de una intervención externa, quedando todo lo demás igual, habría una ganancia neta. Si, además, los proveedores pudieran aportar otros beneficios, la ganancia neta aumentaría. Para que los proveedores alternativos puedan añadir valor, deben estar libres de las restricciones, evitando que un exceso de beneficios vaya a parar a él. Debido a esto, no se deben informar las limitaciones existentes, diseñando una solicitud de servicio, libre de ellas, para también poner a prueba la capacidad de los proveedores de agregar valor.

Para considerar si la provisión de servicios externos es apropiada, se puede utilizar la FBMI como el umbral por encima del cual deben hacer su oferta los

proveedores externos. Su valor se obtiene, dependiendo del resultado que tomen los MPP, MTP y MIP, según el procedimiento planteado en la figura 3.

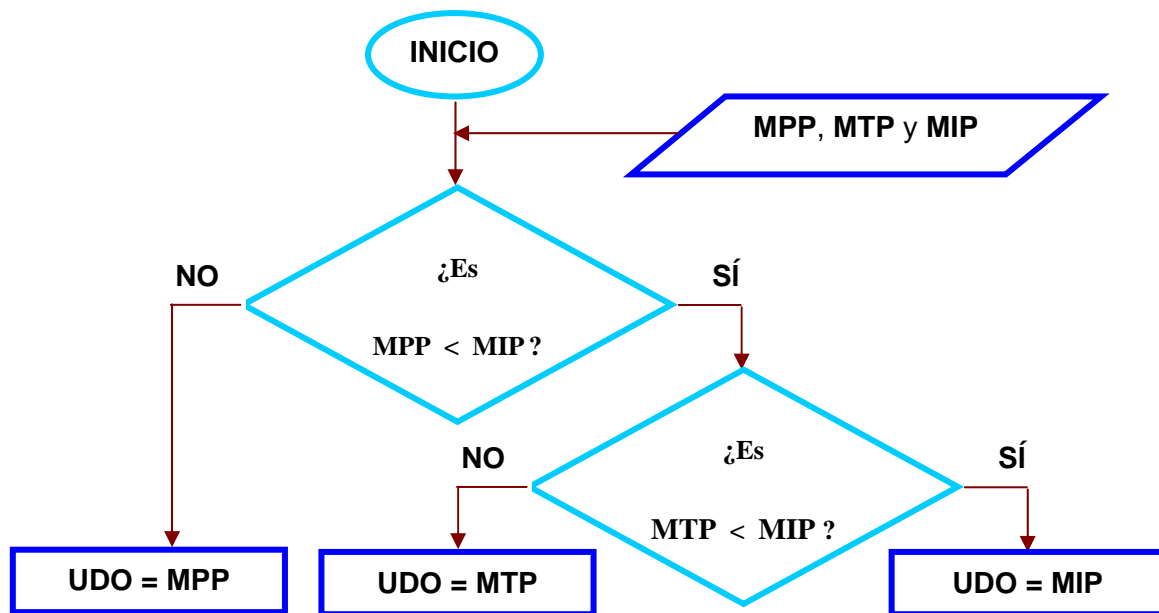


Figura 3. Procedimiento para la determinación del Umbral de Oferta  
Fuente: elaboración propia

Una vez obtenido el UDO están garantizadas las condiciones para decidir si la empresa debe contratar o no servicios de mantenimiento a terceros, cumpliéndose la hipótesis de la investigación y los objetivos planteados. La toma de decisiones se debe realizar como sigue:

1. **UDO = MPP:** Comportamiento óptimo, se cumplen los objetivos competitivos. No Tercerizar.
2. **UDO = MTP:** Se propone que la empresa trabaje en función de superar los problemas detectados en la etapa de diagnóstico, aunque alcanza el “nivel teórico”. No recurrir a la Tercerización.
3. **UDO = MIP:** La empresa presenta serias restricciones internas y externas que le imposibilitan cumplir los objetivos. Se propone recurrir a un proveedor externo como alternativa, es decir, Tercerizar.

## 6. Determinar la Función Base de la Mejora Externa (FBME)

Por otra parte, la FBME brinda una visión de hasta dónde se puede mejorar el rendimiento con el uso de servicios externos. Esta proporcionará información para contrastarla con el UDO, determinando entonces la posible contribución de los proveedores externos. Todo esto se basa en el conocimiento del margen de beneficio del probable proveedor, en la habilidad de los mismos para eliminar cualquier restricción identificada como parte de la FBMI y en su capacidad para añadir valor más allá del disponible en la actualidad.

Una vez definidos los posibles proveedores, se procede a calcular la FBME para cada proveedor  $i$  ( $FBME_i$ ), integrando el valor de los criterios, de la misma forma que para la FBMI, con las particularidades siguientes:

1. **Establecer la Matriz de Decisión:** para cada proveedor que integra la FBMI y para cada uno de los atributos considerados, se tiene un valor numérico  $A_{ij}$  que expresa la evaluación que tiene cada proveedor para cada criterio  $j$  ( $C_j$ ), obteniéndose la Matriz de Decisión  $[A_{ij}]$  mostrada en la tabla 3

Tabla 3. Matriz de Decisión para la FBME. (Fuente: elaboración propia)

	<b>C<sub>1</sub></b>	<b>C<sub>2</sub></b>	<b>...</b>	<b>C<sub>j</sub></b>
Proveedor <sub>1</sub>	$A_{11}$	$A_{12}$	...	$A_{1j}$
Proveedor <sub>2</sub>	$A_{21}$	$A_{22}$	...	$A_{2j}$
...	...	...	...	...
Proveedor <sub>i</sub>	$A_{i1}$	$A_{i2}$	...	$A_{ij}$

2. **Integración de los criterios:** como la FBME está determinada por  $i$  proveedores (cuyas utilidades se encuentran representados en la matriz normalizada  $[N_{ij}]$ ) para el criterio que se analice, la integración de los criterios se realizará mediante estos, estableciéndose la  $FBME_i$ . Calculada como sigue:

$$FBME_i = \sum_j (W_j * N_{ij}) \quad (16)$$

donde:

$m$  : cantidad de proveedores;  $i = 1, 2, 3, \dots, m$

$N_{ij}$ : valor que tiene el proveedor  $i$ , para el criterio  $j$ , en la matriz normalizada  $[N_{ij}]$

## **7. Selección del Proveedor**

Con la determinación de las  $FBMI_j$  y de los elementos que integran a la FBME, se dispone de información suficiente, para permitir el desarrollo de un abanico de opciones de mejora del rendimiento interno que apoye la selección de la mejor alternativa, al recurrir al Outsourcing. Aunque este paso se realiza solo si se cumple el supuesto 3 ( $UDO = MIP$ ), planteado para la toma de decisiones en la determinación del UDO, donde se le recomienda a la empresa la Tercerización, se exhorta en los demás casos que se realice la comparación de los elementos de la FBME con las  $FBMI_j$ , para que sirva de análisis de la situación que presenta la empresa, a través de preguntas como:

¿Cuántas empresas realizan las actividades con más eficiencia que la propia?

¿Cuáles son esas entidades? ¿Cómo obtienen esos resultados?

Al comparar las  $FBMI_j$  con el UDO, se puede seleccionar al proveedor que más alto valor tenga de las  $FBMI_j$ , de todos los que estén por encima del umbral. De esta forma, comparando y analizando los beneficios externos con los internos, se justifica la decisión tomada.

## **Conclusiones**

- Los aspectos que caracterizan el entorno empresarial actual obligan a las organizaciones a ser cada vez más flexibles. Una de las formas de lograr esta demandada flexibilidad radica en la aplicación eficiente de la Gestión del Mantenimiento, definiendo claramente el responsable de desarrollarlo, para garantizar que el equipamiento productivo de la empresa se encuentre en condiciones de desempeñar las funciones deseadas en su contexto operacional.
- La actividad de decidir el responsable de realizar el mantenimiento en la entidad, exige rigor científico – técnico, porque de lo contrario queda en el plano de la incertidumbre, la intuición, provocando limitaciones en el desarrollo posterior de la actividad productiva de la empresa.
- La tercerización de las tareas de mantenimiento, correctamente administrada, puede convertirse en una vía para brindar solvencia a los problemas de mantenimiento que afronta la organización, al pretender alcanzar el nivel de gestión necesario, para garantizar el logro de los objetivos empresariales.
- El procedimiento propuesto permite eliminar las deficiencias presentes en el proceso de tercerización, al garantizar que la toma de decisiones desarrollada al respecto, considerando elementos modernos del análisis multicriterio, genere un resultado coherente con las metas trazadas por la organización.
- Las mejoras generadas en otras áreas afines durante el desarrollo del procedimiento propuesto demuestran su factibilidad, aunque sería recomendable disponer una estadística contable histórica fiable y suficiente que permita desarrollar una adecuada valoración de su desempeño práctico.

## **Bibliografía**

- Aamer, A. M. [2005] "Suppliers evaluation and selection: a comprehensive model to minimize the risk associated with quality and delivery". Tesis en opción al grado científico de Doctor en Filosofía. Universidad de Tennessee, Knoxville. USA.
- Alfonso Llanes, A. et. al. [2004b] "Cuándo tercerizar (contratar) el mantenimiento. Una decisión estratégica para las empresas competitivas". IV Internacional Conference on Applied Enterprise Science. Santa Clara, Cuba. pp. 10-18. Universidad "Otto-Von-Guericke" de Magdeburg.
- Amendola, L. [2001]. "Outsourcing". Publicado en <http://www.datastream.net>
- Barba Romero, S. & Pomerol, J. [1997]. "Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica". Editorial Servicios de Publicaciones, España.
- Bertolini, M. et. al. [2004] "An analytical method for maintenance outsourcing service selection". International Journal of Quality & Reliability Management. Volume 21 Number 7 2004 pp. 772-788. Disponible en: <http://www.emeraldinsight.com>
- Bhutta, M. K. S. [2002] "Supplier Selection Problem: Methodology Literature Review". *Journal of International Technology and Information Management*. Vol. 12, No. 2, 2003. pp. 53-72. Disponible en: <https://www.inderscience.com/garbage/f327111045681129.pdf>
- Burnes, B. y Anastasiadis, A. [2003] "Outsourcing a public-private sector comparison". *Revista Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 8, No. 4, 2003, pp. 355-366.
- Do, et. al. [2006] "Characteristics of SME Outsourcing. A Quantitative Study of Manufacturing SMEs in Småland". Tesis de Licenciatura en Administración de Negocios. Universidad de Jönköping. Suecia.
- White, R. y James, B. [2000] "Manual de outsourcing. Guía completa de externalización de actividades Empresariales para ganar competitividad". Editorial Gestión. Barcelona, 2000.



## **Breve CV del autor**

### **Aramis Alfonso Llanes (16-11-1972)**

Máster en Ingeniería Industrial, mención en Gestión de la Producción (Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Cuba, 1998). Ingeniero Industrial, especialización en Organización de Empresas (Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, Cuba, 1995). Profesor Auxiliar del colectivo de Gestión de la Producción y Logística de la Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Trece años de experiencia en el ejercicio de la profesión como docente en postgrado, en cursos, diplomados, especializaciones y programas de Maestría. Expositor de más de 25 ponencias en eventos científicos de carácter nacional e internacional celebrados en Cuba y en el extranjero. Trabaja en el campo de la Gestión de la Producción, Logística Empresarial y, Gestión Integrada del Mantenimiento, en empresas productivas y de servicios. Es miembro de la Sociedad Latinoamericana de Mantenimiento.

### **Kely Hernandez Pascual (28-01-1971)**

Máster en Ingeniería Industrial, mención en Gestión de la Calidad (UCLV, Cuba, 2001). Ingeniera Industrial (UCLV, Cuba, 1994). Profesora Auxiliar del colectivo de Matemáticas Aplicadas de la Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Catorce años de experiencia en el ejercicio de la profesión como docente en postgrado, en cursos, diplomados y programas de Maestría. Autora de varias investigaciones y proyectos de inversión en el campo de la gestión de la calidad de procesos de manufactura y de la Gestión de la Cadena de Suministro. Es miembro de la Sociedad Latinoamericana de Mantenimiento.