



**República de Cuba**

**Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales**

**Tesis en opción al Grado Académico de Máster en  
Ingeniería Industrial.**

**Mención Calidad.**

**Título: “Mejora del proceso de Gestionar Diagnóstico  
Integral en la Termoeléctrica Cienfuegos”.**

*Autora: Ing. María Magdalena Gómez Rodríguez*

*Tutor: MSc. Jenny Correa Soto*

*Consultante: MSc. Juan de Dios Mirabal Monteagudo*

**2013**

*“La creación no es otra cosa, sino la fijación de la verdad  
mediante la forma”*

*Martin Heidegger*

## DEDICATORIA

**A mi esposo**, por su gran amor, por estar siempre junto a mí en los momentos difíciles de mi vida, por incentivar y contribuir en mi superación profesional y por su apoyo incondicional para llegar hasta el final de mi Maestría.

**A mis maravillosos padres**, por su dedicación y ternura, por sus consejos y por el amor y la paciencia que tienen conmigo a cada momento de la vida.

**A mis hijos**, para que sirva de incentivo y motivación en su vida futura tanto profesional como espiritual y no detenerse ante las dificultades.

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios**, por su presencia y cercanía en esta etapa difícil de mi vida, por la luz y fuerza que me dio como gran escudo protector y por su inmenso regalo de la fe.

**A mis compañeros de trabajo**, Frida García, Héctor Zamora, Antonino Vega y Julio César del Grupo de Gestión, a Liset García, José M. Toledo, Braudilio, Alan y Midiala del grupo de Planificación, al Director Técnico Yeranis Zurita, a los compañeros del Grupo de Diagnóstico Integral principalmente su director Silvino Chaviano, que me ayudaron y apoyaron en cada momento que los necesité, así como el personal de trabajo del CNCI, en especial a María de los Ángeles Lorente, Julio C. Sánchez, Odalys y demás del grupo.

**A la Dirección de la Termoeléctrica Cienfuegos**, por haberme permitido realizar la investigación en la instalación, y favorecer la obtención de la información necesaria para llevar a cabo la misma.

**A la Dirección del Centro Nacional de Certificación Industrial**, por haberme dado la oportunidad superarme como profesional y brindar mis servicios con mayor calidad y profesionalidad.

**A mi tutora Jenny Correa Soto**, por brindarme sus experiencias profesionales en cada momento que los necesité y por las molestias ocasionadas.

**A mis compañeros de aula**, por los momentos tan especiales que compartí con ellos en estos dos años de maestría, principalmente Belkis Martínez, Dayami Cruz, Jordán Pereira, y Aníbal Barrera.

**A mis profesores**, por brindarme sus conocimientos y prepararme para la vida.

**Y a todas aquellas personas**, que de una forma u otra me ayudaron a salir adelante en esta etapa de mi vida.

## RESUMEN

La presente investigación consistió en la aplicación de un procedimiento de mejora, basado en las normas de la familia ISO 9000, al proceso de Gestionar Diagnóstico Integral el cual forma parte del mantenimiento basado en la condición en la Termoeléctrica Cienfuegos, y de esta forma establecer la medición de la contribución particular del mismo en la disminución de las averías de los equipos.

Se efectuó un diagnóstico del proceso que permitió elaborar un programa de mejora, el que se cumplimentó teniendo en cuenta métodos y técnicas estadísticas así como software para mapeo y tratamiento estadístico de los datos.

Se obtuvo un nuevo proceso con índices de evaluación internacionalmente instituidos y validados estadísticamente, así como la evidencia de que el proceso contribuye al aumento de la disponibilidad y a la disminución del tiempo medio para la reparación de los equipos, a partir de la comparación los equipos con mayor frecuencia de averías en los períodos 2011 y 2012, teniendo en cuenta las órdenes de servicio de mantenimiento referidas a diagnóstico integral.

El método descrito en esta investigación puede aplicarse a otras plantas térmicas de generación eléctrica en el país.

Palabras clave:

Gestión por procesos, mejora de procesos, mantenimiento basado en la condición, índices de evaluación, disponibilidad, tiempo medio para la reparación.

## ABSTRACT

This investigation deals with the application of an improvement procedure, which take into account ISO 9000 family standards, to the condition based maintenance process in Cienfuegos Power Plant, in order to establish how to measure its particular contribution to equipment failure reduction.

The process diagnosis permitted establishes the improvement program, including statistical methods and techniques, and software for mapping and statistical data analysis.

Outputs were a new process, indexes internationally established and statistically validated to evaluate the process, and evidence of contribution to equipment availability upward trend and reduction of the mean time to repair (MTTR), because of a comparing repair requests due to condition based maintenance, referred to the equipment with the main failure frequency in 2011 and 2012.

Procedure applied in the investigation could be applied to others power plants in the country.

Key words:

Process management, process improvement, condition based maintenance, evaluation indexes, availability, mean time to repair (MTTR).

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I. “MARCO TEÓRICO” .....	7
1.1 Introducción .....	7
1.2 Gestión de la calidad. Conceptos básicos .....	8
1.3 Mejoramiento de la calidad .....	8
1.4 Sistema de gestión basado en las normas NC ISO 9000: 2005 y NC ISO 9001: 2008.....	9
1.4.1 NC ISO 9000: 2005, principios de gestión de la calidad .....	10
1.4.2 Certificados ISO .....	11
1.5 Evolución y tendencias actuales de la gestión por procesos .....	11
1.6 Carácter sistémico de la gestión por procesos .....	13
1.7 Procedimientos para la mejora de procesos .....	17
1.7.1 Ciclo General de la Mejora .....	17
1.7.2 Procedimiento propuesto por H. James Harrington [1997].....	19
1.7.3 Procedimiento propuesto por Kaoru Ishikawa [1985].....	19
1.7.4 Procedimiento propuesto por Juran [2001] .....	20
1.7.5 Enfoque de la NC-ISO 9000: 2005 .....	21
1.8 Técnicas estadísticas en el mejoramiento de la calidad .....	22
1.9 Gestión del mantenimiento industrial .....	24
1.10 Tipos de mantenimiento.....	26
1.10.1 Mantenimiento correctivo.....	26
1.10.2 Mantenimiento preventivo.....	26
1.10.3 Mantenimiento predictivo o basado en la condición .....	27
1.10.4 Mantenimiento proactivo.....	28
1.11 Optimización del mantenimiento preventivo utilizando las técnicas de diagnóstico integral en las centrales termoeléctricas .....	29
1.11.1 Ventajas y desventajas al emplear el diagnóstico integral basado en la condición	31
1.12 Empleo de distribuciones continuas para el tratamiento de tiempos entre averías y tiempos para la reparación.....	32

---

1.12.1 Índices de clase mundial .....	35
1.13 Conclusiones del capítulo .....	36
<b>CAPÍTULO II. “EXPLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA MEJORA CONTINUA DE LA CALIDAD DE LA TERMOELÉCTRICA CIENFUEGOS” .....</b>	<b>37</b>
2.1 Introducción .....	37
2.2 Caracterización general de la de la Termoeléctrica Cienfuegos .....	37
2.3 Presentación del procedimiento Medir, Analizar y Mejorar procesos.....	44
2.3.1 Explicación detallada del procedimiento de mejora .....	48
2.4 Conclusiones parciales del capítulo. ....	60
<b>CAPÍTULO III. “APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO”. ....</b>	<b>61</b>
3.1. Introducción. ....	61
3.2 Aplicación del procedimiento.....	61
3.3 Contribución económica del proceso objeto de estudio.....	90
3.3.1 Análisis comparativo de ahorro por concepto de factibilidad del servicio de las bombas de agua de alimentar .....	90
3.3.2 Análisis comparativo de ahorro de combustible por concepto de factibilidad del servicio de las bombas de agua de alimentar .....	94
3.4 Conclusiones parciales del capítulo. ....	96
<b>CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>97</b>
<b>RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>98</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>99</b>

# **INTRODUCCIÓN**

### INTRODUCCIÓN

La rapidez de la evolución tecnológica, en combinación con el alza de las expectativas de los clientes, ha creado presiones competitivas globales sobre los costos y la calidad. Estas presiones han estimulado la exploración de los procesos transversales, para identificarlos, comprenderlos y mejorar su funcionamiento. (Juran, Joseph. M., 1999).

Las operaciones de mantenimiento tienen una correlación muy fuerte con la productividad de sistemas productivos y de servicios, y que interfieren sobre un grupo de elementos que influyen en la elevación del nivel de desempeño de la organización (disponibilidad de los equipos, seguridad y confiabilidad). (Pernús García, Antonio B., and Fernández García, Sergio J., 2012).

Según se plantea en el 1<sup>er</sup> Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento, 2003 se hace necesario que el área de planificación del mantenimiento elabore un programa de mantenimiento preventivo que tenga en cuenta: los equipos que deben recibir el mantenimiento (equipo crítico para la operación, equipo que su operación es vital para la operación de otros equipos, equipos al que una avería puede causar daños a otros equipos o al personal, y equipos en los que una falla o mal funcionamiento puede causar daños ambientales), los métodos de trabajo (para la realización de las actividades de mantenimiento programadas), el establecimiento de los criterios para las frecuencias de intervención (horas, días, lecturas, etc.). (Huacuz A. Héctor, 2003)

La planificación del mantenimiento, cuando en esta intervienen las tecnologías para el mantenimiento predictivo basado en la condición, brinda beneficios que impactan la confiabilidad, la seguridad y la disponibilidad debido a que reduce las fallas inesperadas (mantenimiento por emergencias), incrementa el tiempo promedio entre fallas y disminuye las actividades de mantenimiento preventivo. (Huacuz A. Héctor, 2003).

Las tecnologías predictivas activan el mantenimiento basado en la condición (MBC), que no es más que intervenir la maquinaria industrial solo cuando su salud así lo requiera, coloca al mismo en una posición favorable en cuanto a la disposición oportuna de los recursos necesarios para el mantenimiento (repuestos, servicios, horas-hombre, herramientas, etc.), y se enfoca hacia soluciones puntuales y no hacia intervención general de la maquinaria. Los estudios han demostrado que cuando se realizan actividades de mantenimiento puntuales y

programadas, los costos disminuyen hasta en un 50%, costos asociados a recursos y a tiempo de producción. (Huacuz A., Héctor, 2012).

Las empresas cubanas no están ajenas a esta situación y es por ello que a través del Perfeccionamiento Empresarial se ha buscado introducir procesos de cambio en las organizaciones. Bajo estas condiciones emerge el mantenimiento industrial como un proceso con potencialidades para influir positivamente en la competitividad de ellas.

En análisis estadísticos mundiales se señala como una de las bondades del empleo del mantenimiento basado en la condición (MBC), su rápida influencia en la tendencia a disminuir las averías. (Hernández, Pedro L., Carro, Miguel, and Montes de Oca, Juan, 2008).

Desarrollar la actividad de diagnóstico implica organizar un sistema de trabajo que contenga: diseño e implantación de una estructura organizacional, gestión para el aseguramiento de los medios técnicos necesarios, formación y capacitación del personal y control de la actividad. (Pernús García, Antonio B., and Fernández García, Sergio J., 2012).

La Termoeléctrica Cienfuegos es una organización que brinda el servicio de generación de electricidad al Sistema Electroenergético Nacional (SEN), consta de dos unidades de 158 MW de potencia, forma parte de la estructura de generación dentro del grupo de plantas térmicas. Las plantas térmicas representan el 58% de lo generado en el país, siendo las unidades de Cienfuegos el 12% de las unidades térmicas. Las unidades de Cienfuegos están designadas por el Despacho Nacional de Carga (DNC) para llevar la frecuencia del sistema.

La organización cuenta con un sistema de gestión de la calidad basado en la NC-ISO 9001: 2008 que posee certificación y recertificación por la Oficina Nacional de Normalización (ONN) en los años 2008 y 2012 respectivamente. Entre los procesos del sistema de gestión se encuentra el de Medir, Analizar y Mejorar procesos, el que contribuye a la mejora continua de los mismos.

El proceso de apoyo Gestionar Diagnóstico Integral en la Termoeléctrica forma parte del proceso Inspeccionar mantenimiento que tiene como objetivo evaluar la conformidad. Sin embargo el diagnóstico integral tiene como objetivo brindar la información necesaria, como resultado del diagnóstico basado en la condición del equipamiento, a los procesos de planificación, ejecución e inspección del mantenimiento y a explotación para prevenir averías.

Además, la Unión Eléctrica Nacional (UNE) a partir de 2004 estableció una estrategia de culturización del mantenimiento, esto implicó un cambio del protagonismo del diagnóstico integral indicado a contribuir con índices internacionalmente establecidos para el mantenimiento, como son la mantenibilidad y disponibilidad que se calculan a partir del tiempo medio entre averías (TMEA) y el tiempo medio para la reparación (TMPR), lo que concuerda con los numerales 07 y 242 de los Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución.

En la Termoeléctrica Cienfuegos el proceso Gestionar Diagnóstico Integral está incluido en la estructura organizacional, posee aseguramiento de los medios técnicos y se llevan a cabo acciones de formación y capacitación del personal. Sin embargo el control del proceso se efectúa teniendo en cuenta solamente el cumplimiento del plan de monitoreo y el cumplimiento del plan de entrega de información del resultado del monitoreo de los equipos, pero el control no evidencia la influencia particular del mismo en el comportamiento de las averías por la no existencia de índices creados para medir dicha influencia.

En el período 2011-2012 se produjeron 49 averías en las bombas de agua de alimentar de las unidades 3 y 4 relacionadas con el diagnóstico integral, que representaron 18 848 horas de tiempo para la reparación y un incremento del insumo de planta de 1 210,70 MW-h por ese concepto, con una pérdida para el país de 205 376,63 USD y situaciones de inestabilidad en el SEN.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se decidió la mejora del proceso Gestionar Diagnóstico Integral con la aplicación del procedimiento de Medir, Analizar y Mejorar procesos a partir del último trimestre de 2012.

Lo descrito anteriormente constituye la **situación problemática** de la presente investigación.

### **Problema Científico**

¿Cómo contribuir al mejoramiento del proceso de Gestionar Diagnóstico Integral basado en la condición en la Termoeléctrica Cienfuegos?

### **Hipótesis.**

La aplicación del procedimiento Medir, Analizar y Mejorar procesos al proceso de Gestionar Diagnóstico Integral de la Termoeléctrica Cienfuegos, permite el establecimiento de índices de evaluación para la medición del proceso.

### **Variables de la Hipótesis.**

**Variable Independiente:** Procedimiento Medir, Analizar y Mejorar procesos.

**Variable Dependiente:** Índices de evaluación para la medición del proceso Gestionar Diagnóstico Integral.

### **Conceptualización y operacionalización de las variables de la hipótesis.**

*Procedimiento Medir, Analizar y Mejorar procesos:* Comprende la realización de un conjunto de actividades interrelacionadas entre sí que permiten elevar el nivel de realización del proceso objeto de estudio. Esta variable se mide a partir del cumplimiento de las cuatro (4) etapas del ciclo PHVA que aparecen descritas en este procedimiento, comprendiendo cada una el 25 % para un total del 100%.

*Índices para la medición del proceso Gestionar Diagnóstico Integral:* Consiste en la aplicación de índices internacionalmente establecidos de evaluación al proceso objeto de estudio que denoten de manera cuantitativa dicha relación. Esta variable se mide mediante los índices: disponibilidad y mantenibilidad.

*Disponibilidad:* Indica la aptitud para la operación de las unidades generadoras. Es la relación del tiempo medio entre averías y la suma del tiempo medio entre averías y el tiempo medio para la reparación. Se calcula a partir de la determinación previa del tiempo medio para la reparación y el tiempo medio entre averías de los equipos, mediante un software estadístico, utilizando las distribuciones lognormal y exponencial respectivamente. Se mide mediante la comparación del porcentaje de disponibilidad en un período y los rangos numéricos validados para ello.

*Mantenibilidad (tiempo medio para la reparación, TMPR):* Indica el tiempo medio sin producción asociado a la reparación, e incluye todos los tiempos que retardan la entrada nuevamente en operación. Es la sumatoria del tiempo de reparación entre el número de órdenes de reparación. Se analiza mediante un software estadístico, utilizando la distribución lognormal. Se mide mediante la comparación del tiempo medio para la reparación en un período y los rangos numéricos validados para ello.

### **Objetivo General de la Investigación.**

Aplicar el procedimiento Medir, Analizar y Mejorar procesos al proceso Gestionar Diagnóstico Integral que posibilite su medición cuantitativa en la Termoeléctrica Cienfuegos.

### **Objetivos específicos.**

- Diagnosticar a partir de la norma NC-ISO 9001: 2008 el proceso de Gestionar Diagnóstico Integral en la Termoeléctrica Cienfuegos.
- Implantar programa de mejora para dar soluciones a las no conformidades detectadas en el diagnóstico realizado al proceso Gestionar Diagnóstico Integral en la Termoeléctrica Cienfuegos.
- Evaluar el cumplimiento del programa de mejora del proceso Gestionar Diagnóstico Integral en la Termoeléctrica Cienfuegos.

La justificación de la investigación está dada por la necesidad de demostrar la contribución positiva del proceso objeto de estudio a la generación de energía, al influir en la disminución de averías, lo cual permite aumentar la estabilidad de las unidades que redundan en una mejor operación del Sistema Electroenergético Nacional (SEN), y cumple una estrategia de la Termoeléctrica Cienfuegos y de la Unión Nacional Eléctrica (UNE).

Como aporte práctico se espera establecer los índices de evaluación del proceso Gestionar Diagnóstico Integral teniendo en cuenta índices de clase mundial, para lo cual no existe una referencia en plantas térmicas del país, según la bibliografía consultada.

El aporte metodológico de la investigación consiste en la factibilidad de replicarse la aplicación del procedimiento Medir, Analizar y Mejorar procesos a los procesos Gestionar Diagnóstico Integral o similares en otras plantas térmicas de generación de energía eléctrica en Cuba.

El aporte medioambiental consiste en que al prevenir las averías los equipos se mantienen en mejores condiciones técnicas de operación, lo que trae consigo menor vertimiento de residuos al medio ambiente.

El aporte energético consiste en influir que se eviten averías en las unidades más eficientes del país, lo cual significa un ahorro significativo de combustible.

Los métodos y técnicas utilizados durante la investigación fueron la revisión y organización de documentos y datos, revisión de normas técnicas aplicables, el diagnóstico, el trabajo en equipo con la participación de expertos, el enfoque a procesos, las entrevistas, reuniones de trabajo, lluvias de ideas, la aplicación de índices de clase mundial referidos al mantenimiento, 5W y1H, método Delphi. También se aplican software como: SPSS 15.0, STATGRAPHICS Centurión XVII y BPwin 41SP-b774 que sirvieron de soporte en el modelaje de procesos y análisis de datos.

### **Alcance de la Investigación.**

El estudio y los resultados se enmarcan en los equipos rotatorios categoría "B" por la incidencia que tienen los mismos en los volúmenes de trabajo a realizar durante los mantenimientos y constituir una de las principales causas de averías durante la explotación en la Termoeléctrica Cienfuegos.

El trabajo se estructura en introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos:

Capítulo I: Investigación teórica sobre aspectos relacionados al tema en cuestión, construcción del marco teórico referencial.

Capítulo II: Se realiza una caracterización de la Termoeléctrica Cienfuegos, así como la explicación del procedimiento de mejora continua **Medir, Analizar y Mejorar procesos** de la organización, teniendo en cuenta las técnicas y herramientas estadísticas utilizadas en la investigación.

Capítulo III: Se realiza la aplicación del procedimiento al proceso objeto de estudio, se establece la mejora del mismo y como parte de ella los índices de evaluación del proceso. También se calcula la contribución económica que conlleva el establecimiento del diagnóstico integral basado en la condición.

# CAPÍTULO I

## CAPÍTULO I. “MARCO TEÓRICO”

### 1.1 Introducción

En el presente capítulo se desarrolla el marco teórico referencial donde se consultan diversos criterios de autores que tratan la gestión de la calidad, el mejoramiento de la calidad, el sistema de gestión según las normas ISO, la gestión por procesos, los procedimientos para la mejora de los mismos, así como las herramientas necesarias para el mejoramiento de los procesos. Se trataron temas relacionados con el mantenimiento, que abordan la problemática desde el punto de vista teórico-práctico, empleando las técnicas y herramientas relacionadas con la mantenibilidad y disponibilidad para el mejoramiento del proceso objeto de estudio. El procedimiento de trabajo a seguir para la realización de dicho estudio se muestra en la Figura 1.1

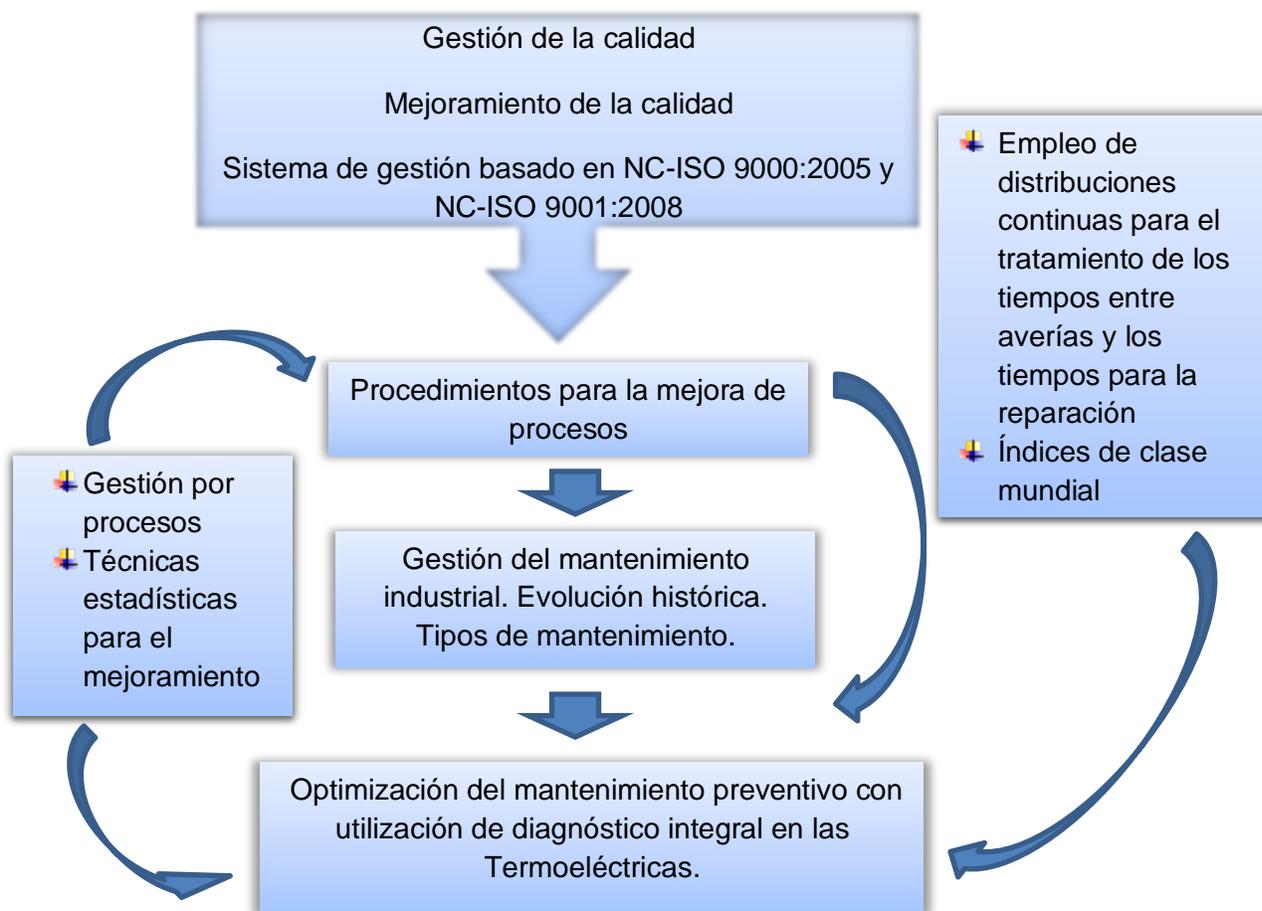


Figura 1.1 Hilo Conductor. Fuente: Elaboración propia

### 1.2 Gestión de la calidad. Conceptos básicos.

Calidad es un término difícil de definir, porque se ha mantenido en constante evolución, por lo que cada definición que se presente debe insertarse en el contexto de la época en que fue desarrollada. Desde el inicio de la industria, la calidad se planteó *como forma de medir las características del producto en relación con las funciones para las que fue fabricado*; de esta forma su concepción y definición son adoptadas como puntos centrales de un modelo de administración.

Juran dice que de los muchos significados de la palabra calidad dos de ellos son de importancia crítica (Juran, Joseph. M., 1999):

- La calidad significa que las características del producto cumplen con las necesidades del cliente, y por tanto proveen satisfacción al mismo.
- La calidad significa que no existan deficiencias que impliquen repetición de procesos.

Deming define la calidad como (Deming, W. Edward, 1989): un sistema libre de defectos, entendiendo defectos como aquel desperdicio que hace que el sistema no funcione como debería ser y no sea capaz de satisfacer los requerimientos del cliente. Este autor añade al concepto de calidad un elemento que aporta grandes beneficios a la idea contemporánea: el proceso. Señala que para optimizar los resultados, es necesario mejorar el proceso. Aunque la calidad es juzgada a partir de los resultados, la mejora de éstos y su adecuación a las necesidades actuales y potenciales del cliente, solo se logra concentrando la atención en los procesos.

La norma NC ISO 9000:2005 define la calidad como el grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos. Donde se especifica los siguientes:

Característica: Rasgo diferenciador.

Requisitos: Necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.

Inherente: Significa que existe en algo, especialmente como una característica permanente.

### 1.3 Mejoramiento de la calidad

La globalización de los mercados y los mecanismos regionales de integración plantean nuevos y fuertes desafíos competitivos a todas las organizaciones y están creando permanentemente nuevas condiciones para competir. La clave para alcanzar estos nuevos

niveles de competitividad radica en la modernización de la tecnología, la formación del personal y el desarrollo de nuevas formas de organización y gestión de los procesos productivos. El nuevo enfoque integral de la calidad brinda un sistema de gestión que asegura que las organizaciones satisfagan los requerimientos de los clientes, y a su vez hagan uso racional de los recursos, asegurando su máxima productividad. Así mismo permite desarrollar en la organización una fuerte ventaja competitiva como es la cultura del "mejoramiento continuo" con un impacto positivo en la satisfacción del cliente, del personal y un incremento de la productividad. Actualmente se puede asegurar que los métodos de calidad están siendo el pilar sobre el cual se apoya toda empresa para garantizar su futuro, por lo que quien no esté en proceso de normalizar su empresa, implantar un sistema de calidad y obtener la certificación no asegura su permanencia en el mercado.

Para conducir y operar una organización en forma exitosa se requiere que ésta se dirija y controle en forma sistemática y transparente. Se puede lograr el éxito implementando y manteniendo un sistema de gestión que esté diseñado para mejorar continuamente su desempeño mediante la consideración de las necesidades de todas las partes interesadas. La gestión de una organización comprende la gestión de la calidad entre otras disciplinas de gestión. (NC ISO 9000, 2005)

### **1.4 Sistema de gestión basado en las normas NC ISO 9000: 2005 y NC ISO 9001: 2008**

Según la norma NC ISO 9000:2005 para que las organizaciones operen de manera eficaz, tienen que identificar y gestionar numerosos procesos interrelacionados. A menudo la salida de un proceso forma directamente la entrada del siguiente proceso. La identificación y gestión sistemática de los procesos empleados en la organización y en particular las interacciones entre tales procesos se conocen como "enfoque de procesos". Esta norma internacional pretende fomentar la adopción del enfoque a procesos para gestionar una organización. Para esto se propone evaluar los procesos presentes en la organización y lograr la representación de los mismos. El **Anexo 1** ilustra el concepto y los vínculos entre procesos presentados en la NC ISO 9000:2005. El modelo reconoce que los clientes juegan un papel significativo para definir los requisitos como entradas. El seguimiento de la satisfacción del cliente requiere la evaluación de la información relativa a la percepción del cliente del grado en que la organización ha cumplido sus requisitos.

De manera adicional la norma NC ISO 9000: 2005 propone aplicar a todos los procesos la metodología conocida como "Planificar – Hacer – Verificar – Actuar" que fue desarrollada inicialmente en la década de 1920 por Walter Shewhart, y fue popularizada luego por W.

Edward Deming. Por esa razón es frecuentemente conocido como PDCA, ciclo Deming. Las normas NC ISO 9001: 2008 y NC ISO 9004: 2009 formaban un par coherente de normas sobre la gestión de la calidad. La norma NC ISO 9001: 2008 está orientada a la gestión de la calidad del producto y a aumentar la satisfacción del cliente, mientras que la norma NC ISO 9004:2009 tiene una perspectiva más amplia sobre la gestión para el éxito sostenido de una organización (enfoque de gestión de la calidad). El estándar internacional de NC ISO 9001:2008 exige realizar el principio de enfoque de procesos que incluye el estudio de la organización como sistema de procesos, permitiendo la armonía de la planeación estratégica y la gestión de la calidad orientado a la evaluación de la eficacia (cumplimiento de los objetivos).

### **1.4.1 NC ISO 9000: 2005, principios de gestión de la calidad**

Se han identificado ocho principios de gestión de la calidad que pueden ser utilizados por la alta dirección con el fin de conducir a la organización hacia una mejora en el desempeño. (NC ISO 9000, 2005).

- a) **Enfoque al cliente:** Las organizaciones dependen de sus clientes y por lo tanto deberían comprender las necesidades actuales y futuras de los clientes, satisfacer los requisitos de los clientes y esforzarse en exceder las expectativas de los clientes.
- b) **Liderazgo:** Los líderes establecen la unidad de propósito y la orientación de la organización. Ellos deberían crear y mantener un ambiente interno, en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos de la organización.
- c) **Participación del personal:** El personal, a todos los niveles, es la esencia de una organización, y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean usadas para el beneficio de la organización.
- d) **Enfoque basado en procesos:** Un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso.
- e) **Enfoque de sistema para la gestión:** Identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, contribuye a la eficacia y eficiencia de una organización en el logro de sus objetivos.
- f) **Mejora continua:** La mejora continua del desempeño global de la organización debería ser un objetivo permanente de ésta.

g) **Enfoque basado en hechos para la toma de decisión:** Las decisiones eficaces se basan en el análisis de los datos y la información.

h) **Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor:** Una organización y sus proveedores son interdependientes, y una relación mutuamente beneficiosa aumenta la capacidad de ambos para crear valor.

Estos ocho principios de gestión de la calidad constituyen la base de las normas de sistemas de gestión de la calidad de la familia de Normas ISO 9000.

### **1.4.2 Certificados ISO**

Son otorgados por las denominadas entidades certificadoras y pueden ser entidades nacionales o extranjeras, que realizan una evaluación exhaustiva de los procesos de las empresas que pretenden obtener el citado documento. Las entidades que voluntariamente buscan conseguir la certificación deben asegurar que han implantado en sus procesos un sistema de gestión de la calidad. Los beneficios que consiguen las empresas al implantar un sistema de calidad según las normas ISO 9000 son considerables, pues permiten obtener una mayor satisfacción de los clientes por la confianza en los productos y servicios que brindan. El certificado ISO es una herramienta gerencial que ofrece grandes ventajas competitivas de mercadotecnia y posicionamiento en el mercado. Acerca de las exigencias al sistema de gestión de la calidad el ente certificador considera que están definidas en la norma a emplear, y todos los requisitos aplicables deben estar implementados y evidenciados. Cuando ambos aspectos sean fehacientemente confirmados mediante auditorías internas y la revisión de la dirección, el sistema de gestión de la calidad estará en condiciones de ser certificado. (<http://www.ucbca.edu.bo/orgaest/ceind/interesante.html>, 2008).

### **1.5 Evolución y tendencias actuales de la gestión por procesos**

El modelo de organización empresarial occidental ha evolucionado, por motivos históricos, hacia una jerarquía de departamentos especializados por funciones. La dirección de la gestión, las metas y las medidas se han desplegado de arriba hacia abajo a través de una jerarquía vertical. No obstante, los procesos que fructifican y de mayor éxito (los que justifican la existencia de la organización), fluyen horizontalmente, cruzando la organización a través de los departamentos funcionales. Tradicionalmente, cada elemento funcional de un proceso es incumbencia de un departamento cuyo directivo es responsable del funcionamiento de ese elemento. Sin embargo, nadie es responsable del proceso entero por lo que surgen muchos conflictos entre las demandas de los departamentos y las demandas de los principales

procesos globales. Un proceso puede ser realizado por una sola persona, o dentro de un mismo departamento. Sin embargo, como se refiere anteriormente, los más complejos fluyen en la organización a través de diferentes áreas funcionales y departamentos, que se implican en el proceso en mayor o menor medida.

Una organización posee como característica básica precisamente la división y especialización del trabajo, así como la coordinación de sus diferentes actividades, pero una visión de la misma centrada en sus procesos permite el mejor desenvolvimiento de los mismos, así como la posibilidad de centrarse en los receptores de las salidas de dichos procesos, es decir, en los clientes. Por ello, tal vez la gestión por procesos es un elemento clave en la gestión de la calidad.

Como resultado, los procesos, tal como se operan, pueden no ser ni efectivos, ni eficaces por lo que pudieran ser mejorables, incidiendo negativamente en la capacidad de las organizaciones para enfrentar el reto del cambio de paradigma en la forma de hacer negocios. Es por ello, que los temas relacionados con la calidad, modelos de evaluación de procesos, mejora continua, etc. se van haciendo cada día más populares y muchas empresas invierten esfuerzos y dinero, en métodos y técnicas relacionados con la mejora de los procesos y la calidad.

Atendiendo al hecho de que actualmente, la supervivencia de una organización se logra mediante la posición competitiva que proporciona el mejoramiento continuo basado en el trabajo en equipo en el cual se combinan conocimientos, habilidades y el compromiso de los individuos que conforman la organización, las organizaciones a nivel internacional están cambiando su enfoque administrativo y de dirección funcional a uno basado en procesos, cliente-proveedor, que comparten un objetivo común que es el cumplimiento de la misión de la organización. (Cantú Delgado, H., 2001).

Todo este proceso de constantes cambios comenzó a tomar importancia al término de la II Guerra Mundial, y son los países más directamente involucrados en este conflicto quienes en la actualidad entablan una férrea lucha por dominar los mercados mundiales, además, de que han generado el conocimiento más importante del que se dispone para la administración y operación de organizaciones altamente competitivas bajo los principios de la calidad total de sus procesos. El proceso de mejora de la calidad que empezó en Japón en los años 50 y se desplegó ampliamente en los Estados Unidos en los primeros años de la década del 80, fue entonces ya un paso importante más allá de la gestión funcional. (Feigenbaum, A. V., 1991).

La gestión por procesos consiste en entender la organización como un conjunto de procesos que traspasan horizontalmente las funciones verticales de la misma y permite asociar objetivos a estos procesos, de tal manera que se cumplan los de las áreas funcionales para conseguir finalmente los objetivos de la organización. Los objetivos de los procesos deben corresponderse con las necesidades y expectativas de los clientes. (Pons Murguía, Ramón and Villa González del Pino, Eulalia., 2006).

Todo proceso tiene que cumplir con los requisitos básicos siguientes: poseer un responsable designado que asegure su cumplimiento y eficacia continua, tienen que ser capaces de satisfacer el ciclo PHVA (Plan-Do-Check-Act, ciclo gerencial de Deming), que se muestra en el **Anexo 2**, tienen que tener indicadores que permitan visualizar de forma gráfica la evolución de los mismos. Tienen que ser planificados en la fase P, asegurarse de su cumplimiento en la fase D, tienen que servir para realizar el seguimiento en la fase C y tienen que utilizarse en la fase A para ser ajustados o establecer nuevos objetivos, así como tienen que ser auditados para verificar el grado de cumplimiento y eficacia de los mismos. Para esto es necesario documentarlos para que sean entendidos.

Para medir la calidad de un proceso se establecen diferentes medidas o indicadores en dependencia del autor. Existen tres dimensiones principales para medir la calidad de un proceso: Efectividad, Eficacia y Adaptabilidad (Juran, J. M. and Gryna, F.M., 1995). Se dice que un proceso es **efectivo** cuando sus salidas satisfacen las necesidades de sus clientes, es **eficaz**, cuando cumple su (s) objetivo (s) y **adaptable** cuando logra mantenerse efectivo y eficaz frente a los muchos cambios que ocurren en el transcurso del tiempo. Es vital una orientación a los procesos para las organizaciones que pretenden permanecer saludables a través de: incrementar la eficacia, reducir costos, mejorar la calidad del proceso y con ello la calidad de sus salidas, acortar los tiempos y reducir los plazos de producción y entrega del servicio o producto.

### **1.6 Carácter sistémico de la gestión por procesos**

Cuando se habla de un pensamiento sistémico en la gestión se trata de establecer interrelación entre los enfoques clásicos y la nueva forma de pensar, el enfoque sistémico, ya que el escenario social actual es propicio para que nuestra forma de pensar se dirija a la integración del conocimiento sobre un fenómeno a partir de lo que cada ciencia posibilita esclarecer, vista en término de enriquecimiento que es el vínculo con la vida y la simplificación que es ir a la esencia de los fenómenos y a sus regularidades teniendo en cuenta la variedad de los elementos que intervienen en los diferentes procesos.

Ante los retos y desafíos que se presentan a diario se requiere una cultura general que posibilite el análisis en el marco del contexto y situaciones en donde se producen los hechos. El hombre para este análisis debe prepararse y asimilar modelos de cambios en el plano pedagógico, psicológico y de la gestión que desarrollen su forma de pensar, convirtiéndola en un nuevo instrumento para el análisis integrador, diferente al que tradicionalmente se utiliza.

Este enfoque forma parte de la NC-ISO 9000: 2005 la cual establece el principio de enfoque de sistema para la gestión, el cual plantea que: identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, contribuye a la eficacia y la eficiencia de una organización en el logro de sus objetivos.

Entender la gestión por procesos como sistema exige considerar esta no como un fin en sí misma, sino un medio para que la organización pueda alcanzar eficaz y eficientemente sus objetivos. Por ello los procesos deben formar parte de un sistema que permita la obtención de resultados globales en la organización orientados a la consecución de sus objetivos, lo que implica la existencia de unas relaciones causa-efecto entre los resultados de los procesos individuales y los resultados globales del sistema, los cuales podrán estar vinculados a uno o varios grupos de interés en la organización. (Beltrán, J., Carmona, M., and Rivas, M., 2002).

Para la elaboración del mapa de procesos, y con el fin de facilitar la interpretación del mismo, deben agruparse los procesos dentro del mapa permitiendo establecer analogías entre los mismos. El tipo de agrupación puede y debe ser establecido por cada organización, no existiendo para ello ninguna regla específica, a modo de ejemplo se muestra en el **Anexo 3** una de las formas de agrupación.

Los procesos pueden ser descritos de diferentes formas: con uso de flujogramas, documentos en lenguaje conversacional, etc., pero los mismos no permiten enlazar de manera coherente los diferentes procesos, lo que dificulta su entendimiento.

La herramienta IDEF 0 para el modelado de procesos de gestión (National Institute of Standards and Technology, 1993) del software AllFusion Process Modeler (Computer Associates n.d.) permite establecer el entramado de todos los procesos en cualquier etapa del ciclo de vida de un proyecto, producto o contrato, ya que visualiza la verticalidad de los procesos de dirección que conciernen a la estructura organizacional, con la horizontalidad de la mayoría de los otros procesos que ocurren en la misma. (National Institute of Standards and Technology, 1993).

La estructura del modelo se ajusta según **Anexo 4**. Pueden existir procesos sin entradas debido a que están referidos a actividades intelectuales como toma de decisiones, planeación y otros. También pueden omitirse los mecanismos cuando estos resultan triviales y así no recargan el diagrama. No se permiten cajas sin salidas ni controles.

El modelo describe en lenguaje gráfico y de manera extractada lo que en lenguaje conversacional sería extremadamente voluminoso, y tiene las siguientes características (National Institute of Standards and Technology, 1993):

- a) Es genérico (debido a que permite el análisis de sistemas y áreas subordinadas con propósitos, alcance y complejidad variada).
- b) Es riguroso y preciso (produce modelos correctos y utilizables).
- c) Conciso (facilita el entendimiento, la comunicación, el consenso y la validación).
- d) Conceptual (representa requerimientos fundamentales independientes de la implementación física u organizacional).
- e) Flexible (sustenta diferentes fases del ciclo de vida de un proyecto). Al ir de lo más general a lo más detallado y viceversa, la metodología es efectiva para reflejar los diferentes procesos que se desarrollan en una entidad de actividad compleja. Así mismo permite identificar apropiadamente los procesos y sus interacciones y elaborar los documentos que permitan su control en cualquiera de sus etapas de desarrollo.

El método permite un enfoque efectivo a los resultados y cumplir con la exigencia de NC ISO 9000: 2005 de que la documentación tenga valor añadido, así como tener en cuenta el ciclo Deming (PDCA).

La descripción **de los procesos** tiene como finalidad determinar los criterios y métodos para asegurar que las actividades que comprenden dichos procesos se lleven a cabo de manera coherente, al igual que el control de los mismos, lo que implica necesariamente centrarse en las actividades, así como en todas aquellas características relevantes que permitan el control de las mismas y la gestión de los procesos.

Luego de la descripción de las actividades del proceso se hace necesario, describir las características de cada proceso para obtener un soporte de información que permita el control de las actividades definidas en el diagrama, así como para la gestión del proceso, pudiéndose utilizar para ello una carpeta de proceso.

Luego de estar estructurada la organización a través de sus procesos se pone de manifiesto la importancia de llevar a cabo un **seguimiento y medición** de los mismos, con el fin de conocer los resultados que se están obteniendo y si estos resultados se corresponden con los objetivos previstos.

No se puede considerar que un sistema de gestión tenga un enfoque basado en procesos si, aun disponiendo de un mapa de procesos, diagramas y carpetas de procesos coherentes, el sistema no se preocupa por conocer sus resultados.

Por tanto el seguimiento y la medición constituyen la base para saber qué se está obteniendo, en qué extensión se cumplen los resultados deseados y por dónde se deben orientar las mejoras.

Los indicadores constituyen un instrumento que permite recoger de manera adecuada y representativa la información relevante respecto a la ejecución y los resultados de uno o varios procesos, de forma que se puede determinar la capacidad, eficacia, eficiencia y adaptabilidad de los mismos. (Beltrán, J. et al. 2002)

En función de los valores que adopte un indicador y de la evolución de los mismos a lo largo del tiempo, la organización podrá estar en condiciones de actuar o no sobre el proceso (en concreto sobre las variables de control que permitan cambiar el comportamiento del proceso), según convenga.

De lo anteriormente expuesto se deduce la importancia de identificar, seleccionar y formular adecuadamente los indicadores, así como la información obtenida de estos que permita el análisis del proceso y la toma de decisiones que repercutan en una mejora del comportamiento del mismo que sirva para evaluarlo y ejercer su control.

Los datos recopilados del seguimiento y la medición de los procesos deben ser analizados con el fin de conocer las características y la evolución de los procesos. De este análisis de datos se debe obtener la información relevante para conocer (Beltrán, J. et al. 2002):

1. Qué procesos no alcanzan los resultados planificados
2. Dónde existen oportunidades de mejora.

Cuando un proceso no alcanza sus objetivos, las organizaciones deberán establecer las correcciones y acciones correctivas, para asegurar que las salidas del proceso sean

conformes, lo que implica actuar sobre las variables de control para que el proceso alcance los resultados planificados.

También puede ocurrir que, aun cuando un proceso esté alcanzando los resultados planificados, la organización identifique una oportunidad de mejora en dicho proceso por su importancia, relevancia o impacto en la mejora global de la organización.

En cualquiera de estos casos la necesidad de **mejora de un proceso** se traduce en un aumento de la capacidad del proceso para cumplir con los requisitos establecidos. (Beltrán, J. et al. 2002)

Según la NC ISO 9000: 2005 el objetivo de la mejora continua en los sistemas de gestión de la calidad es incrementar la probabilidad de aumentar la satisfacción de los clientes y otras partes interesadas.

La organización debe mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad mediante el uso de la política de la calidad, los objetivos de la calidad, los resultados de las auditorías, el análisis de datos, las acciones correctivas y preventivas y la revisión por la dirección. (NC ISO 9001, 2008).

Se hace necesario en las organizaciones seguir una serie de pasos que permitan llevar a cabo la mejora buscada. Estos pasos se pueden encontrar en el clásico ciclo de mejora continua de Deming o ciclo PDCA, ya antes mencionado.

Para poder aplicar las etapas del ciclo propuesto, una organización puede disponer de diversas herramientas, conocidas como herramientas de la calidad, que permiten poner en funcionamiento este ciclo.

### **1.7 Procedimientos para la mejora de procesos**

Según se pudo identificar durante la búsqueda bibliográfica existen varios procedimientos disponibles para realizar la mejora de procesos, pero son pocos en comparación con otras metodologías existentes para otros propósitos. A continuación se describen los pasos de las más representativas así como algunas observaciones necesarias.

#### **1.7.1 Ciclo General de la Mejora**

Este ciclo fue desarrollado originalmente por Shewhart, el creador del control de la calidad, fue popularizado por Deming y a menudo se le llama Ciclo Deming. Debe su nombre a que

contiene las cuatro funciones generales de la Administración. Han surgido numerosas versiones, que de manera breve se explican a continuación.

### **El ciclo Shewhart y Deming**

Es un ciclo diseñado para ayudar a mejorar un proceso. También está diseñado para utilizarse como un procedimiento que permite averiguar las causas de los problemas, mediante un análisis estadístico. Se divide en cuatro pasos, como sigue:

1. ¿Qué es lo que se va a lograr?, ¿qué datos hay disponibles?, ¿son necesarias nuevas observaciones? De ser así, hay que planear y decidir las formas de obtener más datos.
2. Llevar a cabo el cambio que desea lograr, de preferencia en pequeña escala.
3. Observar los efectos del cambio.
4. Estudiar los resultados: ¿qué se puede aprender o predecir?

### **El ciclo PHVA**

El ciclo PHVA es muy similar al ciclo Deming. Las cuatro palabras, planear, hacer, verificar, actuar, describen muy bien las etapas de trabajo y se exponen de una manera más explícita como sigue:

Planear. Determinar las metas y los métodos para alcanzarlas.

Hacer. Educar a los empleados y poner en práctica el cambio.

Verificar. Verificar los efectos del cambio: ¿se han alcanzado las metas?, de no ser así, volver a la etapa de Planear.

Actuar. Empezar la acción apropiada para institucionalizar el cambio.

La limitación de este enfoque en la práctica está dada por el hecho de que se requiere analizar la situación actual antes de iniciar la aplicación de este ciclo.

### **El ciclo VA-PHVA**

El pensamiento que sustenta el ciclo VA- PHVA es que usted necesita verificar o analizar la situación actual antes de empezar a planear, hacer, verificar y actuar. La lógica es correcta, pero, ¿por qué no añadir simplemente un paso de análisis en el plan? Ese fue el propósito original de Shewhart. Si se hace así, esto permitirá conservar el ciclo original PHVA.

### **Beneficios del ciclo de mejoramiento PHVA**

El ciclo de mejoramiento PHVA brinda varios beneficios (Pons Murguía, Ramón and Villa González del Pino, Eulalia., 2006), entre los cuales se destacan los siguientes: 1) asegura un programa en el cual se ha convenido para la terminación del proyecto; 2) asegura el análisis, la verificación y la eliminación de los modos de fallos más probables; 3) facilita la puesta en práctica de controles para supervisar y administrar el nuevo proceso mejorado; 4) crea las condiciones para la capacitación permanente y la actualización de la documentación que se requiere en cada ciclo de mejora; 5) evita la reaparición de las causas que provocan los problemas, mediante la estandarización de los procesos mejorados.

#### **1.7.2 Procedimiento propuesto por H. James Harrington [1997]**

Harrington, antiguo presidente de Ernst & Young una de las más prestigiosas firmas de consultoría empresarial en el mundo, propone un procedimiento organizado en fases. El Dr. Harrington, propone un procedimiento completo y perfectamente estructurado donde se resume la vasta experiencia internacional de este consultor en el campo del mejoramiento del desempeño organizacional. Las ventajas de este procedimiento son evidentes, y resultarían en un resumen de los principales elementos positivos que debiera tener cualquier modelo de este tipo. Sencillamente, se incluyen todos los elementos, conceptos, procedimientos y herramientas que constituyen las mejores prácticas en la mejora de procesos. La complejidad del modelo hace que se requiera, en las organizaciones donde se vaya a implementar, un planteamiento estratégico correcto, estructuras flexibles, conocimiento acumulado y personas propensas al cambio. En resumen, una organización en busca de la excelencia.

El procedimiento plantea un fuerte enfoque hacia el cliente externo, pero lo hace apoyándose en conceptos y herramientas tradicionales, que quizás no respondan a las necesidades de algunas empresas (por ejemplo en el sector de servicios).

#### **1.7.3 Procedimiento propuesto por Kaoru Ishikawa [1985]**

Kaoru Ishikawa sin dudas el padre de la revolución Japonesa de la calidad con una contribución incalculable al arsenal de la calidad actual, y sin cuestionamientos uno de los gurús de la filosofía de mejora continua. Ishikawa propone el método sistemático, científico para la mejora de procesos, extremadamente útil y práctico, aspecto común de la mayoría de los enfoques japoneses. Este enfoque sienta las bases para lo que más adelante se convertiría en prácticas obligadas para la mejora de procesos. La necesidad de entender las necesidades de los clientes y describir el proceso para luego identificar las oportunidades de

mejoramiento, constituye un aspecto fundamental de este modelo si se considera que en el momento en que fue planteado no se reconocían estos aspectos en su totalidad.

Otro aspecto a destacar de este procedimiento es que respeta perfectamente el ciclo PHVA para la mejora continua, estableciendo las mejoras logradas e identificando acciones para la mejora continua. Sin lugar a dudas, el principal aporte de este modelo es el de establecer un precedente y la visión para lo que vendría después en este punto. Si se observa el procedimiento detenidamente se puede notar que están presentes la mayor parte de las mejores prácticas actuales de la mejora de procesos, en un procedimiento que tiene más de 20 años, y es por eso precisamente que se decide incluirlo en este análisis.

Las debilidades fundamentales del enfoque propuesto por Ishikawa se derivan precisamente de la afirmación anterior, y tienen que ver con el momento en que fue concebido. A continuación se presentan estas debilidades:

- El procedimiento no establece claramente la utilización de herramientas de mejoramiento fuera del marco de las siete herramientas básicas de calidad y de las herramientas genéricas de control estadístico de procesos.
- No se incluyen la opción de seleccionar entre enfoques de mejora continua y reingeniería. Debe considerarse que dentro de la filosofía japonesa, la reingeniería no se consideraba un enfoque independiente.
- No responde a las exigencias para la mejora de procesos en industrias de servicio.

### **1.7.4 Procedimiento propuesto por Juran [2001]**

Juran se ha convertido en el que más ha investigado, aportando y el más respetado en el campo de calidad actual. Este análisis quedaría incompleto sin incluir el aporte de Juran en este campo. Pero ese no ha sido la razón de la inclusión, sino que el procedimiento PQM (Process Quality Management) propuesto por este autor constituye un punto de referencia obligado desde la 5ta edición de su reconocido Manual de Calidad.

Si se compara este procedimiento con los anteriores, puede notarse que Juran aborda excelentemente el proceso de transferencia del nuevo proceso o el proceso rediseñado. Este es un punto que se descuida en otros procedimientos, y que es extremadamente importante. Por otro lado, se aborda adecuadamente la identificación de la voz del cliente y la necesidad de la medición del desempeño del proceso. Otro punto a su favor es que el modelo reconoce la importancia de utilizar enfoques tanto de mejora continua como de reingeniería para

desarrollar la mejora del proceso. El procedimiento propuesto por Juran puede considerarse como excelente, simple y a la vez de una alta consistencia técnica.

Son pocas las debilidades que se pudieran destacar del modelo propuesto por Juran. Las más significativas son:

El rediseño o diseño del proceso se concibe en la fase de planificación, sin embargo, se dedican otras dos fases completas a la transferencia y operación. Este aspecto podría provocar que se pierda de vista el objetivo fundamental de la mejora de procesos.

La fase de operación incluye disciplinas como el control de la calidad del proceso y la mejora del proceso, este punto hace que el modelo sea bastante complejo desde el punto de vista técnico.

### **1.7.5 Enfoque de la NC-ISO 9000: 2005**

Los estándares internacionales ISO constituyen un instrumento importante para alcanzar las metas descritas. A través de ellos se establece una serie de pautas y patrones que las entidades deberán seguir con la finalidad de implementar un sistema de gestión y aseguramiento de la calidad en el desarrollo de sus procesos.

Un enfoque para desarrollar e implementar un sistema de gestión de la calidad comprende diferentes etapas tales como (NC ISO 9000, 2005):

- a) Determinar las necesidades y expectativas de los clientes y de otras partes interesadas.
- b) Establecer la política y objetivos de la calidad de la organización.
- c) Determinar los procesos y las responsabilidades necesarias para el logro de los objetivos de la calidad.
- d) Determinar y proporcionar los recursos necesarios para el logro de los objetivos de la calidad.
- e) Establecer los métodos para medir la eficacia y eficiencia de cada proceso.
- f) Aplicar estas medidas para determinar la eficacia y eficiencia de cada proceso.
- g) Determinar los medios para prevenir no conformidades y eliminar sus causas.
- h) Establecer y aplicar un proceso para la mejora continua del sistema de gestión de la calidad.

Este enfoque también puede aplicarse para mantener y mejorar un sistema de gestión de la calidad ya existente.

Una organización que adopte el enfoque anterior genera confianza en la capacidad de sus procesos y en la calidad de sus productos, y proporciona una base para la mejora continua. Esto puede conducir a un aumento de la satisfacción de los clientes y de otras partes interesadas y al éxito de la organización.

El inciso h) inmediato anterior se trata según 2.9, (NC ISO 9000, 2005) que describe:

- a) El análisis y la evaluación de la situación existente para identificar áreas para la mejora.
- b) El establecimiento de los objetivos para la mejora.
- c) La búsqueda de posibles soluciones para lograr los objetivos.
- d) La evaluación de dichas soluciones y su selección.
- e) La implementación de la solución seleccionada.
- f) La medición, verificación, análisis y evaluación de los resultados de la implementación para determinar que se han alcanzado los objetivos.
- g) La formalización de los cambios.

Los resultados se revisan, cuando es necesario, para determinar oportunidades adicionales de mejora. (NC ISO 9001, 2008).

En el **Anexo 5** se hace un análisis comparativo de los procedimientos para la mejora descritos en esta tesis.

### **1.8 Técnicas estadísticas en el mejoramiento de la calidad**

El uso de técnicas estadísticas puede ser de ayuda para comprender la variabilidad y ayudar por lo tanto a la organización a resolver problemas y a mejorar la eficacia y la eficiencia. La variabilidad puede observarse en el comportamiento y en los resultados de muchas actividades, incluso bajo condiciones de aparente estabilidad, en las características medibles de los productos y los procesos. Su existencia puede detectarse en diferentes etapas del ciclo de vida de los productos, desde la investigación de mercado hasta el servicio al cliente y su disposición final.

El problema fundamental de la gerencia en todos sus aspectos, incluyendo planificación, compras, fabricación, investigación, ventas, personal, contabilidad, y legislación consiste en comprender mejor el significado de la variación, y en extraer la información contenida en la variación. (Deming, W. Edward, 1989).

Las herramientas estadísticas básicas son los métodos que ayudan a evaluar el funcionamiento de una organización, y facilitan la toma de decisiones desde la fase diagnóstico de los problemas hasta el seguimiento y evaluación de las acciones para resolverlo. Además, las herramientas básicas ayudan a percibir objetivamente la necesidad del cambio, a entenderlo, a buscarlo y facilitan el proceso de comunicación en el interior de la empresa. (Gutiérrez Pulido, H., 2003).

Las herramientas a emplear para el mejoramiento de la calidad son (Juran, Joseph. M., 1999):

- Diagramas de flujo: para relacionar las diferentes etapas de un Proceso
- Hojas de recogida de datos: datos necesarios para ver el problema y analizar los mismos
- Histogramas: para representar grupos o clases agrupados por frecuencias
- Diagramas de Pareto: para priorizar los problemas o situaciones a resolver
- Diagramas causa-efecto o diagramas ISHIKAWA: para relacionar entre sí y con el problema objeto de estudio todas las causas que pueden originarlo con el fin de conseguir su solución
- Estratificación: para comparar grupos entre sí
- Gráficos y cuadros: resume los datos cuantitativos en representaciones pictóricas
- Diagramas de dispersión: relaciona dos variables y determina la correlación entre ellas
- Gráfico de cuartiles: es un resumen gráfico, con cinco números de variación en un conjunto de datos
- Tormenta de ideas: técnica de grupo para generar ideas constructivas y creativas de todos los participantes

Las nuevas herramientas o herramientas de gestión incluyen (Pons Murguía, R. Á. 1998):

- Diagramas de afinidades
- Diagramas de relaciones
- Diagramas de árbol
- Diagramas de decisiones de acción
- Diagramas sagitales o de flechas
- Diagramas matriciales
- Análisis factorial

Debe tenerse en cuenta que las normas de la familia ISO 9000 no establecen la obligatoriedad de utilizar alguna técnica estadística en particular. Únicamente aquellas que les

sean necesarias para identificar y clasificar características de calidad y aquellas que proporcionen confianza para el control del proceso y aceptación del producto. (Gutiérrez Pulido, H., 2003).

### **1.9 Gestión del mantenimiento industrial**

Históricamente el mantenimiento ha evolucionado a través del tiempo. Desde el punto de vista práctico del mantenimiento, se diferencian enfoques de mejores prácticas aplicadas cada una en épocas determinadas. Para una mejor comprensión de la evolución y desarrollo del mantenimiento desde sus inicios y hasta nuestros días, se distinguen cuatro generaciones. (Moubray, J., 2007).

Primera generación: Cubre el período hasta el final de la II Guerra Mundial, en ésta época las industrias tenían pocas máquinas, eran muy simples, fáciles de reparar y normalmente sobredimensionadas. Los volúmenes de producción eran bajos, por lo que los tiempos de parada no eran importantes. La prevención de fallas en los equipos no era de alta prioridad gerencial, y solo se aplicaba el mantenimiento reactivo o de reparación.

Segunda generación: Nació como consecuencia de la guerra, se incorporaron maquinarias más complejas, y el tiempo improductivo comenzó a preocupar ya que se dejaban de percibir ganancias por efectos de demanda. De allí la idea de que los fallos de la maquinaria se podían y debían prevenir, idea que tomaría el nombre de mantenimiento preventivo. Además se comenzaron a implementar sistemas de control y planificación del mantenimiento, o sea, las revisiones a intervalos fijos.

Tercera generación: Se inicia a mediados de la década de los setenta donde los cambios, a raíz del avance tecnológico y de nuevas investigaciones, se aceleran. Aumenta la mecanización y la automatización en la industria, se opera con volúmenes de producción más altos, se le da importancia a los tiempos de parada debido a los costos por pérdidas de producción. Además alcanzan mayor complejidad las maquinarias y aumenta nuestra dependencia de ellas, se exigen productos y servicios de calidad, considerando aspectos de seguridad y medio ambiente y se consolida el desarrollo de mantenimiento preventivo.

Durante los últimos veinte años, el mantenimiento ha cambiado, quizás más que cualquier otra disciplina gerencial. Estos cambios se deben principalmente al enorme aumento en número y en variedad de los activos físicos que deben ser mantenidos en todo el mundo, diseños más complejos, nuevos métodos de mantenimiento, y una óptica cambiante en la organización de esta actividad y sus responsabilidades. El mantenimiento también está

respondiendo a expectativas cambiantes. Éstas incluyen una creciente toma de conciencia para evaluar: hasta qué punto las fallas en los equipos afectan la seguridad y el medio ambiente, la relación entre el mantenimiento y la calidad del producto, y la presión de alcanzar una alta disponibilidad en la planta y mantener acotado el costo. Producto de todas estas exigencias surge la cuarta generación.

Cuarta generación: La gestión total del mantenimiento surge en la última década como sistema de mejora continua de los planes de mantenimiento. Se establecen grupos de mejoras y seguimiento de las acciones sistemáticas del tipo mantenimiento productivo total (M.P.T).

Hoy en día la mayoría de los procesos de la industria moderna se automatizan y ello implica la implantación de una moderna tecnología: maquinarias productivas, métodos de control, cambios en la infraestructura de la empresa y personal con mayor calificación. De ello se derivan elevados niveles de producción a cortos plazos, un mayor control de los procesos y desempeño de la tecnología existente. (Tabares, Lourival, 2005)

El mantenimiento es una disciplina integradora que garantiza la disponibilidad, funcionalidad y conservación del equipamiento, siempre que se aplique correctamente, a un costo competitivo. Esto significa un incremento importante de la vida útil de los equipos y sus prestaciones.

El controlar y evaluar la gestión de mantenimiento en las empresas es necesario porque necesitamos conocer cuan eficaz es la aplicación de la política de mantenimiento que se ha planificado para el entorno productivo. Esta información permite actuar de forma rápida y precisa sobre los factores débiles del mantenimiento de la organización. (Pernús García, Antonio B., López Acosta, Hugo, and Veranes González, Andrés 2008).

Actualmente el mantenimiento está caracterizado por la búsqueda continua de tareas que permitan eliminar o minimizar la ocurrencia de fallas o disminuir las consecuencias de las mismas. Las empresas eléctricas no están ajenas a ello, por lo que se hace necesario enfocar los esfuerzos a disminuir las fallas y averías que muchas veces se pueden evitar. Para lograr esto las corrientes filosóficas de los nuevos conceptos del mantenimiento han demostrado un gran poder en identificar tareas potenciales a ejecutar. (Pinto Alan, Kardec,, Xavier Nascif,, and otros, 2004).

Las nuevas técnicas que se emplean en el mundo relacionadas con la actividad del mantenimiento, que de hecho Cuba se encuentra en la mayoría de su industria aplicándolas, se refieren al empleo de nuevos instrumentos de mediciones para el control de los parámetros de estado, esto permite de forma más acertada planificar solo las paradas por reparaciones cuando sea necesario.

### **1.10 Tipos de mantenimiento**

Existen cuatro tipos de mantenimiento reconocidos, los cuales están en función del momento en el tiempo en que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha y en función de los recursos utilizados.

#### **1.10.1 Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo denominado como mantenimiento reactivo, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias (Huacuz A. Héctor, 2003):

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

#### **1.10.2 Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo denominado como mantenimiento planificado, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos. Presenta las siguientes características (Hernández, Pedro L. et al. 2008):

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta (en casos de plantas de funcionamiento no continuo).
- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios a la mano.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

### **1.10.3 Mantenimiento predictivo o basado en la condición**

El mantenimiento predictivo o basado en la condición (BC), consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición. El diagnóstico integral forma parte del mantenimiento basado en la condición.

Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial). (Gondres, I., 2005).

El mantenimiento predictivo depende de una serie de técnicas (herramientas, equipos, conocimientos, métodos, procedimientos y filosofías) que aplicados en armonía logran con efectividad su objetivo: predecir eventos en maquinarias y sistemas que puedan interferir con el proceso productivo y tomar acciones para evitarlos.

Las técnicas de las cuales depende el mantenimiento predictivo son costosas debido a que la mayoría emplean tecnologías modernas (ver **Anexo 6**) y no son destructivas, aplicándose durante la operación de acuerdo con el campo de utilización; por ejemplo, el monitoreo de la condición consiste en monitorear los movimientos de las maquinarias rotativas y recíprocas para estudiar su comportamiento; la tribología analiza los fenómenos relacionados con la fricción y el desgaste obteniendo resultados del análisis físico-químico de los aceites lubricantes de las maquinarias; la termografía: consiste en el monitoreo de las temperaturas de operación de los sistemas (mecánicos y eléctricos) a través de rayos infrarrojos; y así

sucesivamente se podrían mencionar otros que tienen funciones parecidas y siguen la misma premisa de su alto costo, aunque no por ello dejan de justificarse para la gestión del mantenimiento. (Huacuz A., Héctor, 2012)

Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo (Huacuz A., Héctor, 2012):

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- Endoscopía (para poder ver lugares ocultos)
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonidos, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

#### **1.10.4 Mantenimiento proactivo**

El mantenimiento proactivo tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mismo, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento. Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el plan estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y errores. (Santiago, Jorge, 2011).

Los tipos de mantenimientos descritos anteriormente se resumen a continuación según la Figura 1.2.

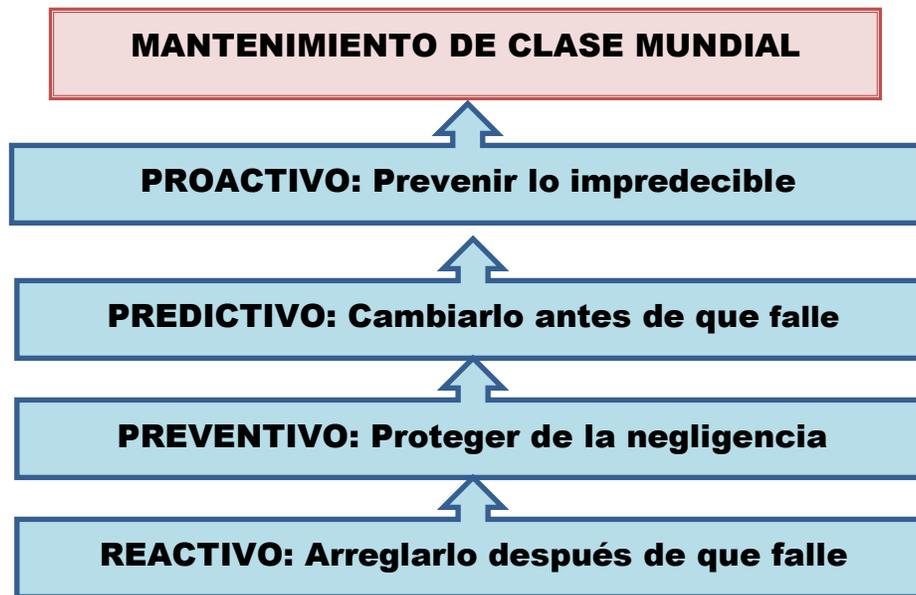


Figura 1.2 Mantenimiento de clase mundial. Fuente: (Santiago, Jorge, 2011).

### 1.11 Optimización del mantenimiento preventivo utilizando las técnicas de diagnóstico integral en las centrales termoeléctricas

En la actualidad, las grandes empresas del mundo se encuentran enfrascadas en el mejoramiento u optimización del mantenimiento preventivo planificado (MPP) a partir de la introducción de técnicas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) y del basado en la condición (MBC).

Cuba cuenta con algunas unidades generadoras de fabricación rusa, que fueron construidas antes de la década del 70, con una automática de diseño elemental y otras más modernas, de diferentes procedencias y capacidades, las cuales han sido diseñadas para trabajar en un régimen base, el cual no se cumple en la actualidad. (Hernández, Pedro L. et al. 2008).

La tensa situación económica a que Cuba ha estado sometida en los últimos años repercutió en forma directa en las centrales termoeléctricas (CCTT), teniendo el país que tomar medidas como: la de quemar el crudo nacional y la de generar a toda costa sin la debida preparación, ni tener creadas las condiciones materiales para enfrentarlas. Esto hizo que en las centrales termoeléctricas se acortaran los plazos de mantenimiento, debido al deterioro a que estaban expuestas las instalaciones.

La mayoría de las fallas no se presentan de manera brusca, en general las fallas son el resultado de un periodo de desgaste progresivo, este proceso de desgaste es cuantificable y

desde el momento de la detección inicial de la falla puede evaluarse su progreso y predecirse el momento del colapso con semanas, meses o años de anticipación. (Huacuz A., Héctor, 2012). Un ejemplo de lo descrito se aprecia en el **Anexo 7**.

En ello radica la importancia en el mejoramiento o perfeccionamiento del mantenimiento preventivo planificado (MPP) a partir de la utilización de la metodología que ofrece el diagnóstico Integral (DI), el cual combina tareas como el tratamiento de datos de fallas y la selección del período de muestreo y del mantenimiento basado en la condición (MBC); utilización de las bases dinámicas de datos, etc., con tareas propias del mismo como es la determinación de las variables o parámetros de estado de diagnóstico a través de las matrices de fallas y de parámetros óptimos, y la determinación de los períodos de muestreo de los mismos. (Hernández, Pedro L. et al. 2008).

Mucho se escribe del mantenimiento basado en la condición en el mundo actual y de su base fundamental, detección del estado o condición de los equipos y sistemas y todos ofrecen en general un método basado en la aplicación de los sistemas de pruebas a realizar y del período de muestreo de las mismas, pero pocos definen el estado o condición de un equipo o sistema, es decir, no existe una definición concreta, solo los más avanzados dan alguna que otra; en el caso del diagnóstico integral se definen las mismas a partir de las variables o parámetros de estado de diagnóstico a través de las cuales se puede conocer el estado o condición de un equipo o sistema. (Hernández, Pedro L. et al. 2008).

El diagnóstico integral es el arte de organizar, relacionar e interpretar resultados de las pruebas (datos de pruebas), los datos de fallas, los síntomas y de los históricos con el objetivo de detectar una falla oculta de forma prematura y de ser posible localizarla. (Fernández García, Sergio, 1996).

En el mantenimiento basado en la condición la evaluación del estado del equipamiento se efectúa mediante la medición, seguimiento o monitoreo de las variables o parámetros de estado de diagnóstico. El diagnóstico del estado de estas variables se realiza a partir de su monitoreo y depende de la importancia en cuanto al costo del equipo, a la indisponibilidad que el mismo representa y a su impacto en la seguridad y el medio ambiente.

La implementación y desarrollo de un sistema de diagnóstico integral y del mantenimiento basado en la condición (MBC) es una de las acciones con la cual se puede lograr mejoras significativas en la actividad de mantenimiento en una empresa. En análisis estadísticos mundiales se señala como una de las bondades del empleo del mantenimiento basado en la

condición (MBC) es su rápida influencia en la tendencia a disminuir los costos del mantenimiento. (Pernús García, Antonio B., and Fernández García, Sergio J., 2012).

El desarrollo de un sistema de diagnóstico integral y del mantenimiento basado en la condición (MBC) implica organizar un sistema de trabajo a través de la realización de un proyecto que abarque un grupo de tareas tales como: diseño e implementación de una estructura organizacional, gestión para el aseguramiento de los medios técnicos necesarios, formación y capacitación del personal y control de la actividad. Con la aplicación de estas tareas se crean las bases para la aplicación del mantenimiento basado en la condición. (Pernús García, Antonio B., and Fernández García, Sergio J., 2012).

La importancia del desarrollo del diagnóstico integral y del mantenimiento basado en la condición (MBC) hay que verla en la influencia de ambos en la disminución del tiempo medio para reparación (TMPR) y el aumento del tiempo medio entre averías (TMEA) de los equipos de una central termoeléctrica (variables que están relacionadas con distribuciones de probabilidad continua), con lo que se logra mejorar la disponibilidad y la mantenibilidad que son índices de clase mundial.

Existe una gran variedad de instrumentos para la medición de parámetros de estado para el monitoreo de los equipos, y cada fabricante incorpora cada día más ventajas de aplicación, modernos software, y facilidad de manipulación en su operación. En los **Anexos 8, 9, 10 y 11** se visualizan y describen algunos de los instrumentos más relevantes.

### **1.11.1 Ventajas y desventajas al emplear el diagnóstico integral basado en la condición**

#### **Ventajas**

El mantenimiento basado en la condición usa como herramienta fundamental el desarrollo y aplicación de las técnicas de diagnóstico, las cuales a partir de los parámetros de condición de los equipos posibilitan prevenir, disminuir y evitar las fallas, algunas ventajas del empleo del mismo son (Sueiro, Guillermo, 2006):

- Se puede conocer de forma periódica o continua (de acuerdo al sistema de diagnóstico empleado) el estado de los equipos y darle seguimiento.
- Permite el trabajo de los equipos en los niveles óptimos de funcionamiento.
- Permite detectar cualquier fallo incipiente evitando la destrucción del equipo.

- Permite crear una base de datos que posibilite analizar la tendencia en el comportamiento del equipo y contribuya a la toma de decisiones en todas las actividades relacionadas con la operación y el mantenimiento del mismo.
- Aumenta la confiabilidad de los sistemas.
- Permite disminuir el tiempo fuera de servicio de los equipos.

Los sistemas de mantenimiento y diagnóstico a utilizar en una empresa, los períodos de muestreo de las pruebas, la utilización de las bases de datos dinámicas, la relación diagnóstico-mantenimiento, entre otras, son los temas más discutidos en el momento actual por muchos especialistas de estas materias.

### **Desventajas**

Aumento del costo por (Hernández, Pedro L. et al. 2008):

- Introducción de nuevo equipamiento y formación del personal.
- Aumentar el período de muestreo de las pruebas.
- Necesidad de desarrollar e introducir bases de datos dinámicas y las modificaciones necesarias a los soportes lógicos informáticos de gestión del mantenimiento para lograr sus incorporaciones.

### **1.12 Empleo de distribuciones continuas para el tratamiento de tiempos entre averías y tiempos para la reparación**

Las distribuciones de probabilidad continua se utilizan para modelar situaciones en que el resultado puede tomar cualquiera de los valores de un intervalo, como por ejemplo todos los valores mayores que cero en el caso que se mida el tiempo del primer fallo de un motor que funciona continuamente. (Juran, Joseph. M., 1999).

Las variables aleatorias se caracterizan por el hecho de seguir determinadas pautas en su comportamiento y siguen cierta distribución, que permite hallar las probabilidades de que ocurran determinados sucesos. (Juran, Joseph. M., 1999).

Algunas variables aleatorias presentan comportamientos característicos que son estándares de uso frecuente. Cuando una variable aleatoria se representa en forma gráfica, es posible identificar una distribución de probabilidad de esa variable que puede ser empírica o teórica. Las distribuciones empíricas se representan utilizando distribuciones de frecuencias de datos agrupados. Las distribuciones teóricas, ya sean discretas o continuas, han sido estudiadas y

definidas, lo que permite un excelente medio de ajustar el comportamiento de una variable. (Acuña, J. A., 2003).

Para determinar si un conjunto de datos se distribuyen por alguna de éstas distribuciones teóricas se utilizan las pruebas de bondad de ajustes, donde sobresalen: la prueba chi-cuadrado (Acuña, J. A., 2003) que divide el rango  $X$  en  $k$  intervalos y compara los conteos observados (muestras grandes en datos agrupados), la Kolmogorov - Smirnov (Acuña, J. A., 2003) que compara la acumulación de distribución de los datos a la distribución de acumulación ajustada (muestras grandes en datos no agrupados), y ambas pueden ser aplicadas a cualquier conjunto de datos; la Anderson-Darling  $A^2$  (Law Averill, M., and Kelton, David, 2000) es una medida ponderada del área entre la función de densidad acumulada (c.d.f.) empírica y ajustada; la verosimilitud (Fisher, R.A., 1992) es una función de los parámetros de un modelo estadístico que permite realizar inferencias acerca de su valor a partir de un conjunto de observaciones, de hecho, lo relevante no es el valor en sí, sino la razón de verosimilitudes, que permite comparar cuanto más *verosímil* es el parámetro. Cualquiera de las pruebas descritas anteriormente daría un modelo razonable para los datos.

Los tiempos a la falla son valores no negativos que suelen tener un comportamiento asimétrico, con sesgo positivo. Esto hace que la variable aleatoria *tiempo a la falla* tenga comportamientos diferentes al modelo normal. Por ello, para modelar tiempos de vida no se usa con frecuencia la distribución de probabilidad normal, sino distribuciones que toman valores positivos como la Weibull, lognormal, exponencial y gamma, por mencionar algunas. Como modelos de tiempo de falla se han utilizado frecuentemente cinco distribuciones: exponencial, Weibull, valor extremo, normal y lognormal. (Acuña, J. A., 2003).

La disponibilidad y la mantenibilidad se calculan a partir de las variables tiempo medio entre averías y tiempo medio para la reparación, teniendo en cuenta que el tiempo entre averías y el tiempo para la reparación responden a las distribuciones exponencial y logarítmico normal respectivamente. (Juran, Joseph. M., 1999).

La *distribución exponencial* sigue la función  $Y = 1/\mu * e^{-X/\mu}$ . En una población exponencial, el 36,8 por ciento está por encima de la media y el 63,2 por ciento se encuentra situado por debajo de la media. Esto sirve para constatar que no es siempre la idea intuitiva de que el 50 por ciento de la población está por debajo de la media. La propiedad de tener un mayor porcentaje por debajo de la media ayuda a indicarnos aplicaciones de la distribución exponencial. Por ejemplo, la distribución exponencial describe la distribución de cargas en los

miembros de una estructura, ya que las cargas menores son mucho más numerosas que las cargas mayores. La distribución exponencial es también útil para describir los tiempos de fallos de cierto equipo complejo. (Juran, Joseph. M., 1999).

La distribución exponencial describe un modelo que demuestra que los tiempos de fallos ocurren de forma aleatoria y no por el desgaste, sino que los fallos se producen como colisiones aleatorias. En efecto la misma se caracteriza como la única distribución continua con la propiedad de *falta de memoria*, que hace que la probabilidad de un determinado elemento tenga un  $t_0$  de vida adicional depende solo del valor  $t_0$  y no del tiempo que ese elemento haya estado en uso. (Juran, Joseph. M., 1999).

Las predicciones basadas en la distribución exponencial solo necesitan la estimación de la vida media de la población. Por ejemplo, el tiempo entre fallas sucesivas de un equipo complejo es medido, y el histograma resultante se parece a la curva de probabilidad exponencial. (Juran, Joseph. M., 1999).

La distribución exponencial es un caso especial de la distribución gamma. Ambas encuentran un gran número de aplicaciones y juegan un papel importante en la teoría de colas y problemas de confiabilidad. Los tiempos entre llegadas en instalaciones de servicio, y el tiempo de falla de partes componentes y sistemas eléctricos, a menudo quedan bien modeladas mediante la distribución exponencial. La relación entre la gamma y la exponencial permite que la gamma se involucre en tipos de problemas similares. (Walpole, R. E., Myers, R. H., and Myers, S. L., 2008).

Por ejemplo, se ha utilizado para describir la vida de componentes electrónicos de alta calidad que generalmente fallan por causas ajenas o extrínsecas al propio producto, y estas fallas ocurren de manera aleatoria en el tiempo. (Gutiérrez Pulido, Humberto and Salazar, Ramón de la Vara, 2007).

La *distribución logarítmica normal*, si  $Y=e^Z$ , donde  $Z$  tiene una distribución normal, se dice que  $Y$  tiene una distribución logarítmica normal (multiplicación o porcentaje de efectos). Las variables logarítmicas normales aparecen cuando los efectos son porcentajes multiplicativos. Por ejemplo, si un porcentaje aleatorio de los artículos de un almacén se deterioran en cada período de tiempo, el porcentaje de deteriorados después de un número elevado de períodos de tiempo (10 o más) sigue la distribución logarítmica normal. Esto se deduce del teorema central del límite considerado al estudiar la distribución normal, ya que el logaritmo es una suma de los logaritmos de los factores del producto. (Juran, Joseph. M., 1999).

Las predicciones de la distribución logarítmica normal como en las distribuciones normales, requieren de dos estimaciones. La misma tiene asimetría positiva y se emplea como modelo de distribución de duraciones de vida, tiempo de reacción, distribución de ingresos y otras variables económicas. Con frecuencia nos interesan la media, la desviación típica y las probabilidades de una variable logarítmica normal  $Y$ ; estos parámetros pueden estimarse fácilmente para la variable  $Z$  (el logaritmo de  $Y=e^Z$ ), lo que nos resuelve el problema de la variable  $Y$ , ya que si  $Y$  es el tiempo de vida de un sistema, lo que se desea estimar es la vida media del sistema, y no la media del logaritmo de  $Y$ . Ésta es la razón por la que se han desarrollado métodos especiales para esta distribución. (Juran, Joseph. M., 1999).

La distribución lognormal se ajusta a ciertos tipos de fallos (fatiga de componentes metálicos), vida de los aislamientos eléctricos, procesos continuos (procesos técnicos) y datos de reparación y puede ser una buena representación de la distribución de los tiempos de reparación. Es también una distribución importante en la valoración de sistemas con reparación. (Tamborero del Pino, José María. and Cevaljo Lapeña, Antonio, 2009).

### 1.12.1 Índices de clase mundial

Los índices de clase mundial son aquellos que son utilizados según la misma expresión en todos los países. Como ejemplos se toman algunos como: El tiempo medio entre fallas (TMEF), tiempo medio para la reparación (TMPR), confiabilidad (R), disponibilidad (D) y mantenibilidad (M) así como otros relacionados con la gestión, la tasa de falla y la tasa de reparación ( $\lambda$ ,  $\mu$ ). (Fernández García, Sergio, 2007).

El tiempo medio entre fallas es un índice que debe ser usado para elementos que son reparados después de una falla y se puede determinar mediante la relación entre el producto del número de elementos por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en esos elementos, en el período observado. El tiempo medio para la reparación es un índice que debe ser usado para elementos en los cuales el tiempo de reparación es significativo con relación al tiempo de operación. Se puede calcular mediante la relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de elementos con falla y el número total de fallas detectadas en esos elementos, en el período observado. (Tabares, Lourival, 2005).

La disponibilidad de equipos representa el porcentaje de tiempo en que el elemento quedó a disponibilidad del órgano de operación para desempeñar su actividad. Se determina como la relación entre la diferencia del número de horas del período considerado con el número de horas de intervención por el personal de mantenimiento (mantenimiento preventivo por tiempo

o por estado, mantenimiento correctivo y otros servicios) para cada elemento observado y el número total de horas del período considerado. Este índice también puede ser calculado como la diferencia entre la unidad y la relación entre las horas de mantenimiento y la suma de esas horas con las de operación de los equipos. Otra expresión muy común, utilizada para el cálculo de la disponibilidad de equipos sometidos exclusivamente a la reparación de fallas es obtenida por la relación entre el tiempo medio entre fallas y su suma con el tiempo medio para la reparación y los tiempos ineficaces del mantenimiento (tiempos de preparación para desconexión y tiempos de espera que puedan estar contenidos en los tiempos promedios entre fallos y de reparación). (Tabares, Lourival, 2005).

### **1.13 Conclusiones del capítulo**

1. La gestión de la calidad con enfoque a procesos se trata de manera armónica en la familia de normas ISO 9000, considerando principios para ello, el ciclo PHVA y requisitos para describir y mejorar de manera continua los mismos como un sistema interrelacionado de procesos internos de la organización.
2. El logro de la mejora de procesos, debido a la complejidad de dicho ejercicio, necesita de un procedimiento para alcanzar los objetivos establecidos en las organizaciones incluyendo la utilización de métodos y técnicas estadísticas.
3. La importancia del diagnóstico integral relacionado con el mantenimiento basado en la condición consiste en su influencia en la disminución del tiempo medio para la reparación y aumento del tiempo medio entre averías, lo que mejora la disponibilidad y mantenibilidad que son índices de clase mundial.

**CAPÍTULO II**

## CAPÍTULO II. “EXPLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA MEJORA CONTINUA DE LA CALIDAD DE LA TERMOELÉCTRICA CIENFUEGOS”

### 2.1 Introducción

En este capítulo se realiza una caracterización de la Termoeléctrica Cienfuegos, así como la explicación del procedimiento de mejora continua: Medir, Analizar y Mejorar procesos de la organización con énfasis en las normas NC ISO 9000: 2005 y NC ISO 9001: 2008 para la gestión de la calidad. Además se tienen en cuenta las técnicas y herramientas estadísticas utilizadas en la investigación.

### 2.2 Caracterización general de la de la Termoeléctrica Cienfuegos

La Termoeléctrica Cienfuegos, perteneciente a la Unión Nacional Eléctrica del Ministerio de la Industria Básica fue creada por la Resolución No. 78 del Ministro de la Industria Básica. Está compuesta por dos unidades generadoras (Unidad 3 y Unidad 4) de tecnología japonesa de 158 MW cada una.

#### **Misión:**

La Termoeléctrica Cienfuegos, forma parte del Sistema Eléctrico Nacional, dedicada básicamente a generar y suministrar energía eléctrica para satisfacer los requerimientos y necesidades crecientes de nuestros clientes, con un alto nivel de profesionalidad, garantizando el necesario equilibrio con el entorno y el medio ambiente.

#### **Visión:**

Trabajar por colocarse como entidad de referencia dentro del sistema UNE-MINBAS, siendo la Termoeléctrica más rentable y eficaz en el ámbito nacional con sólidos valores y una alta profesionalidad y profundo sentido de pertenencia, caracterizándonos además por una elevada optimización y desarrollo de los recursos humanos, y gestionando la protección al medio ambiente.

La Termoeléctrica Cienfuegos tiene como objeto empresarial aprobado la generación de la energía eléctrica, el cual entró en vigor mediante la Resolución N° 233 de fecha 27 de abril de 2006 del Ministerio Economía y Planificación. Actualmente cuenta con recursos humanos, medios e instalaciones que permiten cumplimentar este objeto y con las potencialidades

necesarias para ampliar el alcance de las acciones a nuevas actividades por lo que el objeto empresarial es el siguiente:

- Generar y suministrar energía eléctrica al sistema eléctrico nacional (SEN), en pesos cubanos.
- Prestar servicios de consultoría en dirección y planificación de mantenimiento industrial, en pesos cubanos.
- Realizar estudios de diagnóstico industrial, calderas y equipos rotatorios, en pesos cubanos.
- Brindar servicios técnicos, de reparación y mantenimiento a equipos estáticos y rotatorios, así como electrónicos, de comunicaciones y de automática, en pesos cubanos.
- Realizar la comercialización mayorista del excedente de agua desmineralizada, vapor e hidrógeno, así como escoria residual de las calderas y residuales de la producción de agua desmineralizada, en pesos cubanos.
- Prestar servicios de calibración de equipos de medición, en pesos cubanos y pesos convertibles, al costo.
- Prestar servicios técnicos especializados de mecánica, eléctrica y automática, en pesos cubanos.
- Prestar servicios técnicos químicos especializados, en pesos cubanos.
- Comercializar de forma mayorista productos ociosos o de lento movimiento, en pesos cubanos.
- Comercializar de forma mayorista chatarra al sistema de la Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas, en pesos cubanos y pesos convertibles.
- Prestar servicios de transportación de carga por vía automotor, en pesos cubanos.
- Brindar servicios de alimentación a sus trabajadores y de otras entidades que participen en la modernización, reparación y mantenimiento a las unidades generadoras en pesos cubanos.

El domicilio social radica en Carretera a O' Bourke # 914, Zona Industrial No. 1, municipio y provincia de Cienfuegos.

Los servicios que brinda la Termoeléctrica Cienfuegos son los siguientes:

1. Generación de energía eléctrica.
2. Mantenimiento de equipos primarios, secundarios y en la subestación.

El volumen anual de ventas alcanza valores de alrededor de 21,0 MMP.

La capacidad de generación instalada alcanza un total de 316 MW, los cuales son generados con petróleo combustible pesado BV.

La distribución de la capacidad instalada es como sigue:

Termoeléctrica Cienfuegos	Unidad 3 [MW]	Unidad 4 [MW]
Unidades Japonesas	158	158

### **Otros equipos de producción, instrumentos y sistemas de control:**

El proceso de generación de energía eléctrica en la Unidad 3 dispone de un moderno software de supervisión de procesos, conocido por TITAN (sistema tipo SCADA), que permite de manera ininterrumpida salvar en un servidor datos en soporte digital.

En la Unidad 4, después de la modernización, está instalado un Sistema Experto de Control Distribuido de la firma alemana ABB denominado Procontrol P14.

### **Características tecnológicas de apoyo**

La Termoeléctrica Cienfuegos dispone de un laboratorio químico para la realización de pruebas y ensayos para comprobar la calidad del agua, combustibles y aceites que se utilizan en la generación de energía eléctrica. Está equipado con los medios técnicos y materiales adecuados como son los reactivos químicos que garantizan una alta confiabilidad en los análisis que se realizan.

Entre su equipamiento más novedoso podemos mencionar un espectrofotómetro, modelo Cary 50, para el análisis del combustible (detección de vanadio), del agua (detección de hierro y fósforo); un potenciómetro con microprocesador incorporado para la determinación del número total base de aceite (TBN) y una bomba calorimétrica para determinar el valor calórico del combustible.

Existen seis servidores profesionales encargados de lograr las conexiones entre las máquinas computadoras, tener acceso a Internet y a Intranet, así como la entrada y salida de correos ya sean nacionales o internacionales, en ellos también se guarda información de

interés de los usuarios de la organización y las instalaciones de programas, las cuales son de uso general.

### Descripción de la estructura organizacional

La Termoeléctrica Cienfuegos está compuesta por la Dirección General, tres direcciones funcionales y cinco unidades empresariales de base presupuestadas, el organigrama correspondiente se muestra en la Figura 2.1. Esta estructura se puede clasificar como lineal funcional, en la misma se aprecian las relaciones de mando y control que se establecen. La plantilla general de la organización es de 471 trabajadores de los cuales 32 son militantes de la juventud (UJC) y 95 son militantes del partido (PCC).

Los jefes se subordinan al Director y las autoridades y responsabilidades de esas áreas se establecen en las respectivas descripciones organizativas.

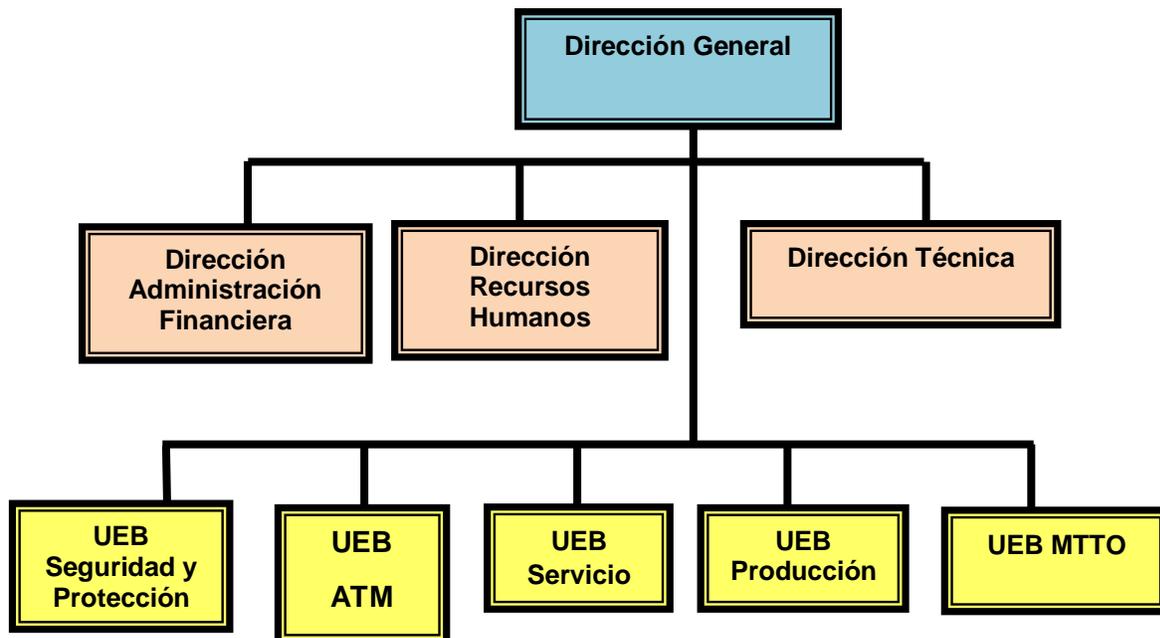


Figura 2.1: Organigrama de la Termoeléctrica de Cienfuegos. Fuente: Elaboración propia.

### Sistema de gestión de la calidad

Existe un sistema de gestión de la calidad que fue diseñado e implantado sobre la base de la NC-ISO 9000: 2005 y NC-ISO 9001:2008, certificado en 2008 y recertificado en 2012 por la Oficina Nacional de Normalización (ONN) con el alcance de la generación de energía eléctrica. Ver **Anexo 12**. El sistema está integrado, pues contiene la gestión ambiental,

gestión de seguridad y salud en el trabajo, gestión de la energía, gestión de las mediciones y gestión de capital humano a partir de las normas de referencia correspondientes.

La estructura del sistema de gestión está documentada sobre la base de los cuatro (4) procesos fundamentales enunciados por la NC-ISO 9001: 2008: *Dirigir Organización, Gestionar Recursos, Generar energía Eléctrica, y Medir, Analizar y Mejorar procesos.*

La documentación consiste en el manual de gestión, la política, los objetivos, los procedimientos obligatorios de la norma de referencia, las carpetas de los procesos, los procedimientos utilizados para los procesos y los registros que muestran las evidencias de la gestión. La medición de los procesos se efectúa mediante índices que forman parte de las carpetas de procesos.

Sus clientes son:

• **Clientes Internos:** Están definidos dentro del sistema de gestión en las correspondientes carpetas de procesos. Los mismos están identificados en 30 procesos que a continuación se nombran:

No.	Código y denominación de los procesos	Tipo de proceso
1	ETE-1 Dirigir Organización	Dirección
2	ETE-14 Establecer Comunicación Empresarial	Dirección
3	ETE-16 Controlar Portadores Energéticos	Dirección
4	ETE-21 Gestionar Recursos Financieros	Provisión de recursos
5	ETE-231 Comprar Productos	Provisión de recursos
6	ETE-241 Gestionar Innovaciones	Provisión de recursos
7	ETE-2422 Controlar Medios de Medición	Provisión de recursos
8	ETE-24231 Elaborar Planificación de Mantenimiento	Provisión de recursos
9	ETE-24232 Prestar Servicios de Maquinado	Provisión de recursos
10	ETE-24233-1 Realizar Servicios Eléctricos de Mantenimiento	Provisión de recursos
11	ETE-24233-2 Realizar Servicios Automáticos de Mantenimiento	Provisión de recursos
12	ETE-24233-3 Realizar Servicios Mecánicos de Mantenimiento	Provisión de recursos
13	ETE-24233-4 Realizar Servicios de Lubricación de Mantenimiento	Provisión de recursos
14	ETE-242341 Evaluar el Mantenimiento	Provisión de recursos

15	ETE-242342 Gestionar Diagnóstico Integral Basado en la Condición.	Provisión de recursos
16	ETE-243 Gestionar Proceso de Informática.	Provisión de recursos
17	ETE-25 Gestionar Información	Provisión de recursos
18	ETE-261 Gestionar Recursos Humanos	Provisión de recursos
19	ETE-2621 Regular Seguridad Informática	Provisión de recursos
20	ETE-2622 Gestionar Sistema Medioambiental	Provisión de recursos
21	ETE-2623 Regular Protección Contra Incendio	Provisión de recursos
22	ETE-2624 Regular Seguridad, Salud y Medio Ambiente de Trabajo	Provisión de recursos
23	ETE-2625 Regular Seguridad y Protección	Provisión de recursos
24	ETE-2626 Inspeccionar Producto y Procesos.	Provisión de recursos
25	ETE-263 Brindar Servicios	Provisión de recursos
26	ETE-27 Gestionar Inversiones	Provisión de recursos
27	ETE-332 Tratar Químicamente el Agua	Realización del producto
28	ETE-333 Operar Planta	Realización del producto
29	ETE-334 Medir y Monitorear Producto y Procesos De Generación	Realización del producto
30	ETE-4 Medir, Analizar y Mejorar Procesos	Medición, análisis y mejora

• **Cliente externo:** Unión Nacional Eléctrica. (UNE).

La satisfacción del cliente externo es notificada a la organización por medio de la certificación de los indicadores técnicos que la Dirección de Generación de la Unión Nacional Eléctrica envía mensualmente. La percepción del cliente se conoce diariamente por medio del intercambio telefónico y de correo electrónico.

Los procedimientos obligatorios de la norma de referencia son:

1. TC-GQ 0002: "Control de documentos".
2. TC-GQ 0012: "Control de no conformidades, acciones correctivas y preventivas".
3. TC-GQ 0014: "Control de los registros".
4. TC-GQ 0015: "Auditorías internas de calidad".

Otros procedimientos utilizados en el sistema de gestión se encuentran como referencias en las carpetas de los procesos correspondientes.

Las interacciones de los procesos se describen utilizando como herramienta para el mapeo IDEF 0 (modelado de procesos de gestión) del software AllFusion Process Modeler el cual permite la descomposición de diagramas de procesos padres en sus respectivos diagramas de procesos hijos (Computer Associates International, Inc., 2002), y estos a su vez pueden convertirse o no en padres de otros diagramas. Ver **Anexo 4**.

La conformación de los procesos se realiza teniendo en cuenta el ciclo Deming (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) en los diferentes procesos padres e hijos y ajustándose a los requisitos de la norma NC-ISO 9001:2008 como referencia.

Las interacciones de los procesos se dan de manera gráfica en el **Anexo 13** (hojas 1 y 2), y en forma descriptiva se encuentran en las carpetas de procesos donde se declaran los procesos clientes y suministradores de cada uno.

El diagrama de contexto ETE-0 (**Anexo 13**, hoja 1) “**Gestionar Termoeléctrica Cienfuegos**” contiene a cuatro subprocesos hijos que se muestran en el diagrama de descomposición **ETE-0** (**Anexo 13**, hoja 2) y que corresponden a: “**Dirigir Organización**”, “**Gestionar Recursos**”, “**Generar Energía Eléctrica**” y “**Medir, Analizar y Mejorar procesos**”.

**ETE-1 “Dirigir Organización”** corresponde a los procesos que funcionan de manera vertical y por lo tanto siempre involucran a la alta dirección y se corresponden con: ETE-11 “Establecer políticas”, ETE-12 “Desplegar objetivos”, ETE-13 “Gestionar plan de negocios”, ETE-14 “Establecer comunicación empresarial”, ETE-15 “Revisar cumplimientos”, ETE-16 “Controlar portadores energéticos”.

**ETE-2 “Gestionar Recursos”** corresponde a los procesos que funcionan de manera horizontal y están dados por: ETE-21 “Gestionar recursos financieros”, ETE-22 “Evaluar y seleccionar proveedores”, ETE-23 “Comprar productos y servicios”, ETE-24 “Mantener infraestructura”, ETE-25 “Gestionar información”, ETE-26 “Propiciar ambiente de trabajo” y ETE-27 “Gestionar inversiones”.

**ETE-3 “Generar Energía Eléctrica”** corresponde a procesos horizontales y están dados por: ETE-31 “Planificar y procesar producción y gastos”, ETE-32 “Gestionar combustible, lubricantes, agua y productos químicos” y ETE-33 “Explotar planta”, ETE-34 “Informar al Despacho Nacional de Carga (DNC)” y ETE-35 “Atender al cliente”.

**ETE-4 “Medir, Analizar y Mejorar procesos”** corresponde también a procesos horizontales y están dados por: ETE-41 “Planificar mejora”, ETE-42 “Implantar mejora”, ETE-43 “Evaluar resultados de mejora” y ETE-44 “Tomar acciones”.

Una mirada general de los procesos de la organización encuentra en el diagrama de árbol en el **Anexo 14**.

### **2.3 Presentación del procedimiento Medir, Analizar y Mejorar procesos**

El procedimiento se elaboró en un formato de proceso teniendo en cuenta el acápite 2.9 de NC-ISO 9000: 2005, los requisitos de NC-ISO 9001: 2008 y la herramienta IDEF 0 del software AllFusion Process Modeler para el modelaje del mismo. Además cumple con el requisito 7.3 Diseño y desarrollo de NC-ISO 9001: 2008.

Este procedimiento (proceso) se utilizó para implantar el sistema de gestión de la Termoeléctrica Cienfuegos, cumplimentando el servicio prestado a la organización para la consecución de su certificación, además de que anteriormente se utilizó con el mismo objetivo en la Central Diesel Eléctrica de Cayo Coco en Ciego de Ávila, según muestra el **Anexo 15**.

#### **Principios utilizados en su elaboración**

Para conducir y operar una organización en forma exitosa se requiere que ésta se dirija y controle en forma sistemática y transparente. Se puede lograr el éxito implementando y manteniendo un sistema de gestión que esté concebido para la mejora continua teniendo en cuenta las necesidades de todas las partes interesadas.

Es por ello que este proceso se elaboró con la observancia de los siguientes principios de gestión de NC-ISO 9000: 2005:

- a) *Enfoque al cliente*: El cliente de este proceso es la dirección de la organización, pero su objetivo es contribuir al logro de la satisfacción del cliente externo.
- b) *Liderazgo*: El proceso de mejora ayuda a crear y mantener un ambiente interno, a través de la dirección de la organización, que permite el involucramiento del personal en el logro de los objetivos.
- c) *Participación del personal*: La utilización de este proceso conlleva el involucramiento del personal a todos los niveles, empleando las habilidades del mismo para el beneficio de la organización.

d) *Enfoque basado en procesos*: Todas las actividades en el caso que nos ocupa se basan en un enfoque basado en procesos.

e) *Enfoque de sistema para la gestión*: El proceso de mejora utilizado tiene un enfoque sistémico ya que permite identificar y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema para el logro de los objetivos.

f) *Mejora continua*: El proceso considera la entrega de información sobre los resultados a la dirección y la retroalimentación con la idea de la satisfacción de las partes interesadas.

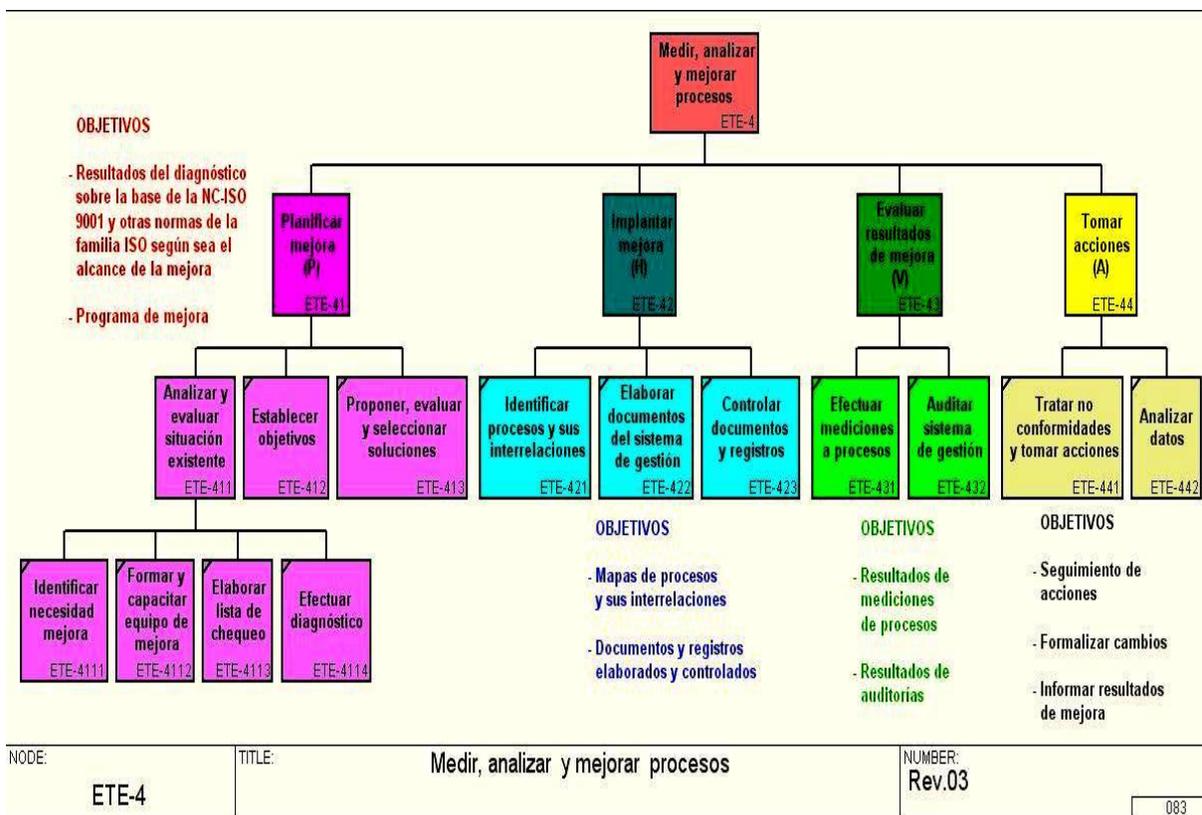
g) *Enfoque basado en hechos para la toma de decisión*: El proceso se basa en la obtención de evidencias objetivas para direccionar la mejora y la evaluación de su aplicación mediante la medición de los procesos, las auditorías y el análisis de los datos.

El proceso constituye un medio para alcanzar la mejora, está detallada la explicación de las etapas y actividades para su aplicación a partir del logro de un despliegue desde lo genérico hasta lo particular, teniendo en cuenta los requisitos de las normas de referencia. Por hecho de estar basado en normas internacionales, puede ser susceptible su aplicación a otras situaciones similares dentro y fuera de la organización.

Su aplicación es flexible debido a que pueden omitirse pasos durante la mejora en dependencia del proceso o sistema a analizar, sin perder el enfoque al resultado final, además de que las herramientas a utilizar dependen de cada situación en concreto. Además es riguroso pues se estructura según el ciclo PHVA, el control de documentos y registros facilita la trazabilidad de las acciones, la verificación comprende auditorías que se realizan por muestreo y por personal externo al proceso, y la medición se implementa de manera constante y por personal interno al proceso.

El proceso permite cumplir con los principios y atributos anteriores debido a que las etapas y actividades se articulan de una manera coherente para obtener el resultado esperado.

En la Figura 2.2 se muestra un diagrama de árbol el cual permite una mirada general del modelo descrito con ayuda de IDEF 0 que se compone de cuatro etapas que cumplen el ciclo PHVA, las actividades componentes de las etapas, así como los objetivos (salidas) de las mismas.



NODE: <b>ETE-4</b>	TITLE: <b>Medir, analizar y mejorar procesos</b>	NUMBER: <b>Rev.03</b>	083
-----------------------	---	--------------------------	-----

Figura 2.2 Diagrama de árbol del procedimiento de mejora. Hoja 83 de 83 del mapa de procesos de la organización. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2.1 se detallan las etapas, la concordancia con los requisitos de las normas de referencia, las actividades, y las herramientas a emplear en el caso concreto de esta investigación.

Tabla 2.1 Cuadro resumen del procedimiento de mejora según NC- ISO 9000: 2005, NC-ISO 9001: 2008 y las herramientas a aplicar. Fuente: Elaboración propia.

Etapas del Ciclo	Acápites de 2.9, NC-ISO 9000: 2005	Acápites de NC-ISO 9001: 2008	Actividades	Herramientas	
<b>ETE-41</b>  <b>Planificar mejora</b>  <b>(P)</b>	a) Análisis y evaluación de la situación existente para identificar áreas para la mejora	7.3.2	ETE-411 Analizar y evaluar situación existente	ETE-4111 Identificar necesidad de mejora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de documentos</li> <li>• Reunión de trabajo</li> </ul>
		6.2.2		ETE-4112 Formar y capacitar equipo de mejora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de documentos</li> <li>• Reunión de trabajo.</li> <li>• Método Delphi</li> </ul>
		Todos los requisitos		ETE-4113 Elaborar lista de chequeo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de documentos</li> <li>• Reunión de trabajo</li> </ul>
		8.2.2		ETE-4114 Efectuar diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de documentos</li> <li>• Reunión de trabajo</li> <li>• Entrevistas</li> </ul>
	b) Establecimiento de los objetivos	5.3, 5.4.1	ETE-412 Establecer objetivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de documentos</li> <li>• Reunión de trabajo</li> <li>• Gráfico de pastel</li> </ul>	
	c) Búsqueda de posibles soluciones para lograr los objetivos, d) evaluación de dichas soluciones y su selección.	7.3.4	ETE-413 Proponer, evaluar y seleccionar soluciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de documentos</li> <li>• Reunión de trabajo</li> <li>• Lluvia de ideas</li> <li>• Técnica 5 W y 1 H</li> </ul>	
<b>ETE-42</b>  <b>Implantar mejora</b>  <b>(H)</b>	e) Implementación de la solución seleccionada	4.1 a) y b), 7.3.1 a)	ETE-421 Identificar procesos y sus interrelaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de documentos</li> <li>• Reunión de trabajo</li> <li>• Mapeo de proceso (IDEF 0)</li> <li>• Lluvia de ideas</li> </ul>	
		4.1 c), d) y e), 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4, 5.3, 5.4.1, 7.3.1 a), 7.3.3, 8.2.2, 8.2.3, 8.3, 8.5.2, 8.5.3	ETE-422 Elaborar documentos del sistema de gestión de la calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de documentos</li> <li>• Reunión de trabajo</li> <li>• Base de datos del software SGestMan</li> <li>• Gráfico de Pareto</li> <li>• Gráfico de barras</li> <li>• Análisis de distribuciones</li> <li>• Establecimiento de índices (método Delphi)</li> </ul>	
		4.2.3, 4.2.4	ETE-423 Controlar documentos y registros	Procedimientos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• TC GQ-0002 Control de documentos</li> </ul>	

				<ul style="list-style-type: none"> <li>• TC GQ-0014 Control de registros</li> </ul>
		4.1 e), 7.3.1 b), 7.3.6, 8.1, 8.2.3 y 8.2.4	ETE-431 Efectuar mediciones a procesos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de documentos</li> <li>• Reunión de trabajo</li> <li>• Carpeta de proceso objeto de estudio</li> </ul>
<b>ETE-43</b> <b>Evaluar resultados de mejora</b> <b>(V)</b>	f) Medición, verificación, análisis y evaluación de los resultados de la implementación para determinar que se han alcanzado los objetivos	7.3.4, 7.3.5, 8.2.2, 8.2.3 y 8.2.4	ETE-432 Auditar sistema de gestión de la calidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de documentos</li> <li>• Reunión de trabajo</li> <li>• Entrevistas</li> <li>• Procedimiento TC GQ-0015 Auditoría interna de calidad.</li> </ul>
		8.3, 8.5.2, 8.5.3	ETE-441 Tratar no conformidades y tomar acciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de documentos</li> <li>• Reunión de trabajo</li> <li>• Procedimiento TC GQ-0012 Control de no conformidades, acciones, acciones correctivas y preventivas.</li> </ul>
<b>ETE-44</b> <b>Tomar acciones</b> <b>(A)</b>	f) Medición, verificación, análisis y evaluación de los resultados de la implementación para determinar que se han alcanzado los objetivos	7.4, 8.2.1, 8.2.3, 8.2.4, 8.4	ETE-442 Analizar datos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de documentos</li> <li>• Reunión de trabajo</li> <li>• Carpeta de proceso objeto de estudio</li> </ul>
		g) Formalización de los cambios	7.3.7, 4.2.3 y 4.2.4	Formalizar cambios (constituye una salida)

### 2.3.1 Explicación detallada del procedimiento de mejora

El contenido del procedimiento se explica a continuación (Ver **Anexo 13**, hoja 2):

Los nombres de las cajas se escriben entre comillas y los de las flechas (entradas, salidas, controles y mecanismos) en cursiva para facilitar el entendimiento de las figuras correspondientes.

ETE-4 "Medir, Analizar y Mejorar procesos": tiene como entrada la *Información que se obtiene de la organización*; como salidas el *Programa de mejora* y la *Información de los resultados de la mejora*; como controles las *Regulaciones del organismo superior*, las *Políticas y objetivos* de la organización y los *Documentos legales y regulatorios* aplicables; los mecanismos se corresponden con el trabajo del *Personal calificado*. El diagrama de contexto representa el mayor nivel de actividad en el modelo y la frontera del proceso con respecto al propósito, alcance y punto de vista.

El Diagrama de contexto "Medir, Analizar y Mejorar procesos" se divide en cuatro (4) procesos hijos según muestra la Figura 2.3. Seguidamente se explican las cuatro (4) cajas correspondientes.

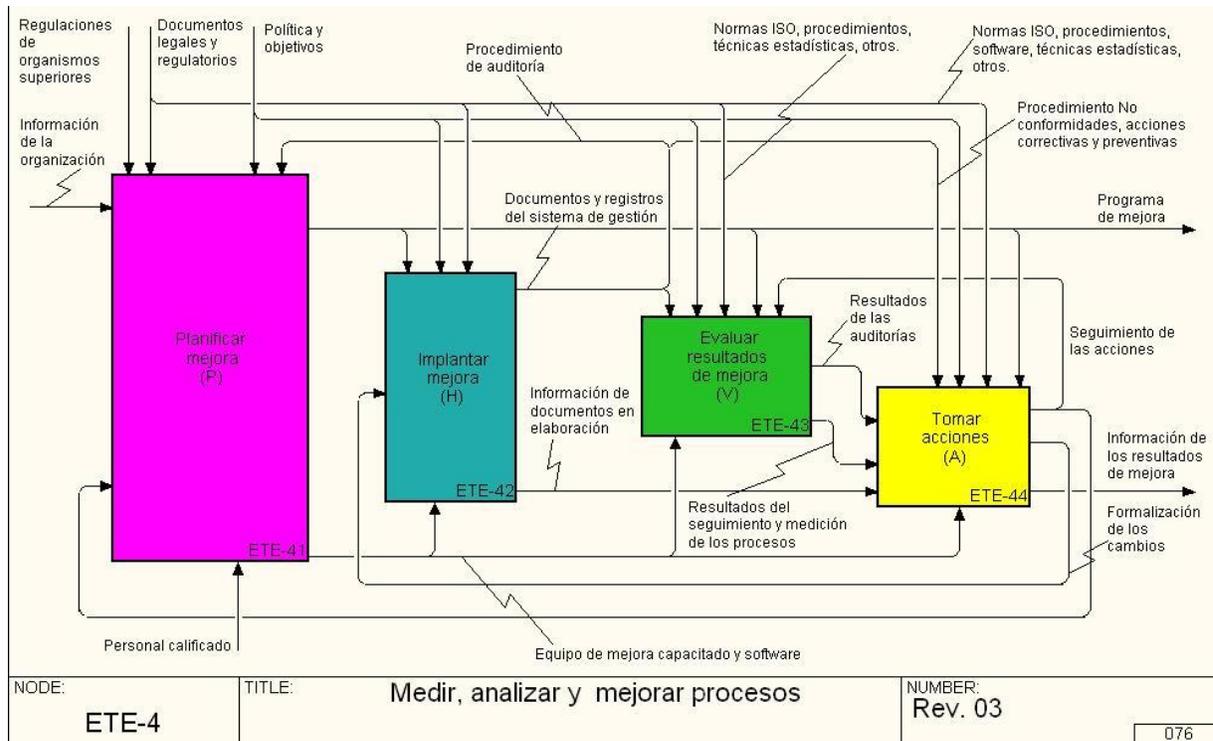


Figura 2.3 Diagrama de contexto "Medir, Analizar y Mejorar procesos". Hoja 76 de 83 del mapa de procesos de la organización. Fuente: Elaboración propia.

### ETE-41 "Planificar mejora" (P), ver Figura 2.3:

Constituye la etapa de Planificar del ciclo PHVA. Obtiene como entradas *Información de la organización* y *seguimiento de las acciones*, siendo esta última una retroalimentación desde ETE-44 "Tomar acciones"; como controles *Regulaciones del Organismo Superior*, *Documentos legales y regulatorios*, *Política y objetivos* y *Procedimiento de Auditoría*; como salidas el *Programa de Mejora* y el *Equipo de mejora capacitado y software*; como mecanismo consta de *Personal calificado*.

Este proceso se desdobra en tres (3) procesos hijos que a continuación se explican y se muestran en la Figura 2.4.

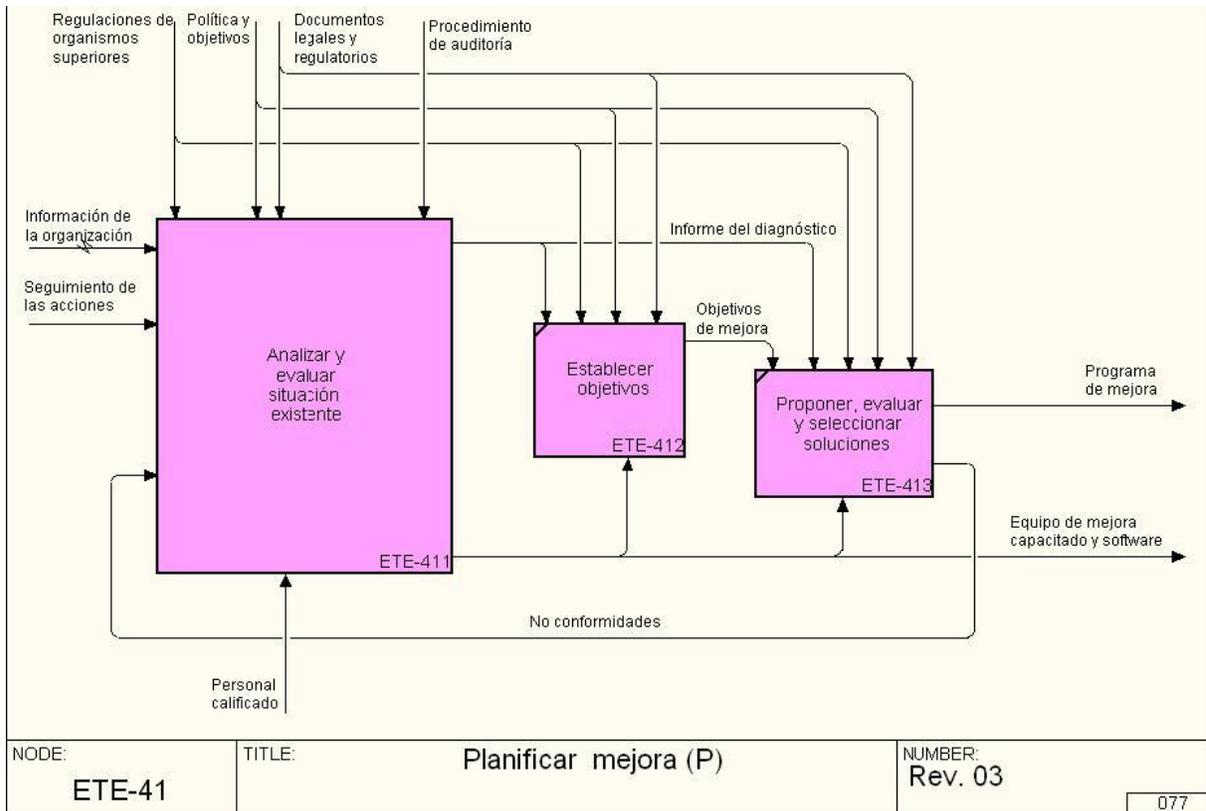


Figura 2.4 Diagrama de contexto "Planificar mejora" (P). Hoja 77 de 83 del mapa de procesos de la organización. Fuente: Elaboración propia.

ETE-411 "Analizar y evaluar situación existente", ver Figura 2.4:

Obtiene como controles *Regulaciones de organismos superiores, Política y objetivos, Procedimiento de auditoría y documentos legales y regulatorios*; como entradas *Información de la organización*, lo cual da cumplimiento a 7.3.2 Elementos de entrada al diseño y desarrollo, NC-ISO 9001: 2008 y *Seguimiento de las acciones y no conformidades* y tiene como salidas el *Informe del diagnóstico* y el *Equipo de mejora capacitado*, contando como mecanismo *Personal calificado*. Esta caja y sus procesos hijos constituyen parte de la planificación del proceso en el ciclo PHVA. A continuación se describen las cuatro (4) cajas correspondientes a sus procesos hijos según Figura 2.5.

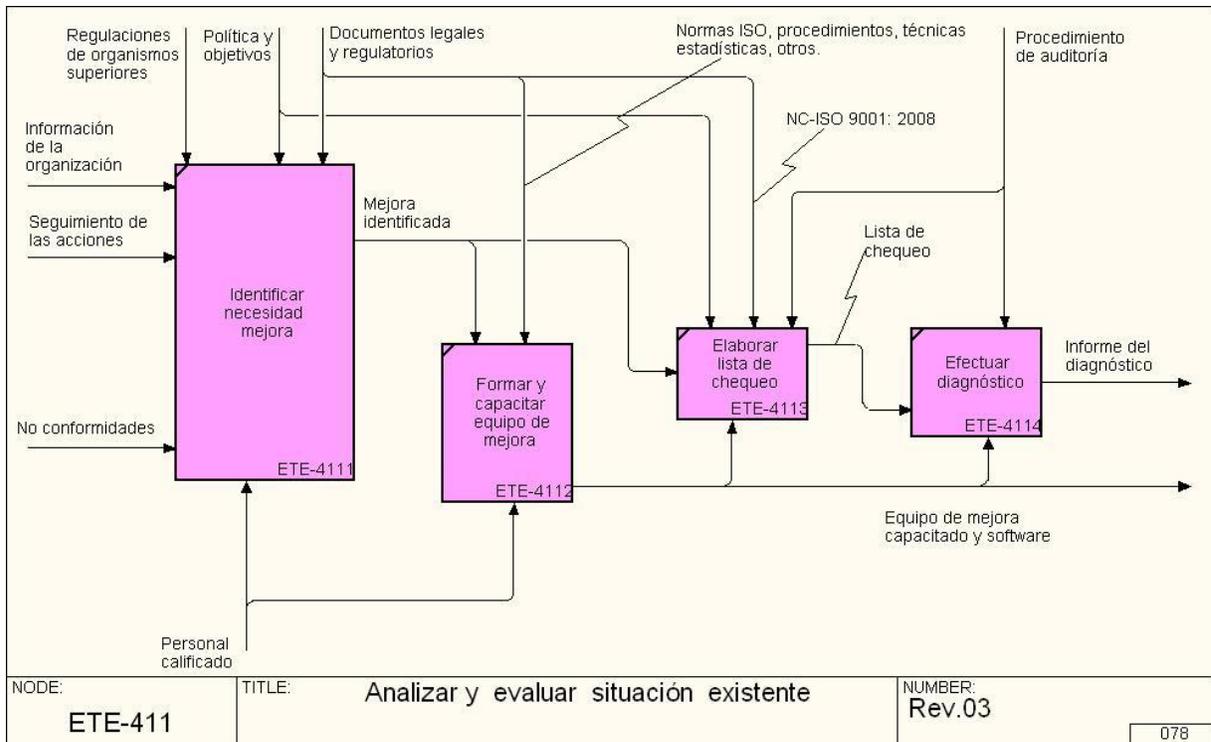


Figura 2.5 Diagrama de contexto "Analizar y evaluar situación existente". Hoja 78 de 82 del mapa de procesos de la organización. Fuente: Elaboración propia.

ETE-4111 "Identificar necesidad de mejora", ver Figura 2.5:

A partir de las entradas de *Información de la organización*, las retroalimentaciones *No conformidades* provenientes del proceso "Proponer, evaluar y seleccionar soluciones" y *Seguimiento de acciones* proveniente del proceso "Tomar acciones"; como controles *Regulaciones de organismos superiores*, *Política y objetivos*, y *Documentos legales y regulatorios*; y como mecanismo *Personal calificado* se obtiene a la salida *Mejora identificada* lo que cumple con 2.9 a), NC-ISO 9000: 2005.

ETE.4112 "Formar y capacitar equipo de mejora", ver Figura 2.5:

Teniendo en cuenta la *Mejora identificada* y *técnicas estadísticas* se obtiene a la salida el *Equipo de mejora capacitado y software* contando con el mecanismo *Personal calificado* lo que permite cumplir con 2.9 a), NC-ISO 9000: 2005, y constituye el mecanismo de todas las cajas subsiguientes. La capacitación se orienta en dependencia del tipo de mejora

ETE-4113 "Elaborar lista de chequeo", ver Figura 2.5:

Contando como controles con la *Política y los objetivos* de la organización, el *Procedimiento de auditoría y NC-ISO 9001: 2008* y con la entrada de la *Mejora identificada* se obtiene la *Lista de chequeo* que cumple con 2.9 a), NC-ISO 9000: 2005 y todos los requisitos de NC-ISO 9001: 2008.

La lista de chequeo puede hacer énfasis en aspectos de interés de los requisitos de las normas, así como no tener en cuenta requisitos no aplicables. Para el caso de esta investigación ver **Anexo 16**.

ETE-4114 "Efectuar diagnóstico", ver Figura 2.5:

Con el control de *Procedimiento de auditoría* y como entrada la *Lista de chequeo* se ejecuta el diagnóstico obteniéndose como salida el *Informe del diagnóstico* lo que cumple con 2.9 a), NC-ISO 9000: 2005 y todos los requisitos de NC-ISO 9001: 2008. El informe del diagnóstico se elabora a partir de los hallazgos de la auditoría y se envía a la dirección para la toma de decisiones.

ETE-412 "Establecer objetivos", ver Figura 2.4:

Se basa en la aplicación de 2.9 b), NC-ISO 9000: 2005 y 5.3, 5.4.1 NC-ISO 9001: 2008, teniendo como controles *Regulaciones de organismos superiores, Política y objetivos, Documentos legales y regulatorios* y el *Informe del diagnóstico* y tiene como salida los *Objetivos de mejora*.

ETE-413 "Proponer, evaluar y seleccionar soluciones", ver Figura 2.4:

Se basa en los acápites 2.9 c) y d), NC-ISO 9000: 2005 teniendo en cuenta los *Objetivos de mejora, Informe de diagnóstico, Regulaciones de organismos superiores, Política y objetivos, Documentos legales y regulatorios* y obtiene a la salida el *Programa de mejora* y no *conformidades* que entrarían estas últimas en ETE-411 anterior dado el caso. Esta caja permite cumplir con 7.3.4 Revisión del diseño y desarrollo, NC-ISO 9001: 2008.

**ETE-42 "Implantar mejora" (H), ver Figura 2.3:**

Tiene en cuenta el *Programa de mejora, Política y objetivos, Documentos legales y regulatorios* para obtener a la salida los *Documentos y registros del SGC e Información de documentos en elaboración*. La *Información de los documentos entra a "Analizar datos"* para

establecer los índices de evaluación de las carpetas de procesos u otros análisis. La *Formalización de los cambios* es una retroalimentación de entrada que permite, luego de "Tomar acciones", obtener nuevos *Documentos y registros del sistema de gestión* mejorados y controlados. Esta caja al desdoblarse en sus procesos hijos contiene las etapas del diseño según 7.3.1 a), NC ISO 9001:2008. A continuación se describen las tres (3) cajas correspondientes según Figura 2.6.

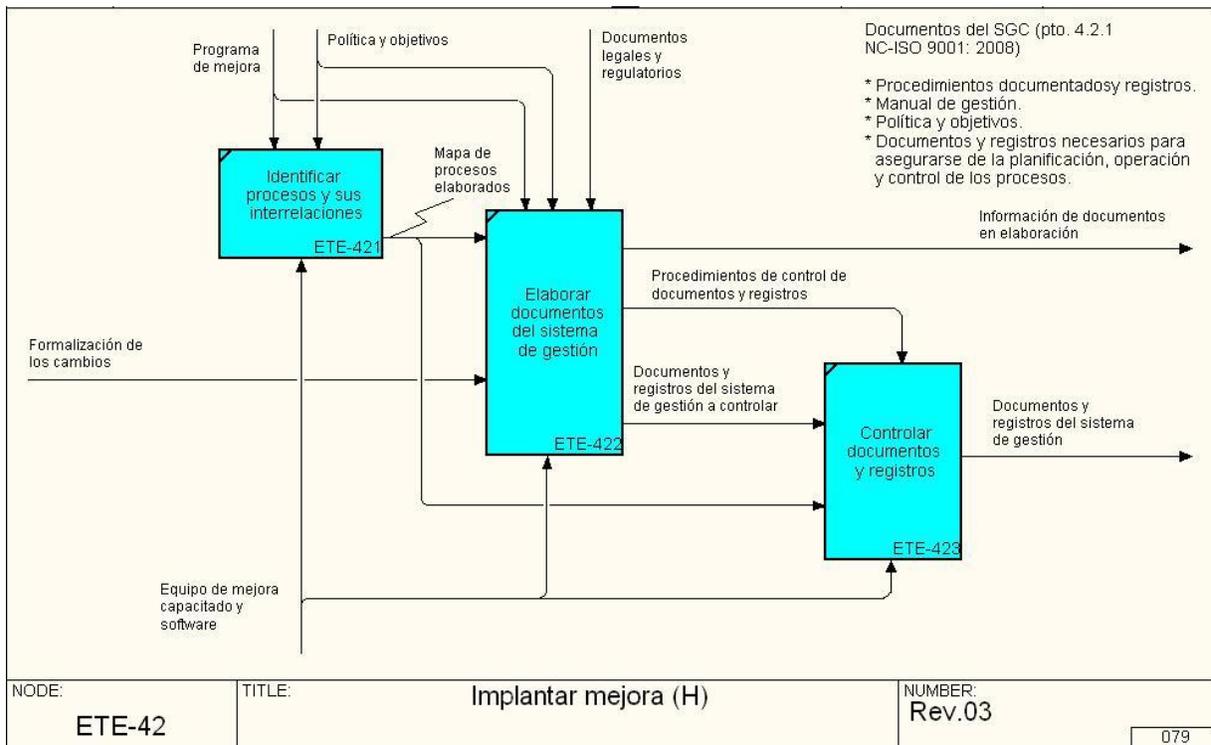


Figura 2.6 Diagrama de contexto "Implantar mejora" (H). Hoja 79 de 83 del mapa de procesos de la organización. Fuente: Elaboración propia.

ETE-421 "Identificar procesos y sus interrelaciones", ver Figura 2.6:

Contando como controles con el *Programa de mejora* y *Política y objetivos* se obtienen a la salida los *Mapas de procesos elaborados*, lo que cumple con 2.9 e), NC-ISO 9000: 2005 y 4.1 a) y b), NC-ISO 9001: 2008.

ETE-422 "Elaborar documentos del sistema de gestión", ver Figura 2.6:

Con los *Mapas de procesos elaborados* y la retroalimentación *Formalización de los cambios* proveniente de "Analizar datos" como entradas, ello permite obtener a la salida los *Documentos y registros del sistema de gestión a controlar*, *Procedimientos de control de documentos y registros* e *Información de documentos en elaboración* teniendo en cuenta

también como controles el *Programa de mejora*, los *Documentos legales y regulatorios*, y *Política y objetivos*. En esta caja se cumple con 2.9 e), NC-ISO 9000: 2005; 4.2.1 c), d) y e), 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4, 5.3, 5.4.1, 7.3.1 a), 7.3.3, 8.2.2, 8.2.3, 8.2.4, 8.3, 8.5.2 y 8.5.3, NC-ISO 9001: 2008.

Los documentos y registros del sistema de gestión de la calidad (SGC) según 4.2.1, NC-ISO 9001: 2008 son:

- Procedimientos documentados y registros.
- Manual de gestión.
- Política y objetivos.
- Documentos y registros para asegurarse de la planificación, operación y control de los procesos.

La jerarquía de los documentos del sistema de gestión de la calidad es como se muestra en la Figura 2.7.

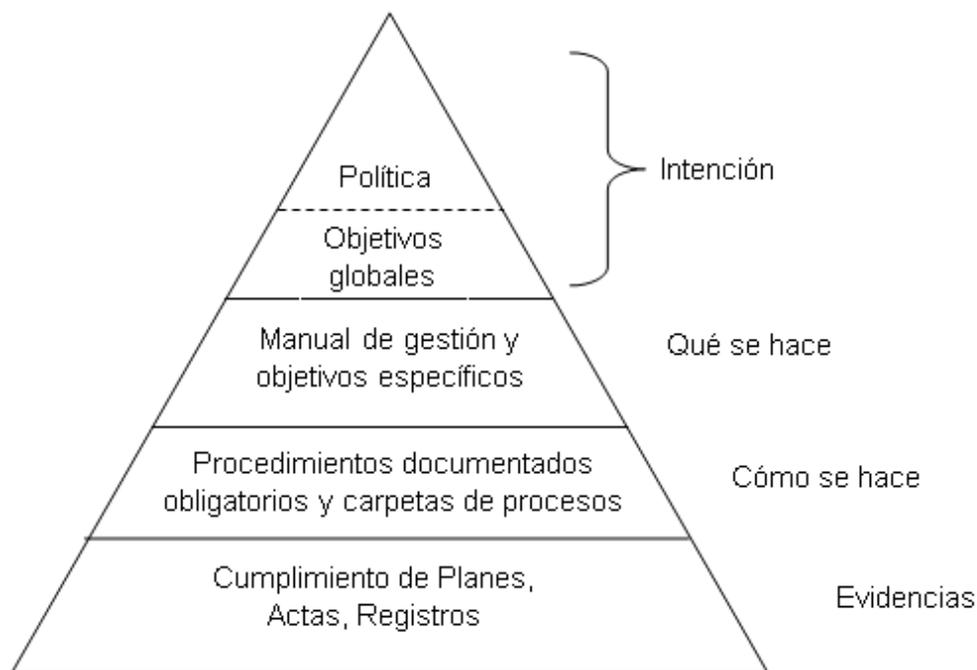


Figura 2.7 Jerarquía de los documentos del sistema de gestión de la calidad. Fuente: Elaboración propia.

Las normas referencia permiten la armonía de la planeación estratégica y la gestión de la calidad con un enfoque basado en los procesos de la organización.

Los diferentes estratos de la pirámide anterior pueden interactuar armónicamente formando parte del sistema de gestión de la organización.

Como se muestra, el documento de mayor jerarquía es la política, la cual debe proporcionar un marco para el establecimiento de los objetivos globales (5.3 NC-ISO: 9001: 2008) y estos a su vez deben ser coherentes con la política (5.4.1 NC-ISO: 9001: 2008), mostrando ambos la intención de la organización.

El manual de gestión y los objetivos específicos describen qué se hace para poder llevar a cabo la intención.

Por otra parte los objetivos específicos deben partir de los objetivos globales y deben tener procesos que los soporten de manera que se puedan cumplir. Los objetivos específicos están constituidos por los indicadores de evaluación de las carpetas de procesos.

Es necesario hacer notar que los objetivos globales siempre se desdoblan en objetivos específicos, pero no todos los objetivos específicos provienen de los objetivos globales. El hecho de que no exista una relación biunívoca entre ellos se debe a que existen objetivos específicos formando parte de los procesos que no son relevantes en ese momento, pero de no cumplirse la organización no funcionaría.

Otros documentos de este estrato son los procedimientos documentados obligatorios que junto a las carpetas de procesos reflejan cómo se hace.

Y para demostrar que todo lo anterior se cumple existen cumplimientos de planes, actas y registros que muestran las evidencias de ello.

Entre los documentos necesarios para asegurarse del control de los procesos se encuentra la carpeta de proceso, (**Anexo 17**, hojas 1, 2 y 3) que a continuación se describe.

La carpeta de proceso es un documento que consta de:

- Código: Código que otorga la organización (4.2.3 Control de documentos, NC-ISO 9001: 2008).
- Revisión: Se corresponde con la última revisión del proceso según lista de control de documentos y registros (4.2.3 Control de documentos, NC-ISO 9001: 2008).
- Página y cantidad de ellas.
- Denominación del proceso: Se corresponde con la redacción que existe dentro de la caja correspondiente.

- Preparado, acordado y aprobado: Nombre, cargo y firma de quien ejecuta estas acciones (5.5.1 responsabilidad y autoridad, NC-ISO 9001: 2008).
- Objetivo del proceso: Describe la razón de ser del proceso para poder cumplir los objetivos específicos (5.4.1 objetivos de la calidad, NC-ISO 9001: 2008)
- Responsable del proceso: Enuncia el cargo de la estructura organizacional responsable del mismo (5.5.1 responsabilidad y autoridad, NC-ISO 9001: 2008).
- Descripción del proceso: Breve descripción de lo que hace el proceso teniendo en cuenta el ciclo Deming (NC-ISO 9000: 2005).
- Procesos clientes y suministradores: Procesos de donde recibe o donde entrega algo el proceso en cuestión (4.1 b) Interacción de los procesos, NC-ISO 9001: 2008).
- Criterios de evaluación: Define cuándo el proceso se evalúa trimestral y anualmente de forma cualitativa de: mal, regular, bien, muy bien y excelente (8.2.3 seguimiento y medición de los procesos y 8.3 control de productos no conformes, NC-ISO 9001: 2008).
- Registros: Modelos anexos a la carpeta de procesos que al llenarse evidencian cumplimiento de tareas efectuadas (4.2.4 control de registros, NC-ISO 9001: 2008).
- Diagrama del proceso: Indica el código y el número de página donde encontrar el proceso en el mapa general de la organización, según IDEF 0.
- Índices de evaluación: Permiten establecer la evaluación cuantitativa del proceso a partir valor del rango de la calificación alcanzado (4.1 c) Control de los procesos y 8.2.3 Seguimiento y medición de los procesos, NC-ISO 9001: 2008).
- Nombre, cargo, fecha y firma de quien evalúa el proceso (5.5.1 responsabilidad y autoridad, NC-ISO 9001: 2008).
- Nombre, cargo, fecha y firma de quien aprueba la evaluación (5.5.1 responsabilidad y autoridad, NC-ISO 9001: 2008).
- Documentos de referencia: Procedimientos y otros documentos que sirvan de referencia para el desarrollo de los procesos (4.1 d) disponibilidad de recursos e información para apoyar el seguimiento de los procesos y 4.2.3 control de documentos, NC-ISO 9001: 2008).

El mayor énfasis se efectúa en la definición, por los responsables de los procesos, de los índices de evaluación de los mismos para el logro de una medición abarcadora y de bajo costo en tiempo y recursos.

Este acápite permite dar cumplimiento al uso de métodos estadísticos (8.1, NC-ISO 9001: 2008) al demostrar la conformidad de procesos y producto, así como brindar información sobre la variación la cual está intrínseca en la medición de los índices de evaluación.

ETE-423 "Controlar documentos y registros", Ver Figura 2.6:

El control de documentos y registros se realiza según los *Procedimientos de control de documentos y registros* que son procedimientos documentados obligatorios de NC-ISO 9001: 2008, siendo las entradas los *Documentos y registros del sistema de gestión a controlar* y *Mapas de procesos elaborados*, y la salida *Documentos y registros del sistema de gestión*. Esta caja permite cumplir con 2.9 e), NC-ISO 9000: 2005 y 4.2.3, 4.2.4 y 7.3.1 a), NC-ISO 9001: 2008.

**ETE-43 "Evaluar resultados de mejora" (V), ver Figura 2.3:**

Tiene como controles *Política y objetivos, Programa de mejora, retroalimentación de Seguimiento de las acciones* provenientes de ETE-441 "Tratar no conformidades y tomar acciones", *Documentos y registros del sistema de gestión y Técnicas estadísticas, normas ISO, procedimientos, otros* para obtener a la salida *Resultados de auditorías y Resultados del seguimiento y medición de los procesos*, salida esta última que permite cumplir con 7.3.7 Control de cambios del diseño y desarrollo, NC-ISO 9001: 2008. A continuación se describen las dos (2) cajas hijos correspondientes.

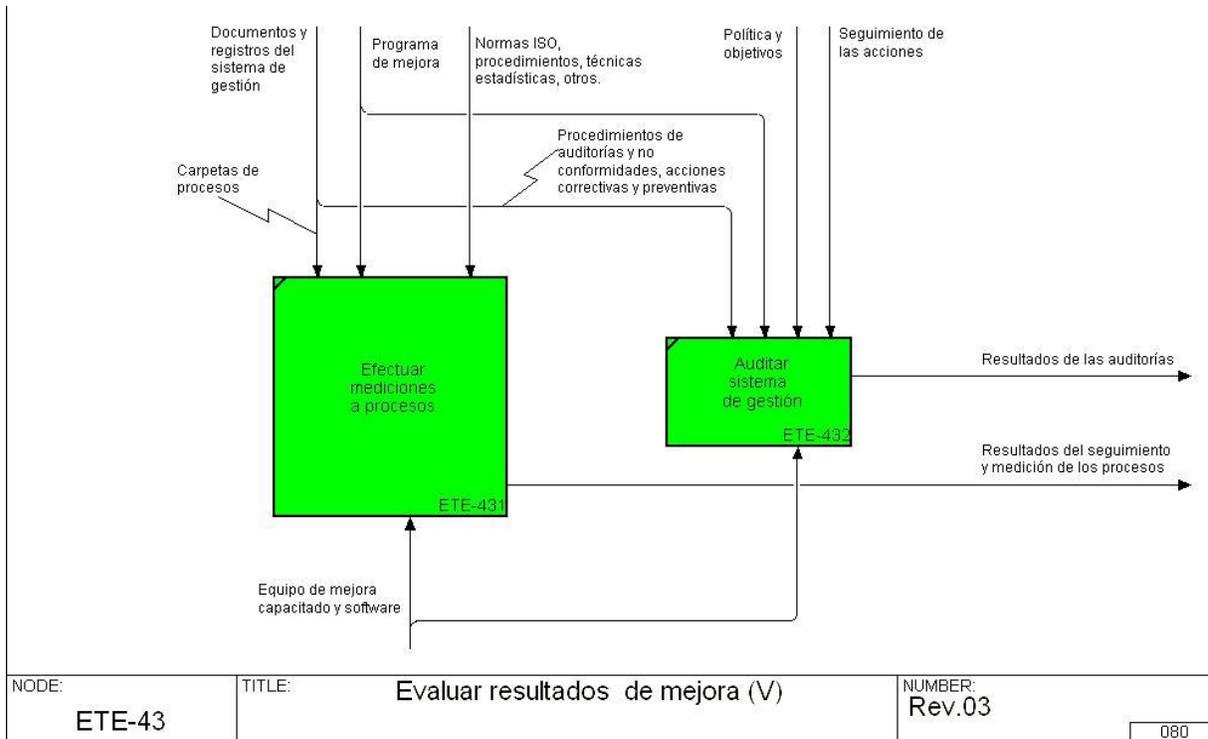


Figura 2.7 Diagrama de contexto "Evaluar resultados de mejora" (V). Hoja 80 de 83 del mapa de procesos de la organización. Fuente: Elaboración propia.

ETE-431 "Efectuar mediciones a procesos" (ver Figura 2.7):

Las mediciones se realizan teniendo como controles las *Carpetas de procesos*, *Programa de mejora*, *Técnicas estadísticas*, *normas ISO*, *procedimientos* y *otros* obteniéndose a la salida los *Resultados del seguimiento y medición de los procesos*, lo que se corresponde con 2.9 f), NC-ISO 9000: 2005 y 4.1, e), 8.1, 8.2.3, y 8.2.4 NC-ISO 9001: 2008. Esta caja permite cumplir con 7.3.1 b) revisión, verificación y validación del diseño para cada etapa y 7.3.5 validación del diseño y desarrollo, NC-ISO 9001: 2008, la cual responde a la pregunta ¿funciona?

ETE-432 "Auditar sistema de gestión", ver Figura 2.7:

Las auditorías al sistema de gestión de la calidad se realizan teniendo en cuenta los *Procedimientos de auditorías y no conformidades*, *acciones correctivas y preventivas*, *Política y objetivos*, *Programa de mejora*, *el Seguimiento de acciones* y *Técnicas estadísticas*, *normas ISO*, *procedimientos*, *otros* teniendo como salida *Resultados de auditorías*, lo que se corresponde con 2.9 f), NC-ISO 9000: 2005 y 8.2.2, 8.2.3 y 8.2.4 NC-ISO 9001: 2008. Esta caja permite cumplir con 7.3.4 revisión del diseño y desarrollo y 7.3.5

verificación del diseño y desarrollo, NC-ISO 9001: 2008. La revisión y verificación del diseño responden a ¿cuál es la solución? y ¿cómo está implementada la solución? respectivamente.

**ETE-44 "Tomar acciones" (A), ver Figura 2.3:**

Obtiene como entradas *Información de documentos en elaboración, Resultados del seguimiento y medición de los procesos y Resultados de las auditorías*; como controles tiene *Normas ISO, Técnicas estadísticas, procedimientos, otros, Procedimiento de no conformidades, acciones correctivas y preventivas, Política y objetivos, Programa de mejora*; como salidas, *el Seguimiento de acciones, Formalización de los cambios, e Información de los resultados de mejora*. Esta caja se desdobra en dos (2) procesos hijos que a continuación se explican y se muestran en la Figura 2.8.

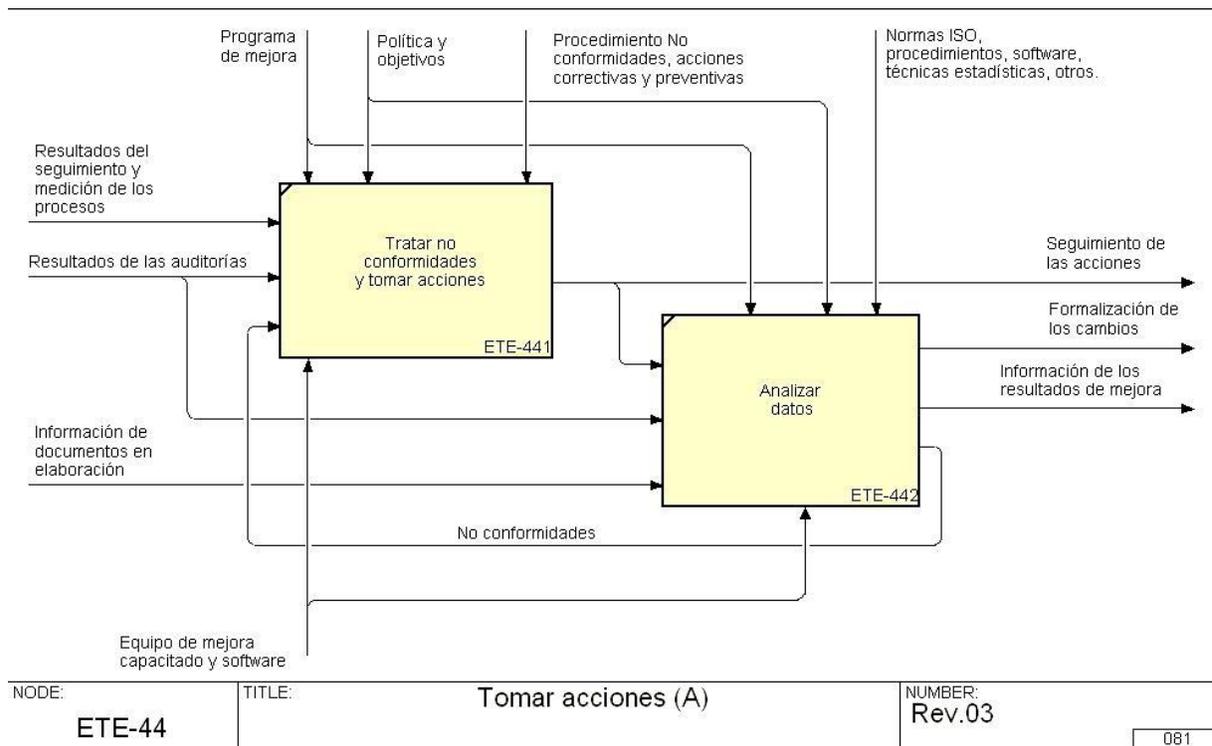


Figura 2.8 Diagrama de contexto "Tomar acciones" (H). Hoja 81 de 83 del mapa de procesos de la organización. Fuente: Elaboración propia.

**ETE-441 "Tratar no conformidades y tomar acciones", ver Figura 2.8:**

Teniendo en cuenta como controles el *Procedimiento de no conformidades, acciones correctivas y preventivas, Política y objetivos y Programa de mejora*; como entradas

*Resultados de las auditorías, No conformidades* provenientes de "Analizar datos" y *Resultados del seguimiento y medición de los procesos* provenientes de "Efectuar mediciones a procesos" se obtiene a la salida el *Seguimiento de acciones*, lo que permite cumplir con 2.9 f), NC-ISO 9000: 2005 y 8.3, 8.5.2 y 8.5.3 NC-ISO 9001: 2008.

ETE-442 "Analizar datos", ver Figura 2.8:

Teniendo como controles *Programa de mejora, Política y objetivos y Técnicas estadísticas, normas ISO, procedimientos, otros* y entradas *Resultados de las auditorías, el Seguimiento de acciones* provenientes de "Tratar no conformidades y tomar acciones" y la *Información de documentos en elaboración*, se obtienen como salidas *Información de los resultados de mejora* que resulta una entrada a "Dirigir organización" cumpliendo con 5.6, NC-ISO 9001: 2008 y *Formalización de cambios*. Esta caja permite cumplir con 2.9 g), NC-ISO 9000: 2005 y 7.4, 8.2.1, 8.2.3, 8.2.4 y 8.4 NC-ISO 9001: 2008, y a su vez cumple con 7.3.6 Validación del diseño y desarrollo, NC-ISO 9001: 2008.

Por su parte la salida *Formalización de cambios* se corresponde con 2.9 g), NC-ISO 9000: 2005 y 4.2.3 y 4.2.4 NC-ISO 9001: 2008 y a su vez permite cumplir con 7.3.7 Control de los cambios del diseño y desarrollo, NC-ISO 9001: 2008.

#### **2.4 Conclusiones parciales del capítulo.**

1. El procedimiento explicado se basa en el ciclo PHVA, las normas NC-ISO 9000: 2005 y NC-ISO 9001: 2008 y la herramienta IDEF 0 del software AllFusion Poces Modeler y permite poseer un método para que los procesos en la organización sean constantemente medidos, evaluados y mejorados.
2. Este procedimiento es aplicable a cualquier mejora de procesos en la organización, tanto por su alcance como por su tipo: desde el establecimiento de un sistema de gestión o la mejora de un proceso específico, por lo que las herramientas a utilizar se adecuan a las condiciones de cada caso de mejora.

# CAPÍTULO III

## CAPÍTULO III. “APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO”.

### 3.1. Introducción.

El capítulo tiene como objetivo la aplicación del procedimiento de Medir, Analizar y Mejorar procesos expuesto en el capítulo anterior, haciendo uso de herramientas de la gestión por procesos antes mencionadas. El mismo fue aplicado al proceso de Gestionar Diagnóstico Integral perteneciente al proceso de Gestionar Recursos (proceso de apoyo) en la Termoeléctrica Cienfuegos con el objetivo de su mejora.

### 3.2 Aplicación del procedimiento

La aplicación del procedimiento se realizó teniendo en cuenta el desglose del diagrama de contexto ETE-4 “Medir, Analizar y Mejorar procesos”, explicado de manera detallada en el acápite 2.3.1 anterior, y que se puede ver en el **Anexo 13**, hoja 2 de 2.

#### **ETE-41 “Planificar mejora” (P), ver Figura 2.3:**

Esta caja es una de las cuatro en que se desdobra el diagrama de contexto ETE-4 “Medir, Analizar y Mejorar procesos” y a su vez da lugar a tres (3) procesos según muestra la Figura 2.4.

ETE-411 “Analizar y evaluar situación existente”, ver Figura 2.4:

Este proceso se desdobra en cuatro (4) procesos hijos que a continuación se explica su aplicación al proceso objeto de estudio, teniendo en cuenta la Figura 2.5.

ETE-4111 “Identificar necesidad de mejora”, ver Figura 2.5:

La Termoeléctrica Cienfuegos cuenta con un sistema de gestión de la calidad basado en la NC-ISO 9001: 2008 que posee certificación y recertificación por la Oficina Nacional de Normalización (ONN) en los años 2008 y 2012 respectivamente.

La implementación de un sistema de diagnóstico integral para el mantenimiento basado en la condición (MBC) es una acción con la que se logran mejoras significativas en la actividad de mantenimiento de la organización.

El mantenimiento predictivo basado en la condición es un proceso que utiliza como herramienta fundamental el desarrollo y aplicación de las técnicas de diagnóstico las cuales, a partir de los parámetros de condición de los equipos, posibilitan prevenir y disminuir las

fallas, lográndose mejorar la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de las unidades generadoras como índices de clase mundial.

Entre los procesos de apoyo identificados según el sistema de gestión de la organización se encontraba el de Gestionar Diagnóstico Integral, el cual formaba parte del proceso Inspeccionar Mantenimiento cuyo objetivo es evaluar la conformidad de los equipos. El proceso objeto de estudio tiene como objetivo brindar la información necesaria, como resultado del diagnóstico basado en la condición del equipamiento, a los procesos de planificación, ejecución e inspección del mantenimiento y a explotación para prevenir averías, y así contribuir con índices internacionalmente establecidos para el mantenimiento como son la mantenibilidad y disponibilidad que se calculan a partir del tiempo medio entre averías (TMEA) y el tiempo medio para la reparación (TMPR). Lo anterior no es coherente con los resultados del proceso Inspeccionar Mantenimiento.

El proceso objeto de estudio estaba incluido en un proyecto de implantación del mantenimiento basado en la condición por el organismo superior, la Unión Nacional Eléctrica (UNE). El mismo formaba parte de la estructura organizacional, poseía aseguramiento de los medios técnicos, y se llevaban a cabo acciones de formación y capacitación del personal. Sin embargo, el control del proceso se efectuaba teniendo en cuenta solamente el cumplimiento del plan de monitoreo y el cumplimiento del plan de entrega de información del resultado del monitoreo de los equipos como índices de formación de bases de datos. Como inconveniente no existía control de la influencia particular de este en el comportamiento de las averías por la no existencia de índices para su medición.

Debido a esto surgió la necesidad de demostrar la contribución del proceso objeto de estudio a la generación de energía, y su influencia en la disminución de averías, lo cual permite aumentar la estabilidad de generación de las unidades que redundan en una mejor operación del Sistema Electroenergético Nacional (SEN), debido al protagonismo que tienen las unidades de Cienfuegos, pues son las que llevan la frecuencia del Sistema y son las más eficientes.

Lo anterior fue identificado por la dirección de la organización a través del Consejo de Dirección.

ETE-4112 "Formar y capacitar equipo de mejora", ver Figura 2.5:

El equipo de mejora se conformó con trabajadores conocedores del tema de la investigación como directivos, especialistas y técnicos involucrados en el mismo, de forma tal que

pudieran aportar información precisa. Estos participaron en todas las etapas de la investigación y propusieron las decisiones convenientes mediante sesiones de trabajo.

Para el análisis del proceso objeto de estudio se tuvo en cuenta un grupo de criterios para la selección de los integrantes del equipo de mejora:

- Conocimiento del tema a tratar.
- Capacidad para trabajar en equipo y espíritu de colaboración.
- Años de experiencias en el cargo.
- Vinculación a la actividad lo más directamente posible.

Teniendo en cuenta los criterios de selección anteriores se revisaron los perfiles de competencia, las acciones de capacitación, y la evaluación del desempeño de los integrantes del equipo de mejora en sesiones de trabajo con la Dirección de Recursos Humanos.

Se obtuvo como resultado que el personal seleccionado para la conformación del equipo de mejora cumplió con los requisitos necesarios para el desarrollo de la investigación.

ETE-4113 "Elaborar lista de chequeo", ver Figura 2.5:

La lista de chequeo que se empleó para la realización del diagnóstico en el proceso objeto de estudio coincide con los requisitos de la norma NC-ISO 9001: 2008, ver **Anexo 16**.

Para el caso de la presente investigación, no todos los requisitos procedían para su aplicación, lo cual fue acordado por el equipo de mejora.

ETE-4114 "Efectuar diagnóstico", ver Figura 2.5:

El diagnóstico se ejecutó, por parte del equipo de mejora, para verificar el estado de cumplimiento de la lista de chequeo en el proceso objeto de estudio, a través de entrevistas, revisión de los documentos del sistema de gestión relacionados con dicho proceso y reuniones de trabajo.

El diagnóstico se realizó tomando como documentos de referencia:

- La norma NC-ISO 9001: 2008 la cual contiene los requisitos a cumplir por un sistema de gestión de la calidad y los documentos que dan respuesta a dichos requisitos.
- Procedimiento TC-GQ 0015 de Auditoría Interna de Calidad.

Una vez terminado el diagnóstico del proceso objeto de estudio, se confeccionó un informe y se entregó a la dirección de la organización, para ser analizado en el Consejo de Dirección.

ETE-412 "Establecer objetivos", ver Figura 2.4:

El resultado del estado de cumplimiento de los requisitos de la norma NC-ISO 9001: 2008, después de efectuarse la auditoría de diagnóstico al proceso objeto de estudio, fue el siguiente: cumplidos 39,58%, no cumplidos 15,97%, parcialmente cumplidos 11,11% y no proceden 33,33% (ver Figura 3.1). El hecho de que un requisito no proceda se debe a que el proceso no lo contempla, pues la norma de referencia abarca a toda la organización y el proceso objeto de estudio solo es parte de ella.

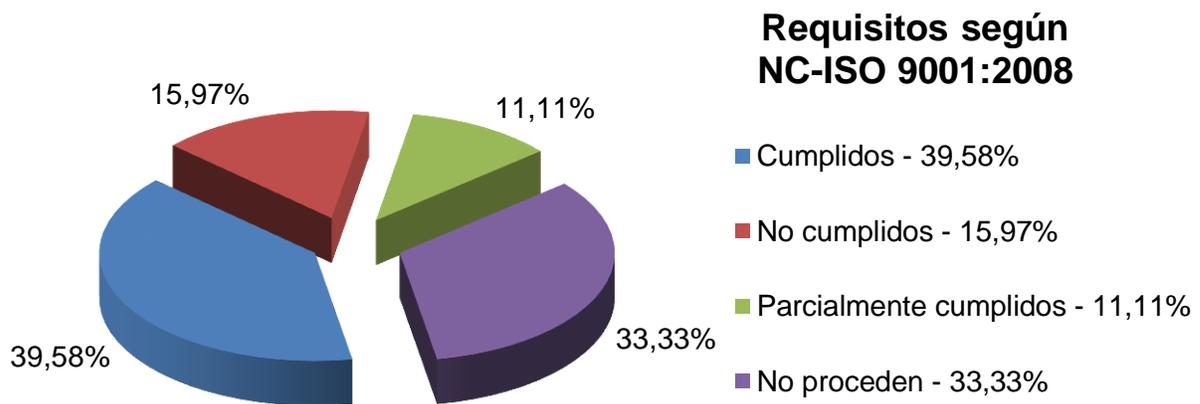


Figura 3.1: Representación del porcentaje de cumplimiento de los requisitos según la NC ISO-9001: 2008. Fuente: Elaboración propia.

Una vez analizados los resultados del informe del diagnóstico correspondiente al proceso objeto de estudio, la dirección de la organización, a través del Consejo de Dirección, se trazó como objetivo la mejora del mismo, para lo cual se propuso ejecutar la misma y analizar sus resultados.

ETE-413 "Proponer, evaluar y seleccionar soluciones", ver Figura 2.4:

Del análisis de la Figura 3.1 anterior se evidencia que el 27% de los requisitos que describe la norma estaban parcialmente cumplidos o no cumplidos, lo que implicó la no conformidad del proceso objeto de estudio con la norma de referencia y los documentos del sistema de gestión.

Debido a que la norma tiene requisitos que se interrelacionan entre sí, el equipo de mejora se reunió y, mediante la lluvia de ideas y por consenso, se resumieron las no conformidades detectadas las cuales quedaron como sigue:

- El mapa del proceso ETE-242343 "Gestionar Diagnóstico Integral" no era adecuado a las nuevas condiciones que se imponían al mismo por las políticas del organismo superior, ni a su protagonismo por la adopción del mantenimiento basado en la condición en la organización, ya que estaba integrado al proceso de Inspeccionar Mantenimiento.
- El control del proceso se efectuaba teniendo en cuenta solamente el cumplimiento del plan de monitoreo y el cumplimiento del plan de entrega de información del resultado del monitoreo de los equipos. Estos índices formadores de bases de datos no poseían rangos de evaluación validados.
- No existía evidencia que posibilitara la medición cuantitativa de la influencia del proceso en el comportamiento de las averías, por la no existencia de índices establecidos y validados para medirla.
- No estaban determinados los procesos proveedores y clientes del proceso objeto de estudio.
- No existía evidencia de la lista de control de documentos y registros.
- No existía evidencia de la guía de archivo de documentos y registros.

Las no conformidades anteriores sirvieron para conformar el programa de mejora el cual sigue las pautas del procedimiento de mejora y se muestra en el **Anexo 18**.

#### **ETE-42 "Implantar mejora" (H), ver Figura 2.3:**

La implantación de la mejora se ejecutó teniendo en cuenta el programa de mejora descrito en el acápite inmediato anterior.

1. ETE-421 "Identificar procesos y sus interrelaciones", ver Figura 2.6:

El proceso objeto de estudio se había identificado según se muestra en la Figura 3.2, pero no era adecuado a las nuevas condiciones que se imponían al mismo ya que aumentaba su protagonismo en la gestión del mantenimiento, lo que implicó su reelaboración.

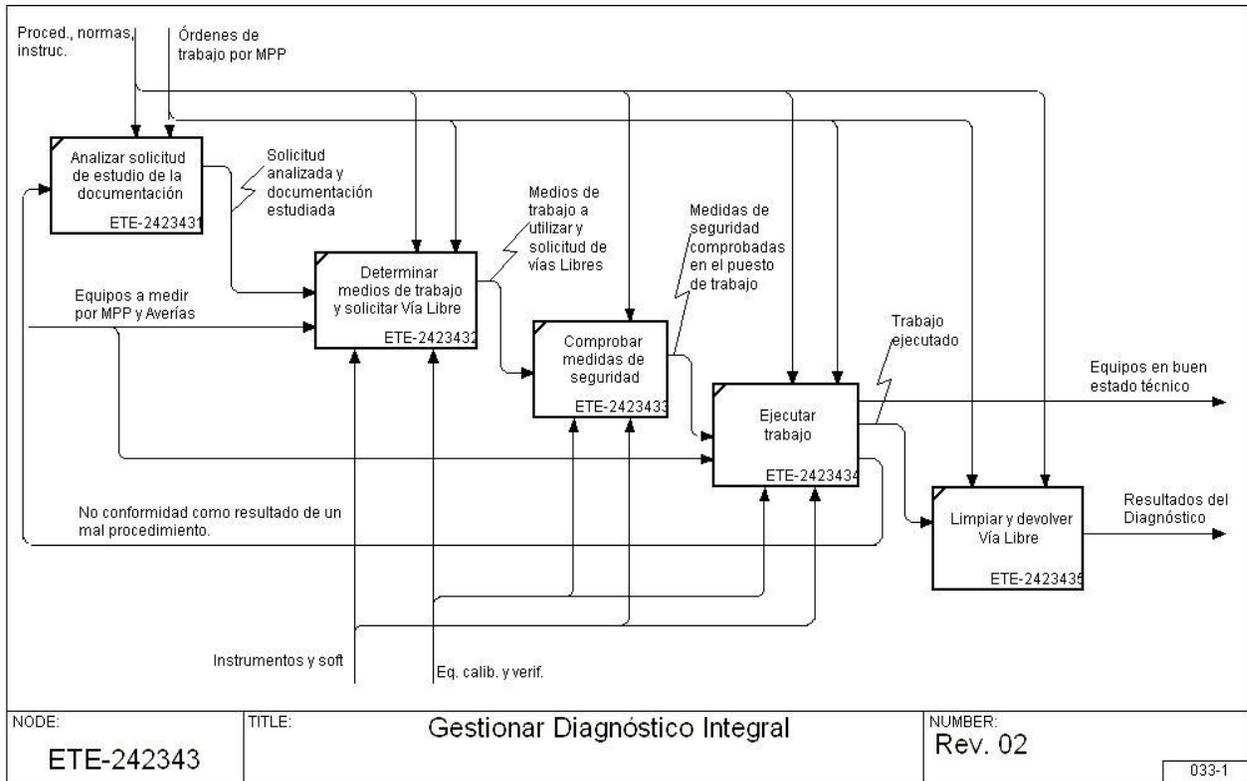


Figura 3.2. Proceso Gestionar Diagnóstico Integral antes de la mejora. Fuente: Elaboración propia.

El proceso mejorado se obtuvo a partir de varias reuniones de trabajo de componentes del equipo de mejora y del personal implicado en el mismo, utilizando como herramienta IDEF 0 del software AllFusion Process Modeler para la elaboración del mapa del proceso según muestran las Figuras 3.3, 3.4 y 3.5.

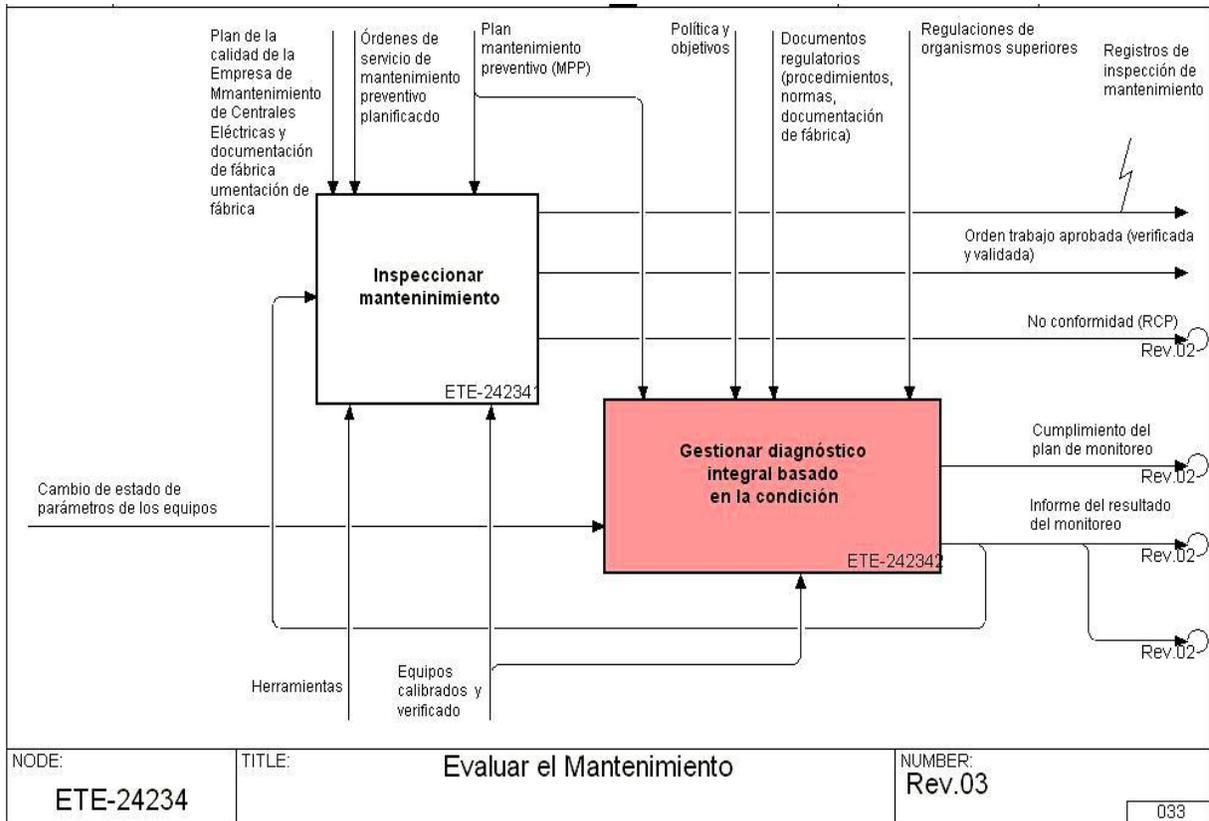


Figura 3.3. Proceso Gestionar Diagnóstico Integral mejorado. Hoja 33 de 82 del mapa de procesos de la organización. Fuente: Elaboración propia.

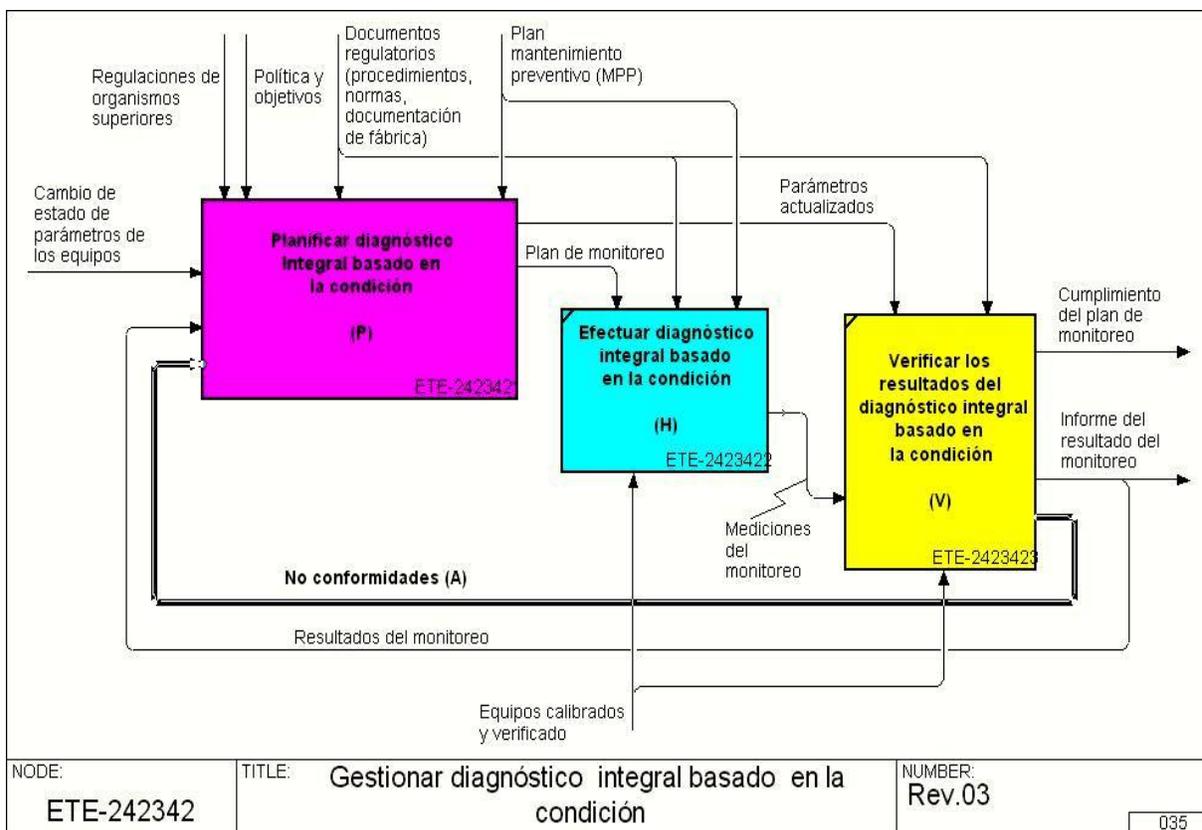


Figura 3.4. Proceso Gestionar Diagnóstico Integral mejorado. Hoja 35 de 82 del mapa de procesos de la organización. Fuente: Elaboración propia.

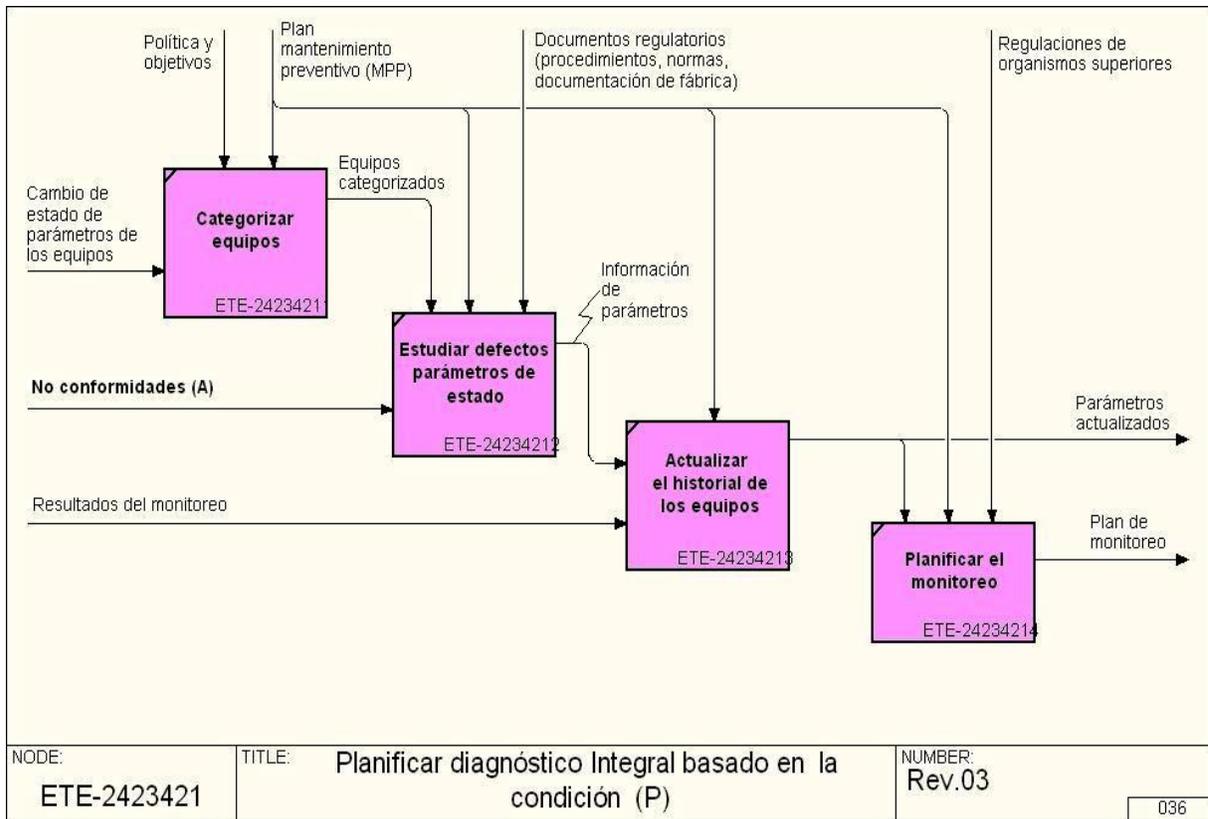


Figura 3.5. Proceso Gestionar Diagnóstico Integral mejorado. Hoja 36 de 82 del mapa de procesos de la organización. Fuente: Elaboración propia.

El objetivo del proceso consiste en detectar las desviaciones de los parámetros de control de los equipos, analizar sus tendencias, y determinar sus causas de manera que permita proponer las medidas correctoras, para lograr una influencia positiva en la disponibilidad y mantenibilidad de los equipos monitoreados, que son índices internacionalmente establecidos.

El mismo consiste en las actividades de planificar, efectuar, verificar los resultados del diagnóstico integral y actuar, en caso de que existan no conformidades, según el ciclo PHVA como se puede ver en las Figuras 3.3, 3.4 y 3.5. El proceso se explica a continuación.

ETE-2423421 "Planificar diagnóstico integral" (P), ver Figura 3.4:

Tiene como cajas hijos: ETE-24234211 "Categorizar los equipos", ETE-24234212 "Estudiar defectos parámetros de estado", ETE-24234213 "Actualizar historial de los equipos" y ETE-24234214 "Planificar el monitoreo" que se explican a continuación:

ETE-24234211 "Categorizar los equipos", ver Figura 3.5:

Se realiza teniendo en cuenta características de los equipos como intercambiabilidad, importancia productiva, régimen de operación, nivel de utilización, seguridad y complejidad en el mantenimiento. De esta manera los equipos pueden ser A, B y C siendo por ese orden de manera decreciente su categoría. A la salida se obtienen *Equipos categorizados*.

Los equipos de generación de energía se dividen en tres categorías:

- A: Equipos irremplazables, imprescindibles, de operación continua, alta complejidad, seguridad de operación peligrosa.
- B: Equipos reemplazables, limitan la operación, de operación seriada, complejidad media, influyen en la seguridad de operación.
- C: Equipos intercambiables, operación convencional y alterna, complejidad simple y poco influyentes en la seguridad de operación.

ETE-24234212 "Estudiar defectos y parámetros de estado de los equipos", ver Figura 3.5:

Es el estudio de defectos de los equipos que limitan o impiden sus funciones y alteran los parámetros de estado de los mismos, brindan información y permiten determinar la variación en su comportamiento. A la salida se obtiene *Información de parámetros*.

ETE-24234213 "Actualizar historial", ver Figura 3.5:

Es la actividad que documenta las mediciones efectuadas, y constituye la base de datos del monitoreo de los equipos. A la salida se obtienen *Parámetros actualizados*.

ETE-24234214 "Planificar el sistema de monitoreo", ver Figura 3.5:

Es la actividad que establece el Plan de monitoreo el cual cambia según el estado de los *Parámetros actualizados*. A la salida se obtiene el *Plan de monitoreo*.

ETE-2423422 "Efectuar el diagnóstico integral según MBC" (H), ver Figura 3.4:

Luego de establecido el *Plan de monitoreo* se pasa a efectuar las mediciones del monitoreo, obteniéndose como salida *Mediciones del monitoreo*.

ETE-2423423 "Verificar los resultados del diagnóstico integral según MBC" (V), ver Figura 3.4:

La entrada *Mediciones del monitoreo* se compara con los *Parámetros actualizados* obteniéndose la salida *Resultados del monitoreo* que permite actualizar el historial, que consiste en los registros de las mediciones del monitoreo de los equipos. De esa misma caja salen el *Cumplimiento del plan de monitoreo* y el *Informe del resultado del monitoreo*, así como las *No conformidades de mediciones (A)* que son entradas de ETE-24234212 “Estudiar defectos y parámetros de estado” de los equipos.

Las interrelaciones del proceso se definieron a partir de reuniones de trabajo con personal implicado en el proceso y el equipo de mejora, y consisten en sus procesos clientes y proveedores que se describen a continuación:

#### **Procesos Clientes**

- Operar planta
- Elaborar planificación del mantenimiento
- Realizar servicios de maquinado
- Realizar servicios de mecánica, automática, eléctrica y lubricación
- Evaluar mantenimiento
- Gestionar informática

#### **Procesos Suministradores**

- Operar planta
- Elaborar planificación del mantenimiento
- Realizar servicios de maquinado
- Realizar servicios de mecánica, automática, eléctrica y lubricación
- Evaluar mantenimiento
- Gestionar informática
- Gestionar recursos financieros
- Controlar equipos de medición
- Gestionar información
- Comprar productos y servicios
- Regular seguridad, salud y medioambiente laboral

#### **Entradas del Proceso**

- Cambio de estado de parámetros de los equipos de generar energía.

## Salidas del Proceso

- Cumplimiento del plan de monitoreo.
- Informe del resultado del monitoreo.

2. ETE-422 "Elaborar documentos del sistema de gestión", ver Figura 2.6:

Los documentos a elaborar en este caso correspondieron a: la carpeta del proceso objeto de estudio, cuyo contenido y su llenado se explican en el Capítulo II, epígrafe 2.3.1, la lista de control de documentos y registros y la guía de archivo teniendo en cuenta los procedimientos de control de documentos y registros. Los otros documentos exigidos por NC-ISO 9001:2008 ya existían, pues el sistema de gestión de la calidad estaba consolidado en la organización.

Como se constata en ETE-421 "Identificar procesos y sus interrelaciones" inmediato anterior, se obtuvieron los siguientes aspectos contentivos de la carpeta del proceso objeto de estudio según corresponde al **Anexo 17**:

- Objetivo del proceso
- Descripción del proceso
- Procesos suministradores y clientes
- Diagrama o mapa del proceso mejorado

Entre los aspectos restantes solo los índices de evaluación requerían de información adicional y análisis de datos por la complejidad para su elaboración, validación y aprobación. Para el resto de los aspectos de la carpeta del proceso, existía toda la información requerida por parte del área responsable del proceso objeto de estudio.

Tal y como se detectó en el diagnóstico, el control del proceso se efectuaba teniendo en cuenta solamente el cumplimiento del plan de monitoreo y el cumplimiento del plan de entrega de información del resultado del monitoreo de los equipos, los cuales contribuían la formación de bases de datos recopiladas en las órdenes de servicio de mantenimiento.

Tampoco existía evidencia que posibilitara la medición cuantitativa de la influencia del proceso en el comportamiento de las averías, por la no existencia de índices establecidos y validados para medirla.

### **Análisis de órdenes de servicio de mantenimiento. Equipos con mayor frecuencia de averías**

Por esta causa el equipo de mejora pasó a analizar las órdenes de servicio de mantenimiento existentes en el Área de Planificación del mantenimiento, para saber la tendencia del comportamiento de las averías en los equipos.

Para este análisis se tuvieron en cuenta los equipos que mayor cantidad de órdenes de servicio acumulaban históricamente. Teniendo en cuenta la experiencia del personal de Planificación del mantenimiento y por consenso del equipo de mejora, se analizaron los equipos rotatorios de mayor incidencia en los volúmenes de trabajo a realizar durante los mantenimientos, y que constituían una de las principales causas de averías durante la explotación. Los mismos se relacionan a continuación:

- Bombas de agua de alimentar (en lo adelante BAA).
- Bombas de circulación (en lo adelante BC).
- Bombas de enfriamiento (en lo adelante BE).
- Compresores de instrumentos (en lo adelante CI).
- Compresores de servicio (en lo adelante CS).

Se solicitó al Área de Planificación de mantenimiento el estado de los trabajos de las órdenes de servicio, correspondientes a los equipos escogidos anteriormente de las unidades 3 y 4 que abarcara los años 2011 y 2012, a partir de la base de datos elaborada según el software SGestMan (sistema de gestión de mantenimiento). El estado de los trabajos de las órdenes de servicio por cada equipo según dicho software contiene la siguiente información: número de orden de servicio, trabajo (a ejecutar), objeto, fecha de reporte, duración, fecha de inicio y fecha de terminación.

En la Tabla 3.1 se muestra un resumen del resultado del análisis de los datos de todas las órdenes de servicio de reparación de los equipos seleccionados, a partir de la cual se elaboró la Tabla 3.2 de sumatoria de tiempo total de reparación por tipo de equipo en los años 2011 y 2012.

Tabla 3.1 Tabla resumen del resultado del análisis de los datos de todas las órdenes de servicio de equipos seleccionados de las unidades de generación 3 y 4 en 2011 y 2012.

Fuente: Elaboración propia

Año	Equipo	No. de Órdenes	$\Sigma$ Tiempo de ejecución de órdenes de servicio por equipo (h)	Tiempo total por tipo de equipo (h)
2011	BAA-3A	24	8448	16801
	BAA-3B	6	2370	
	BAA-3C	31	5983	
	BAC-3A	6	1222	1232
	BAC-3B	2	10	
	BE-3A	3	102	142
	BE-3B	3	40	
	CI-3A	5	42	304
	CI-3B	10	262	
	CS-3	5	683	683
	BAA-4A	24	4128	6200
	BAA-4B	8	440	
	BAA-4C	8	1632	
	BAC-4A	7	214	266
	BAC-4B	5	52	
	BE-4A	7	53	84
	BE-4B	3	32	
	CI-4A	7	308	1336
	CI-4B	7	1028	
	CS-4	2	55	55
2012	BAA-3A	24	3555	6562
	BAA-3B	12	480	
	BAA-3C	23	2530	
	BAC-3A	6	2264	5549
	BAC-3B	8	3285	
	BE-3A	10	153	901
	BE-3B	5	748	
	CI-3A	7	2495	2525
	CI-3B	7	30	
	CS-3	5	57	57
	BAA-4A	12	2664	5500
	BAA-4B	20	2780	
	BAA-4C	14	56	
	BAC-4A	4	17	1741
BAC-4B	13	1724		

	BE-4A	5	3876	549
	BE-4B	5	173	
	CI-4A	5	87	417
	CI-4B	11	330	
	CS-4	6	63	63

Tabla 3.2. Sumatoria de tiempo total de reparación por tipo de equipo. Fuente: Elaboración propia.

Tipo de equipo	BAA	BAC	BE	CI	CS
$\Sigma$ de tiempo total de reparación (h) 2011+2012	35063	8788	1676	4582	858

Con la ayuda de la Tabla 3.2 se elaboró un diagrama de Pareto utilizando el software Statgrafic Centurión XVII, el cual demostró que la mayor contribución en el tiempo de reparación correspondió a las bombas de agua de alimentar según la Figura 3.6, con un 68,8 % del tiempo total de reparación de los equipos escogidos.

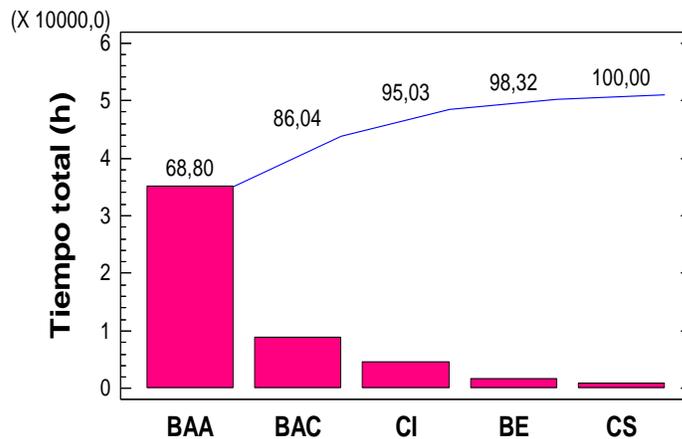


Figura 3.6 Diagrama de Pareto de los equipos analizados. Fuente: Elaboración propia.

Las bombas de agua de alimentar son equipos rotatorios de categoría B, funcionan durante la operación según diseño de la siguiente forma: a plena carga dos en servicio y una en reserva. Al averiarse una de las que está en servicio, es preciso bajar la carga de 158 a 80 MW (limitan la unidad) para trabajar con una sola bomba. Sin embargo el Despacho Nacional

de Carga no autoriza a trabajar con una sola bomba, y ordena poner en servicio la de reserva recirculando agua que no ingresa a la caldera, por lo que mantiene la carga de 80 MW. Ésta bomba tiene un consumo de 1,85 MW-h lo que provoca un aumento del insumo de planta y una gran pérdida para el país.

Hay que agregar que estas unidades son las designadas para llevar la frecuencia del sistema, por tanto de fallar la segunda bomba entraría la tercera que estaba recirculando, y si se resuelve la avería en la primera, es posible subir carga rápidamente.

Lo anterior no es deseable debido a la inestabilidad que crea, además de que las unidades de Cienfuegos son las de menor consumo específico de combustible en el país. Lo anterior explica la importancia de disminuir al mínimo las averías en estos equipos.

Por el hecho de que no se había cuantificado la influencia del proceso objeto de estudio en el comportamiento de las averías se determinó, por el equipo de mejora, efectuar una comparación de las órdenes de servicio referidas a diagnóstico integral para el caso de las bombas de agua de alimentar entre los años 2011 y 2012, ya que las mismas acumulaban el mayor tiempo de reparación.

Según la cita de Juran que se muestra en el acápite 1.12 del Capítulo I de la presente tesis, el tiempo entre averías y el tiempo para la reparación responden a las distribuciones exponencial y logarítmico normal respectivamente.

De esta forma se pasó a analizar las órdenes de servicio de las bombas de agua de alimentar referidas a diagnóstico integral de 2011 y 2012, para identificar los tiempos entre averías y los tiempos para la reparación correspondientes.

Se introdujeron los datos de los tiempos referidos anteriormente en el software Statgraphics Centurión XVII, para efectuar una comparación del comportamiento de dichas variables entre los años 2011 y 2012, teniendo en cuenta las distribuciones exponencial y lognormal sugeridas por la bibliografía consultada para ello.

Las variables para el ajuste de las distribuciones fueron:

- TEA OSDI 2011: Tiempo entre averías correspondiente a las órdenes de servicio de diagnóstico integral en 2011.
- TEA OSDI 2012: Tiempo entre averías correspondiente a las órdenes de servicio de diagnóstico integral en 2012.

- TPR OSDI 2011: Tiempo para la reparación correspondiente a las órdenes de servicio de diagnóstico integral en 2011.
- TPR OSDI 2012: Tiempo para la reparación correspondiente a las órdenes de servicio de diagnóstico integral en 2012.

Primeramente se obtuvieron las pruebas de bondad de ajuste para las distribuciones tomadas de la bibliografía, y luego se procedió a la comparación con distribuciones alternas para obtener la distribución de mejor ajuste. Los resultados se pueden ver en los **Anexos 19, 20, 21 y 22**.

Un resumen del resultado del ajuste de las distribuciones se puede ver en la Tabla 3.3 que describe las variables antes mencionadas, las pruebas de bondad de ajuste y la comparación con distribuciones alternas.

Tabla 3.3 Resultados del ajuste de las distribuciones de los tiempos entre averías y tiempos para la reparación correspondientes a las órdenes de servicio de diagnóstico integral en los años 2011 y 2012. Fuente: Elaboración propia

Variable	Pruebas de bondad de ajuste	Comparación con distribuciones alternas
TEA OSDI 2011	Chi-Cuadrado 0,8565 Kolmogorov-Smirnov 0,93 Anderson-Darling $A^2$ 0,044 No proviene de una distribución exponencial debido a que la prueba Anderson-Darling $A^2 < 0.05$ para un 95% de confianza	La distribución de mejor ajuste es la <b>distribución exponencial</b>
TPR OSDI 2011	Chi-Cuadrado 0,2254 Kolmogorov-Smirnov 0,3623 Anderson-Darling $A^2 \geq 0,10$ Como los valores $P \geq 0,05$ , la misma proviene de una <b>distribución lognormal</b> para un 95% de confianza	La distribución de mejor ajuste es la <b>distribución lognormal</b>
TEA OSDI 2012	Chi-Cuadrado 0,5530 Kolmogorov-Smirnov 0,3229 Anderson-Darling $A^2$ 0,0061 No proviene de una distribución exponencial debido a que la prueba Anderson-Darling $A^2 < 0.05$ para un 95% de confianza	La distribución de mejor ajuste es la <b>distribución loglogística</b> con $P=0,6766$ y luego le sigue la <b>distribución exponencial</b>
TPR OSDI 2012	Chi-Cuadrado 0,1431 Kolmogorov-Smirnov 0,413 Anderson-Darling $A^2 \geq 0,10$ Como los valores $P \geq 0,05$ , la misma proviene de una <b>distribución lognormal</b> para un 95% de confianza	La distribución de mejor ajuste es la <b>distribución lognormal</b>

Teniendo en cuenta lo expuesto en la Tabla 3.3 y con más detalle de información de los resultados en los **Anexos 19, 20, 21 y 22** se puede apreciar que las variables TPR OSDI 2011 y 2012, provienen de una distribución lognormal con 95% de confianza. Por su parte la variable TEA OSDI 2011 proviene de una distribución exponencial con un 95 % de confianza, no siendo así la variable TEA OSDI 2012 donde la distribución de mejor ajuste es la loglogística. Sin embargo el equipo de mejora decidió, por consenso, el tratamiento de dicha variable según la distribución exponencial según se refiere en la bibliografía.

De esta forma se obtuvieron, con la ayuda del software mencionado, los tiempos medios entre averías y los tiempos medios para la reparación, y a partir de ellos se calculó la disponibilidad para efectuar una comparación entre los años 2011 y 2012, teniendo en cuenta las distribuciones antes comentadas y referidas a las órdenes de servicio de diagnóstico integral. Para ello se definen a continuación dichos índices:

- **Mantenibilidad (tiempo medio para la reparación, TMPR):** Es la sumatoria del tiempo de reparación entre el número de órdenes de reparación.
- **Tiempo medio entre averías (TMEA):** Es la sumatoria del período de tiempo transcurrido de una avería a otra, entre el número de períodos de tiempo entre averías.
- **Disponibilidad de trabajo de los equipos (TMEA / TMEA +TMPR):** Indicador que evalúa la aptitud de los equipos para la generación de energía. Para aumentar la disponibilidad en una planta, equipamiento o sistema se debe: aumentar el TMEA, disminuir TMPR, o aumentar el TMEA y disminuir el TMPR simultáneamente.

De esta manera se efectuó la comparación de las órdenes de servicio referidas a diagnóstico integral para el caso de las bombas de agua de alimentar entre los años 2011 y 2012. Para ello se confeccionó la Tabla 3.4 que se muestra a continuación:

Tabla 3.4 Sumatoria del tiempo para reparación ( $\Sigma$ TPR), tiempo medio entre averías (TMEA), tiempo medio para la reparación (TMPR) y disponibilidad operacional de las bombas de agua de alimentar referidos a las órdenes de servicio de reparación de diagnóstico integral en 2011 y 2012. Fuente: Elaboración propia.

Años	Variable	Tipo de Distribución	$\Sigma$ TPR (h)	TMEA (h)	TMPR (h)	Disponibilidad (%)
2011	TEA OSDI	Exponencial		738,462	-	42,89
	TPR OSDI	Lognormal	14 822	-	983,232	
2012	TEA OSDI	Exponencial		1164,80	-	83,42
	TPR OSDI	Lognormal	4 026	-	231,507	

En la tabla anterior se puede observar que el tiempo medio entre averías y la disponibilidad de las bombas aumentaron y el tiempo medio para la reparación disminuyó, todo ello de 2011 a 2012. La sumatoria de los tiempos para la reparación disminuyó considerablemente de un año a otro.

Para un mejor entendimiento se construyó un gráfico de barras que muestra la mejora de la disponibilidad y la mantenibilidad (TMPR) de las bombas de agua de alimentar de un año a otro. Ver Figura 3.7.

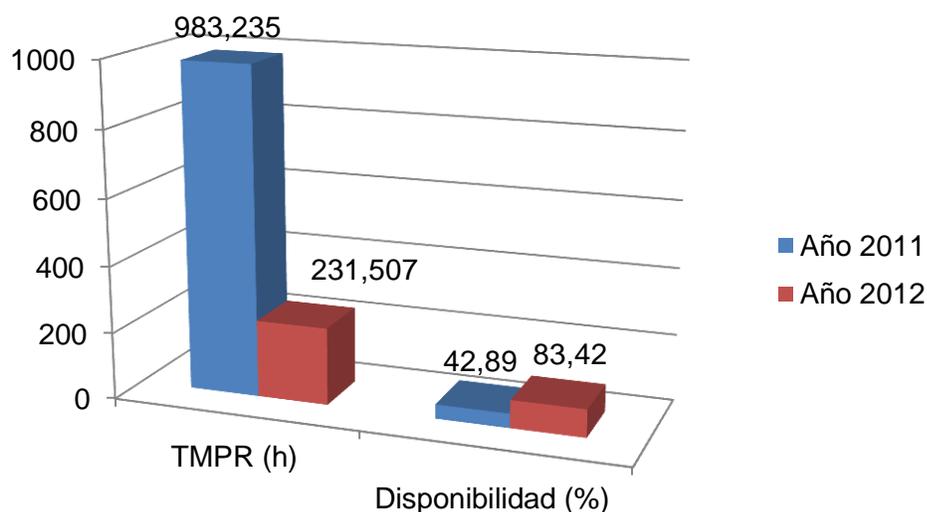


Figura 3.7. Comportamiento comparativo del tiempo medio de reparación y la disponibilidad de las bombas de agua de alimentar de las unidades 3 y 4, referido a las órdenes de servicio de reparación de diagnóstico integral, en 2011 y 2012. Fuente: Elaboración propia

**Determinación de los índices de evaluación del proceso**

A partir de los resultados anteriores, el equipo de mejora determinó los índices de evaluación del proceso objeto de estudio para lo que tuvo en cuenta: la bibliografía consultada, la opinión del personal implicado en dicho proceso y la estrategia de la Unión Eléctrica Nacional para la introducción del mantenimiento basado en la condición.

Se establecieron cuatro índices para la evaluación del proceso y se formularon los mismos como se muestra en la Tabla 3.5 que se muestra a continuación:

Tabla 3.5 Fórmula de cálculo de los índices de evaluación del proceso. Fuente: Elaboración propia.

No.	Índices de evaluación	Fórmula de cálculo	Unidad de medida
1	Porcentaje de cumplimiento del plan de monitoreo	$(\text{monitoreos ejecutados} / \text{monitoreos planificados}) * 100$	%
2	Porcentaje de cumplimiento en la entrega de informes del resultado del monitoreo	$(\text{información real entregada} / \text{información planificada a entregar}) * 100$	%
3	Porcentaje de la disponibilidad de trabajo de los equipos	$(\text{TMEA} / \text{TMEA} + \text{TMPR}) * 100$	%
4	Tiempo medio para la reparación (TMPR)	$\frac{\sum \text{tiempo de reparación de órdenes de servicio de diagnóstico}}{\text{número de órdenes servicio de diagnóstico}}$	Horas

Los dos primeros índices de la Tabla 3.5 son formadores de bases de datos referentes a la ejecución del diagnóstico integral, los cuales estaban identificados antes de la presente investigación y el control del proceso se efectuaba mediante los mismos, pero no a partir de rangos de evaluación previamente validados. Por otra parte, estos índices no medían la influencia cuantitativa del proceso en el comportamiento de las averías.

Los índices 3 y 4 referidos en la Tabla 3.5, coinciden con índices establecidos internacionalmente en la generación de energía eléctrica y formaban parte de la política de culturización del mantenimiento (Pernús García, Antonio B., and Fernández García, Sergio J., 2012) y, aunque no con un orden específico para ello, existían datos para efectuar su

medición cuantitativa y así demostrar la influencia del proceso objeto de estudio en la generación de energía.

En esta investigación no se trató la confiabilidad debido a:

- No existir bases de datos para la medición de la misma.
- El estudio se basó en un proceso cuyo objetivo es la prevención de las averías y no su ocurrencia, aunque esto ayuda a aumentar la confiabilidad.
- Los equipos sujetos al alcance de esta investigación tienen múltiples componentes y los recambios no son del mismo suministrador, y esto convertiría el análisis en algo muy complejo.
- Analizar la confiabilidad sin desarrollar y determinar una estrategia para ello sería un estudio también de utilidad discutible (National Electrical Code, 2008) para una instalación de más de tres décadas de funcionamiento.

Una vez definidos los índices de evaluación del proceso objeto de estudio, el equipo de mejora, de conjunto con el personal involucrado en el proceso, podía proponer los rangos, el valor esperado y el plazo de evaluación de los índices 1 y 2, pero no así en el caso de los índices 3 y 4 hasta definir y calcular una referencia para ello.

El equipo de mejora decidió, por consenso, considerar como muestras de datos de referencia los valores agrupados, correspondientes a los años 2011 y 2012, de los tiempos entre averías y los tiempos para la reparación de las bombas de agua de alimentar. Con ayuda del software Statgraphics Centurión XVII, se efectuó el ajuste de las distribuciones exponencial y lognormal respectivamente y el cálculo del tiempo medio entre averías y el tiempo medio para la reparación de dichas referencias.

Las variables para el ajuste de las distribuciones fueron:

- TEA OSDI 2011 y 2012: Tiempo entre averías correspondiente a las órdenes de servicio de diagnóstico integral en 2011 y 2012.
- TPR OSDI 2011 y 2012: Tiempo para la reparación correspondiente a las órdenes de servicio de diagnóstico integral en 2011 y 2012.

Primeramente se obtuvieron las pruebas de bondad de ajuste para las distribuciones tomadas de la bibliografía, y luego se procedió a la comparación con distribuciones alternas para obtener la distribución de mejor ajuste. Los resultados se pueden ver en los **Anexos 23 y 24**.

Un resumen del resultado del ajuste de las distribuciones se puede ver en la Tabla 3.6 que describe las variables antes mencionadas, las pruebas de bondad de ajuste y la comparación con distribuciones alternas.

Tabla 3.6 Resultados del ajuste de las distribuciones de los tiempos entre averías y tiempos para la reparación de muestras de referencia de los valores agrupados correspondientes a los años 2011 y 2012. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Pruebas de bondad de ajuste	Comparación con distribuciones alternas
TEA OSDI 2011 y 2012	Chi-Cuadrado 0,2196 Kolmogorov-Smirnov 0,3987 Anderson-Darling $A^2$ 0,1094 No proviene de una distribución exponencial debido a que la prueba Anderson-Darling $A^2 < 0.05$ para un 95% de confianza	La distribución de mejor ajuste es la <b>distribución exponencial</b>
TPR OSDI 2011 y 2012	Chi-Cuadrado 0,1839 Kolmogorov-Smirnov 0,4926 Anderson-Darling $A^2 \geq 0,10$ Como los valores $P \geq 0,05$ , la misma proviene de una <b>distribución lognormal</b> para un 95% de confianza	La distribución de mejor ajuste es la <b>distribución lognormal</b>

Se puede apreciar que la variable TPR OSDI 2011 y 2012 proviene de una distribución lognormal con 95% de confianza. Por su parte la variable TEA OSDI 2011 y 2012, según la comparación con distribuciones alternas, proviene de una distribución exponencial.

De esta forma se obtuvieron, con la ayuda del software mencionado, el tiempo medio entre averías y el tiempo medio para la reparación, y a partir de ellos se calculó la disponibilidad de la muestra de referencia, todo lo cual se muestra en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Tiempo medio entre averías (TMEA), tiempo medio para la reparación (TMPR) y disponibilidad operacional de las bombas de agua de alimentar de muestras de datos de referencia. Fuente: Elaboración propia.

Años	Variable	Tipo de distribución	TMEA (h)	TMPR (h)	Disponibilidad (%)
2011 y 2012	TEA OSDI	Exponencial	937,412	-	60,53
	TPR OSDI	Lognormal	-	611,261	

Por lo tanto para establecer los índices tres y cuatro de la carpeta del proceso se tuvieron en cuenta, como valores esperados, el resultado de las distribuciones de las muestras de referencia descritas en la Tabla 3.7.

En la Tabla 3.8 se muestran los índices, rangos y plazos de evaluación así como el valor esperado del proceso objeto de estudio propuestos por el equipo de mejora, de conjunto con el personal involucrado en el proceso. Los índices 1 y 2 se propuso evaluarlos trimestralmente, y en el caso de 3 y 4 anualmente pues la cantidad de eventos no permite una medición lógica en un tiempo menor.

Tabla 3.8 Propuesta de índices, rangos y plazos de evaluación del proceso objeto de estudio, y valor esperado de los mismos. Fuente: Elaboración propia.

No.	Índices de evaluación	Valor esperado	Rangos de evaluación	Plazo de evaluación
1	Porcentaje de cumplimiento del Plan de Monitoreo	100 %	100% = 5 (98 hasta 100) % = 4 (95 hasta < 98) % = 3 (90 hasta < 95) % = 2 < 90 % = 1	Trimestral
2	Porcentaje de cumplimiento en la entrega de Informes del resultado del monitoreo	100 %	100% = 5 (98 hasta < 100) % = 4 (95 hasta < 98) % = 3 (90 hasta < 95) % = 2 < 90 % = 1	Trimestral
3	Porcentaje de la disponibilidad de trabajo de los equipos	60,53 %	> 60,53 % = 5 (58,51 > hasta 60,53) % = 4 (54 > hasta 58,51) % = 3 (50 > hasta 54) % = 2 ≤ 50 % = 1	Anual
4	Tiempo medio para la reparación	611,26 h	< 611,26 h = 5 (611,26 hasta < 650) h = 4 (650 hasta < 675) h = 3 (675 hasta < 700) h = 2 ≥ 700 h = 1	Anual

#### Validación de las características de los índices de evaluación del proceso.

El equipo de mejora acordó efectuar la validación de los valores esperados, rangos y plazos de evaluación de los índices a partir de juicios de expertos.

Con el objetivo de formar el grupo de expertos se utilizó el método Delphi (Cruz Ramírez, M., 2009). El cálculo del número de expertos necesarios se realizó según la siguiente expresión:

$$n = \frac{p(1 - p)k}{i^2}$$

Por tanto:

k: constante que depende del nivel de significación (1 -  $\alpha$ ).

p: proporción de error estimada

i: nivel de precisión deseado

Los datos fijados para los cálculos fueron los siguientes:

$$p = 0.01 \qquad i = 0.09$$

Estos dos elementos los fija el investigador y el valor de  $\alpha$  se obtiene por la tabla siguiente:

1- $\alpha$	k
99	6.6564
95	3.8416
90	2.6806

Entonces, para un nivel de confianza del 99% se obtuvo:

$$n = \frac{0,01(1 - 0,01)6,656}{(0,09)^2} \qquad n \approx 9 \text{ expertos}$$

Para la selección de los 9 expertos se aplicó el siguiente procedimiento el cual consta de las siguientes etapas:

1ra. Etapa: Elaboración de una lista de candidatos a expertos dentro de la organización que cumplan los siguientes requisitos: Categoría científica (Dr., MSc., Ing., Lic.), conocimientos sobre gestión de procesos, operación de plantas de generación, gestión del mantenimiento en la organización, mantenimiento predictivo, índices de clase mundial de operación de equipos, seguridad y salud en el trabajo, experiencia de trabajo sobre el tema que se aborda y disposición de participar. Contribuyó a ello la revisión de los perfiles de competencia de

posibles candidatos. Teniendo en cuenta lo anterior se logró reunir un grupo de 13 candidatos a expertos.

2da. Etapa: Determinación del coeficiente de competencia.

La determinación del coeficiente de competencia de los candidatos es un método de auto evaluación totalmente anónimo. (Ronda Pupo, G. 2002).

Se aplicó la encuesta referida en el **Anexo 25**, en la cual el candidato expresa el grado de conocimiento que posee sobre los temas enunciados en la encuesta de manera cuantitativa, así como los grados de influencia de las fuentes de su argumentación en su conocimiento y criterios de manera cualitativa.

En el procesamiento se calculó el coeficiente de competencia de la siguiente forma:

$$K_{\text{comp}} = \frac{1}{2} (K_c + K_a) \quad \text{Por tanto: } K_{\text{comp}}: \text{Coeficiente de competencia.}$$

$K_c$ : Resulta del promedio de los valores que cada candidato le otorga a cada una de las preguntas, según el conocimiento que considere tenga al respecto.

$K_a$ : Coeficiente de argumentación: Constituye la suma de los valores del grado de influencia de cada una de las fuentes de argumentación con respecto a la Tabla 3.9.

En la Tabla 3.9 se exponen las fuentes de argumentación y los valores cuantitativos de los grados de influencia de cada una de las mismas.

Tabla 3.9 Tabla patrón para cálculo del coeficiente de argumentación ( $K_a$ ). Fuente: (Cruz Ramírez, M., 2009)

Fuentes de argumentación	Grados de influencia de cada una de las fuentes en su conocimiento y criterios		
	Alta	Media	Baja
Análisis teórico por usted realizado.	0.3	0.2	0.1
Experiencia adquirida.	0.5	0.4	0.2
Trabajos de autores nacionales que conoce.	0.05	0.04	0.03
Trabajos de autores internacionales que conoce.	0.05	0.04	0.03
Conocimiento propio sobre el estado del tema.	0.05	0.04	0.03
Intuición.	0.05	0.04	0.03

Se concluye entonces que:

La competencia del experto es Alta (A):	Si $K_{comp} > 0.8$
La competencia del experto es Media (M):	Si $0.5 < K_{comp} \leq 0.8$
La competencia del experto es Baja (B):	Si $K_{comp} \leq 0.5$

Como resultado del procesamiento, 10 de los 13 candidatos a expertos se autoevaluaron de alta competencia, 3 candidatos se evaluaron de competencia media y ninguno se evaluó de competencia baja.

Quedó conformado el grupo de expertos con los 9 candidatos que obtuvieron el mayor coeficiente de competencia (ver **Anexo 26**) y con un promedio de años de experiencia de 21 años, siendo los integrantes:

- Director de mantenimiento.
- Especialista principal en gestión de la calidad.
- Especialista de "A" en explotación.
- Especialista de "A" en mantenimiento industrial. Grupo de inspección.
- Especialista de "A" en mantenimiento industrial. Grupo de planificación.
- Jefe de taller mecánico.
- Jefe de taller automático.
- Jefe de taller eléctrico.
- Jefe de turno de operación.

Luego de seleccionar el grupo de expertos, se elaboró el instrumento de validación de las características de los índices de evaluación del proceso objeto de estudio, según aparece en el **Anexo 27**, y se aplicó al grupo de expertos. Las consideraciones del grupo de expertos se procesaron según el método Delphi, y para ello se realizó la prueba de hipótesis siguiente:

Ho: no hay comunidad de preferencia entre los expertos.

H1: existe comunidad de preferencia entre los expertos.

Se utiliza el estadígrafo Chi-cuadrado, que se calcula:

$$\chi^2_{calculada} = n (K-1) w \quad \chi^2_{tabulada} = \chi^2(\alpha, K-1)$$

Siendo:

n: Cantidad de expertos.

W: Coeficiente de concordancia de Kendall.

K: Número de características a calificar en el proceso objeto de estudio > 7

K-1: Grados de libertad

$\alpha$ : Nivel de significación

Región crítica:  $\chi^2_{\text{calculada}} \geq \chi^2_{\text{tabulada}}$

Chi-cuadrado tabulado se localiza en la tabla estadística correspondiente para K-1=27 y un nivel de significación prefijado, de  $\alpha=0.01$ .

Para esta prueba se calcula el coeficiente de Kendall (W), coeficiente de regresión lineal que da el grado de correlación entre los expertos. El mismo se calcula de la siguiente forma:

$$W = \frac{\sum_{j=1}^k \Delta^2}{(n^2 (k^3 - k))}$$

Siendo:

k: número de características

$\Delta$ : Desviación del valor medio de los rangos que se calcula como:

$$\Delta = (\sum A_{ij} - \tau)$$

$A_{ij}$ : Juicio de experto i sobre la incidencia de la característica j de causa en el proceso.

$\tau$ : Factor de comparación (valor medio de los rangos) que se calcula como:

$$\tau = \frac{1}{2} n (K + 1)$$

n: número de expertos

W: Coeficiente de concordancia de Kendall.

Si  $W < 0.8$  No hay concordancia en el criterio de los expertos.

Si  $W \geq 0.8$  Hay concordancia en el criterio de los expertos.

Utilizando el software SPSS. v. 15.0, para el cálculo del coeficiente de Kendall, obtenemos como resultado que  $W=0,831$ , la significación asintótica (0.0) es menor que el nivel de confianza (0.01), además se utiliza la prueba de hipótesis 2, en la cual se cumple la región crítica, ya que  $\chi^2_{calculada} = 201,933 > \chi^2_{tabulada} = 46,963$ . Por tanto se concluye que el juicio de los expertos es consistente. En el **Anexo 28** se muestran los valores del rango promedio y los estadísticos de contraste.

De esta forma quedaron validadas las características de los índices de evaluación del proceso objeto de estudio.

### **Elaborar la carpeta del proceso objeto de estudio**

Al quedar validadas las características de los índices de evaluación del proceso objeto de estudio, esto permitió el completamiento de la información necesaria para la elaboración de la carpeta, porque el resto de la misma ya era de dominio por parte del área responsable. La carpeta del proceso se muestra en el **Anexo 29**.

3. ETE-423 "Controlar documentos y registros", ver Figura 2.6:

Luego de elaborada la carpeta del proceso objeto de estudio, la lista de control de documentos y registros y la guía de archivo, se formalizaron los mismos según los procedimientos obligatorios del sistema de gestión de la calidad TC-GQ 0002 Control de documentos, y TC-GQ 0014 Control de registros respectivamente.

**ETE-43 "Evaluar resultados de Mejora" (V), ver Figura 2.3:**

4. ETE-431 "Efectuar mediciones a procesos", ver Figura 2.7:

La medición del proceso objeto de estudio se pudo efectuar con datos acumulados de los dos primeros trimestres de 2013 para el caso de los índices de evaluación 1 y 2 y fue excelente en ambos casos. Los índices 3 y 4 requirieron de un muestreo primario de datos en los años 2011 y 2012, a partir de los cuales se elaboraron, validaron y aprobaron los mismos según se explicó en ETE-422 "Elaborar documentos del sistema de gestión", y su medición se hará efectiva a principios de 2014, a partir de acumular datos durante 2013.

5. ETE-432 "Auditar sistema de gestión de la calidad", ver Figura 2.7:

Según el programa anual de auditorías descrito en el procedimiento TC-GQ 0015 Auditorías internas de calidad, se auditó el proceso objeto de estudio por el equipo de mejora mediante entrevistas y revisión de documentos, y se detectaron las siguientes no conformidades:

- Existencia de procedimientos de trabajo no aprobados.
- Listas de control de documentos y de registros incompletas.

De esta manera se conformaron las no conformidades según lo establece el procedimiento TC-GQ 0012 Control de no conformidades, acciones correctivas y preventivas.

**ETE-44 "Tomar Acciones" (A), ver Figura 2.3:**

6. ETE-441 "Tratar no conformidades y tomar acciones", ver Figura 2.8:

Las no conformidades formuladas en el acápite inmediato anterior fueron tramitadas por el grupo de gestión de la organización. Las disposiciones resultaron ser correcciones, por tanto no hubo necesidad de analizar causa raíz y se cumplieron las disposiciones según el procedimiento TC-GQ 0012 Control de no conformidades, acciones correctivas y preventivas.

7. ETE-442 "Analizar datos", ver Figura 2.8:

El equipo de mejora se reunió para analizar el cumplimiento del programa de mejora. De catorce aspectos contenidos en el programa se cumplieron trece para un 92,85% de cumplimiento. Esto se debió a que no se efectuó la medición de los índices de evaluación 3 y 4 por causas que a continuación se explican.

Los índices de evaluación 3 y 4 descritos en la Tabla 3.8, correspondientes a porcentaje de disponibilidad de trabajo de los equipos y tiempo medio para la reparación, se conformaron analizando los datos acumulados durante los años 2011 y 2012, con el inconveniente de que los datos de las órdenes de servicio no brindaban información directa para ello. A partir de la acumulación de los datos de 2013 se evaluará el cumplimiento de los mismos en el primer trimestre de 2014.

El cálculo de los valores esperados de los índices de evaluación 3 y 4 se efectuó mediante la aplicación de un software estadístico para analizar los datos de los equipos con mayor frecuencia de averías, y se obtuvo el ajuste de las distribuciones exponencial y lognormal correspondientes.

Los rangos de evaluación de los cuatro índices se validaron según criterios de expertos con ayuda del método Delphi.

Los índices de evaluación 1 y 2 descritos en la Tabla 3.8, correspondientes al cumplimiento del porcentaje del plan de monitoreo y porcentaje de cumplimiento de la entrega de informes

del resultado del monitoreo fueron medidos en los dos primeros trimestres de 2013 con evaluación de excelente.

La tendencia del proceso objeto de estudio fue de lograr el aumento de la disponibilidad en un 40,53% y la disminución del tiempo medio para la reparación en 751,7 horas, al efectuar la comparación del comportamiento del proceso entre los años 2011 y 2012 teniendo en cuenta las órdenes de servicio referidas al diagnóstico integral como se muestra en la Figura 3.7.

La información de los resultados de la mejora se hizo llegar a la Dirección de la organización para su análisis.

### **3.3 Contribución económica del proceso objeto de estudio**

#### **3.3.1 Análisis comparativo de ahorro por concepto de factibilidad del servicio de las bombas de agua de alimentar**

Teniendo en cuenta que la mayor contribución en el tiempo de reparación durante esta investigación se debía a las bombas de agua de alimentar, como se muestra en la Figura 3.6, el análisis de ahorro efectuado por el equipo de mejora se centró en la comparación del comportamiento de las mismas en los años 2011 y 2012.

Para ello se consideraron todas las órdenes de trabajo en las bombas de agua de alimentar de las unidades 3 y 4 en los años 2011 y 2012.

De esta forma se pasó a analizar todas las órdenes de servicio de las bombas de agua de alimentar de 2011 y 2012, para identificar los tiempos entre averías y los tiempos para la reparación correspondientes.

Se introdujeron los datos de los tiempos referidos anteriormente en el software Statgraphics Centurión XVII, para efectuar una comparación del comportamiento de dichas variables entre los años 2011 y 2012, teniendo en cuenta las distribuciones exponencial y lognormal sugeridas por la bibliografía consultada para ello.

Las variables para el ajuste de las distribuciones fueron:

- TEA TOS 2011: Tiempo entre averías correspondiente a todas las órdenes de servicio en 2011.

- TEA TOS 2012: Tiempo entre averías correspondiente a todas las órdenes de servicio en 2012.
- TPR TOS 2011: Tiempo para la reparación correspondiente a todas las órdenes de servicio en 2011.
- TPR TOS 2012: Tiempo para la reparación correspondiente a todas las órdenes de servicio en 2012.

Primeramente se obtuvieron las pruebas de bondad de ajuste para las distribuciones tomadas de la bibliografía, y luego se procedió a la comparación con distribuciones alternas para obtener la distribución de mejor ajuste. Los resultados se pueden ver en los **Anexos 30, 31, 32 y 33**.

Un resumen del resultado del ajuste de las distribuciones se puede ver en la Tabla 3.10 que describe las variables antes mencionadas, las pruebas de bondad de ajuste y la comparación con distribuciones alternas.

Tabla 3.10 Resultados del ajuste de las distribuciones de los tiempos entre averías y tiempos para la reparación correspondientes a todas las órdenes de servicio en los años 2011 y 2012. Fuente: Elaboración propia

Variable	Pruebas de bondad	Comparación con distribuciones alternas
TEA TOS 2011	Chi-Cuadrado 0,0924 Kolmogorov-Smirnov 0,9369 Anderson-Darling $A^2$ 0,000003 No proviene de una distribución exponencial debido a que la prueba Anderson-Darling $A^2 < 0.05$ para un 95% de confianza	La distribución de mejor ajuste es la <b>distribución exponencial</b>
TPR TOS 2011	Chi-Cuadrado 0,1431 Kolmogorov-Smirnov 0,413 Anderson-Darling $A^2 \geq 0,10$ Como los valores $P \geq 0,05$ , la misma proviene de una <b>distribución lognormal</b> para un 95% de confianza	La distribución de mejor ajuste es la <b>distribución Birnbaum-Saunders</b> con $P=0,40745$ y luego le sigue la <b>distribución lognormal</b>
TEA TOS 2012	Chi-Cuadrado 0,09976 Kolmogorov-Smirnov 0,04512 Anderson-Darling $A^2$ 0,000023 No proviene de una distribución exponencial debido a que la prueba Anderson-Darling $A^2$ y Kolmogorov-Smirnov $< 0.05$ para un 95% de confianza	La distribución de mejor ajuste es la <b>distribución exponencial</b>
TPR TOS 2012	Chi-Cuadrado 0,062086 Kolmogorov-Smirnov 0,53916 Anderson-Darling $A^2 \geq 0,10$ Como los valores $P \geq 0,05$ , la misma proviene de una <b>distribución lognormal</b> para un 95% de confianza	La distribución de mejor ajuste es la <b>distribución lognormal</b>

Teniendo en cuenta lo expuesto en la Tabla 3.10 y con más detalle de información de los resultados en los **Anexos 30, 31, 32 y 33** se puede apreciar que las variables TPR TOS 2011 y 2012, provienen de una distribución lognormal con 95% de confianza. Por su parte las variables TEA TOS 2011 y 2012 provienen de una distribución exponencial.

De esta forma se obtuvieron, con la ayuda del software mencionado, los tiempos medios entre averías y los tiempos medios para la reparación, y a partir de ellos se calculó la disponibilidad para efectuar una comparación entre los años 2011 y 2012, teniendo en cuenta las distribuciones antes referidas a todas las órdenes de servicio.

De esta manera se efectuó la comparación de todas las órdenes de servicio para el caso de las bombas de agua de alimentar entre los años 2011 y 2012. Para ello se confeccionó la Tabla 3.11 que se muestra a continuación:

Tabla 3.11 Sumatoria del tiempo de reparación ( $\Sigma$ TPR), tiempo medio entre averías (TMEA), tiempo medio para la reparación (TMPR) y disponibilidad operacional de las bombas de agua de alimentar referidos a todas las órdenes de servicio de reparación en 2011 y 2012. Fuente: Elaboración propia.

Años	Variable	Tipo de Distribución	$\Sigma$ TPR (h)	TMEA (h)	TMPR (h)	Disponibilidad (%)
2011	TEA TOS	Exponencial		532,429	-	52,30
	TPR TOS	Lognormal	23 001	-	485,613	
2012	TEA TOS	Exponencial		447,568	-	62,120
	TPR TOS	Lognormal	12 062	-	272,944	

En la tabla anterior se puede observar que el tiempo medio entre averías y la disponibilidad de las bombas aumentaron y el tiempo medio para la reparación disminuyó, todo ello de 2011 a 2012. La sumatoria de los tiempos para la reparación disminuyó considerablemente de un año a otro, al igual que en la Tabla 3.4.

Primeramente se calcularon las horas de factibilidad de servicio (HFS) de las seis bombas de agua de alimentar disponibles en los años 2011 y 2012 según:

$$\text{HFS} = \text{Disponibilidad total (6BAA)} / 100 * \text{Días año (d)} * 24 \text{ (h / d)} \quad (1)$$

Sustituyendo en (1) y teniendo en cuenta la disponibilidad en la Tabla 3.11 queda:

Año 2011

Año 2012

$0,523 * 365 \text{ d} * 24 \text{ h} / \text{d} = 4581,48 \text{ h}$

$0,621 * 365 \text{ d} * 24 \text{ h} / \text{d} = 5441,712 \text{ h}$

La diferencia en horas de servicio de las bombas de agua de alimentar trabajando fue:

Diferencia en horas (h) 2012 – 2011 =  $5441,712 \text{ h} - 4581,48 \text{ h} = 860,232 \text{ h}$

Con la cantidad de horas de factibilidad de servicio en el 2012 por encima de 2011, se calculó el incremento de energía factible a generar a máxima carga por la Termoeléctrica Cienfuegos en ese tiempo (IEFG):

**IEFG = Diferencia en horas (h) 2012 – 2011 \* Potencia de unidades 3 y 4 (MW) (2)**

Sustituyendo en (2):

$\text{IEFG} = 860,232 \text{ h} * 158 \text{ MW} = 135\,916,656 \text{ MW-h}$

Esta es la energía que podría generar la Termoeléctrica en el año 2012 por encima del año 2011, teniendo en cuenta la factibilidad del servicio de las bombas de agua de alimentar.

El costo del incremento (CI) de la energía factible a generar se calculó según:

**CI = IEFG (MW-h) \* Costo de 1MW-h (CUP / MW-h) (3)**

Teniendo en cuenta que las unidades 3 y 4 de la Termoeléctrica (ETE) son más eficientes que el resto del Sistema Electroenergético Nacional (SEN) se calculó el costo del incremento (CI) de energía factible a generar por la Termoeléctrica (ETE) y por el Sistema a partir de los datos suministrados por la Dirección de Economía de la organización:

Costo de 1MW-h (CUP/ MW-h) para el SEN = 196.72 CUP / MW-h

Costo de 1MW-h (CUP / MW-h) para ETE = 192.40 CUP / MW-h

Sustituyendo en (3) queda:

$\text{CI para SEN} = 135\,916,656 \text{ MW-h} * 196.72 \text{ CUP} / \text{MW-h} = 26\,737\,524,57 \text{ CUP}$

$\text{CI para ETE} = 135\,916,656 \text{ MW-h} * 192.40 \text{ CUP} / \text{MW-h} = 26\,150\,364,61 \text{ CUP}$

Lo anterior permitió calcular la diferencia del costo del incremento (DCI) de energía factible a generar para el país por la Termoeléctrica (ETE) y por el Sistema Electroenergético Nacional (SEN):

$$\text{DCI (CUP)} = \text{CI SEN (CUP)} - \text{CI ETE (CUP)} \quad (4)$$

Sustituyendo en (4):

$$\text{DCI (CUP)} = 26\,737\,524,57 \text{ CUP} - 26\,150\,364,61 \text{ CUP} = 587\,159,96 \text{ CUP}$$

El aporte del proceso Gestionar Diagnóstico Integral basado en la condición (GDIBC) a la energía factible a generar se calculó según:

$$\text{Aporte de GDIBC} = \text{DCI (CUP)} * \left( \frac{\sum \text{ tiempo de órdenes de diagnóstico 2011+2012 (h)}}{\sum \text{ tiempo total de todas las órdenes de servicio 2011+2012 (h)}} \right) \quad (5)$$

Sustituyendo en (5) los datos de  $\sum \text{TPR (h)}$  totales de las órdenes de servicio de diagnóstico integral y  $\sum \text{TPR (h)}$  totales de todas las órdenes de servicio correspondientes a las Tablas 3.4 y 3.11 respectivamente, quedó como sigue:

$$\text{Aporte de GDIBC} = 587\,159,96 \text{ CUP} * (18\,848 \text{ h} / 35\,063 \text{ h}) = 315\,625,90 \text{ CUP}$$

Por lo tanto, el ahorro para el país por concepto de factibilidad del servicio de las bombas de agua de alimentar podría haber sido de 315 625,90 CUP.

### 3.3.2 Análisis comparativo de ahorro de combustible por concepto de factibilidad del servicio de las bombas de agua de alimentar

Por el hecho de ser más eficientes las unidades generadoras de la Termoeléctrica Cienfuegos que el Sistema Electroenergético Nacional (SEN) se parte de:

- Consumo específico de combustible de ETE = 0.24 ton/MW-h
- Consumo específico de combustible de SEN = 0.27 ton/MW-h

El consumo de combustible se calculó según:

$$\text{Consumo de combustible (ton)} = \text{Consumo específico de combustible (ton/MW-h)} * \text{Potencia (MW)} * \text{diferencia en horas de servicio de las bombas de agua de alimentar 2012-2011 (h)} \quad (6)$$

Para comparar el consumo de combustible de las unidades 3 y 4 con el resto del Sistema Electroenergético Nacional se sustituyó en (6) resultando:

$$\begin{aligned} \text{Consumo de combustible de ETE (ton)} &= 0.24 \text{ ton/MW-h} * 158 \text{ MW} * 860,232 \text{ h} \\ &= 32\,620,00 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo de combustible de SEN (ton)} &= 0.27 \text{ ton/MW-h} * (158) \text{ MW} * 860,232 \text{ h} \\ &= 36\,697,50 \text{ ton} \end{aligned}$$

La diferencia de consumo de combustible resultó ser:

$$\begin{array}{rclcl} \text{Diferencia de} & & \text{Consumo} & & \text{Consumo} & & (7) \\ \text{consumo} & = & \text{de combustible} & - & \text{de combustible} & & \\ \text{combustible} & & \text{SEN (ton)} & & \text{ETE (ton)} & & \end{array}$$

Sustituyendo en siete (7) los valores hallados:

$$\begin{aligned} \text{Diferencia de consumo de combustible SEN-ETE (ton)} &= 36\,697,50 \text{ ton} - 32\,620,00 \text{ ton} \\ &= 4\,077,50 \text{ ton} \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta que el precio estimado del petróleo suministrado por Venezuela en el primer trimestre de 2013 fue de 108 USD/barril y que el barril de fuel-oil es equivalente a 0.152 799 ton, entonces el precio de la tonelada es de 706.8109 USD/ton.

El ahorro de combustible por concepto de factibilidad del servicio de las bombas de agua de alimentar se calculó como:

$$\text{Ahorro} = \text{Diferencia consumo combustible SEN-ETE (ton)} * \text{Precio (USD/ton)} \quad (8)$$

Sustituyendo en ocho (8) se obtuvo:

$$\text{Ahorro} = 4\,077,50 \text{ ton} * 706.8109 \text{ USD/ton} = 2\,882\,021,44 \text{ USD}$$

Por lo tanto, el ahorro para el país por concepto de suministro de combustible teniendo en cuenta la factibilidad del servicio de las bombas de agua podría ser de 2 882 021,44 USD.

### 3.4 Conclusiones parciales del capítulo.

1. Con la aplicación del procedimiento de mejora se realizó un diagnóstico de la situación existente y se obtuvo un programa de mejora del proceso.
2. El cumplimiento del programa de mejora conllevó a redefinir el proceso, elaborar la carpeta correspondiente al mismo y, como parte de ella, los índices de evaluación con rangos validados a partir de métodos estadísticos.
3. La tendencia del proceso fue de aumentar la disponibilidad en un 40,53% y una disminución de del tiempo medio para la reparación de 751,7 horas en 2012 con respecto a 2011 según las órdenes de servicio referidas al diagnóstico integral.
4. Teniendo en cuenta la diferencia de eficiencia entre el Sistema Electroenergético Nacional y la Termoeléctrica Cienfuegos, el proceso de Gestionar Diagnóstico Integral potencialmente pudo ahorrar al país 315 625,90 CUP por concepto de energía factible a generar, y 2 882 021,44 USD por concepto de suministro de combustible en 2012 respecto a 2011.

# **CONCLUSIONES GENERALES**

## CONCLUSIONES GENERALES.

1. El empleo del procedimiento para la mejora de procesos con utilización de métodos y técnicas estadísticas puede aplicarse a cualquier proceso, entre ellos el de diagnóstico integral relacionado con el mantenimiento basado en la condición.
2. El procedimiento Medir, Analizar y Mejorar procesos es aplicable a cualquier mejora de procesos en la organización, tanto por su alcance como por su tipo: desde el establecimiento de un sistema de gestión o la mejora de un proceso específico, por lo que las herramientas a utilizar se adecuan a las condiciones de cada caso de mejora.
3. El procedimiento de mejora aplicado permitió realizar un diagnóstico de la situación existente, que conllevó a la elaboración de un programa de mejora.
4. La implantación del programa de mejora permitió establecer la medición cuantitativa de la influencia del proceso objeto de estudio en la disponibilidad y mantenibilidad de las unidades generadoras.
5. La tendencia del proceso fue de aumentar la disponibilidad en un 40,53% y una disminución de del tiempo medio para la reparación de 751,7 horas en 2012 con respecto a 2011, según las órdenes de servicio referidas al diagnóstico integral, lo cual significa mayor aptitud para la generación.

**RECOMENDACIONES**

## RECOMENDACIONES.

1. Continuar la capacitación del personal implicado en el uso de métodos estadísticos para el control de los procesos.
2. Crear bases de datos dinámicas de las órdenes de servicio de mantenimiento que permitan obtener la información requerida para evaluar el mantenimiento basado en la condición.
3. Extender el método descrito en esta investigación a otros equipos dentro de la organización y a otras plantas térmicas de generación eléctrica en el país.

**BIBLIOGRAFÍA**

---

## BIBLIOGRAFÍA.

La bibliografía ha sido compilada utilizando el Software Zotero, versión del sistema Harvard Reference format 1 Author-Date.

Análisis dinámico avanzado para equipos rotativos. Available at:

[http://www.skf.com/portal/skf\\_co/home/service?contentId=880834&lang=es](http://www.skf.com/portal/skf_co/home/service?contentId=880834&lang=es).

ASME – El Análisis Vibracional en Equipos Rotativos y Mantenimiento Predictivo – Nivel II. Available at: <http://www.enginzone.cl/ingenieria-de-mantenimiento/asme-el-analisis-vibracional-en-equipos-rotativos-y-mantenimiento-predictivo-nivel-i/>.

Diagnóstico de fallas en equipos rotativos. Available at:

<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/cap/cursos/Amen-rotativos.pdf>.

1996. Diagnóstico integral. Texto de la Especialidad de Diagnóstico Integral de CCEE y Subestaciones Eléctricas (SSEE). CIPEL Ciudad de La Habana. Available at: [diagnostico@electrica.cujae.edu.cu](mailto:diagnostico@electrica.cujae.edu.cu).

2009. Gestión por procesos. Available at: [www.novasoft.es](http://www.novasoft.es).

2005. Mejora continua. Available at: [www.calidad.geoscopio.com](http://www.calidad.geoscopio.com).

2009. Mejora Radical. Available at: <http://www.gestiopolis.com/dirgp/adm/produccion.htm>.

Nuestros servicios de mantenimiento predictivo. Available at:

<http://www.vibratech.com.ve/texto/servicios.htm>.

Proyecto de Análisis y Mejora de la Gestión por Proceso. Available at:

<http://www.monografias.com/trabajos88/proyecto-analisis-y-mejora-gestion-proceso/proyecto-analisis-y-mejora-gestion-proceso.shtml>.

2008. Reingeniería de procesos. Available at: [www.gestiopolis.com](http://www.gestiopolis.com).

Servicio de Diagnostico a Equipos Rotativos y de Proceso. Available at:

<http://croper.com.mx/rotativo.html>.

Software professional, SPSS, 233 South Wacker Drive, 11th Floor, Chicago, IL 60606-6412, EE.UU: SPSS Inc. Available at: <http://www.spss.com>.

Acuña, J. A., 2003. Ingeniería de Confiabilidad Primera Edición., Cartago, Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.

Alexander, Alberto G., 1994. La mala calidad y su costo, Estados Unidos: Addison-Wesley Iberoamericana, S.A.

- Alfonso Llanes, Aramis, 2009. Procedimiento para la asistencia decisional al proceso de tercerización de la ejecución del mantenimiento. Tesis Doctoral. Universidad de Oriente Venezuela.
- Beltrán J, M., 2002. Indicadores de Gestión, herramientas para lograr Competitividad., Colombia.
- Beltrán, J., Carmona, M. & Rivas, M., 2002. Guía para una gestión basada en procesos.,
- Billinton, R & Allan, R. N., 1983. Reliability Evaluation of Power Systems.
- Cantú Delgado, H., 2001. Desarrollo de una Cultura de Calidad. MacGraw-Hill., México.
- Carrillo Ramos, Ángel Gabriel, 2002. "Materiales de las Conferencias" (folleto).
- Cilla Álvarez, Ana, 2006. El modelo EFQM de Excelencia.
- Collard, R., O.R., 2003. 18th International Maintenance Conference, the Complimentary Roles of Reliability-Centered Maintenance and Condition Monitoring. Available at: [www.maintenanceconference.com](http://www.maintenanceconference.com).
- Computer Associates, AllFusion Process Modeler., New York, USA: Computer Associates. Available at: [www.ca.com](http://www.ca.com).
- Cortés Cortés, M. E. & Iglesias León, M., 2005. Generalidades sobre Metodología de la Investigación., Ciudad del Carmen. México: UNACAR.
- Chiavenato, I., 1987. Introducción a la Teoría General de la Administración., MacGraw-Hill.
- Cruz Ramírez, M., 2009. El método Delphi en las investigaciones educativas, La Habana: Academia. Available at: [geditora@ceniai.inf.cu](mailto:geditora@ceniai.inf.cu).
- Deming, W. Edward, 1989. La salida de la crisis., Madrid: Díaz de Santos, S.A.
- Drucker, Peter F., La reingeniería es nueva y hay que ponerla en práctica,
- Feigenbaum, A. V., 1991. Total Quality Control. Edición del Aniversario. S. A. Compañía., Editorial Continental.
- Fernández García, Sergio, 2004. 2da. Bienal de Confiabilidad y Mantenibilidad del LAPEM. El diagnóstico moderno como base de la confiabilidad de las centrales y subestaciones eléctricas. In México D.F.
- Fernández García, Sergio, 2007. Diagnóstico, táctica y estrategia. Revista Ingeniería Energética, No. 4, XXV, 47-53.
- Fernández García, Sergio, 1996. Folleto Diagnóstico Integral.
- Fernández-Collado, Carlos. & Sampieri Hernández, Roberto., 2006. Metodología de la Investigación. 4º ed., México: MacGraw-Hill.

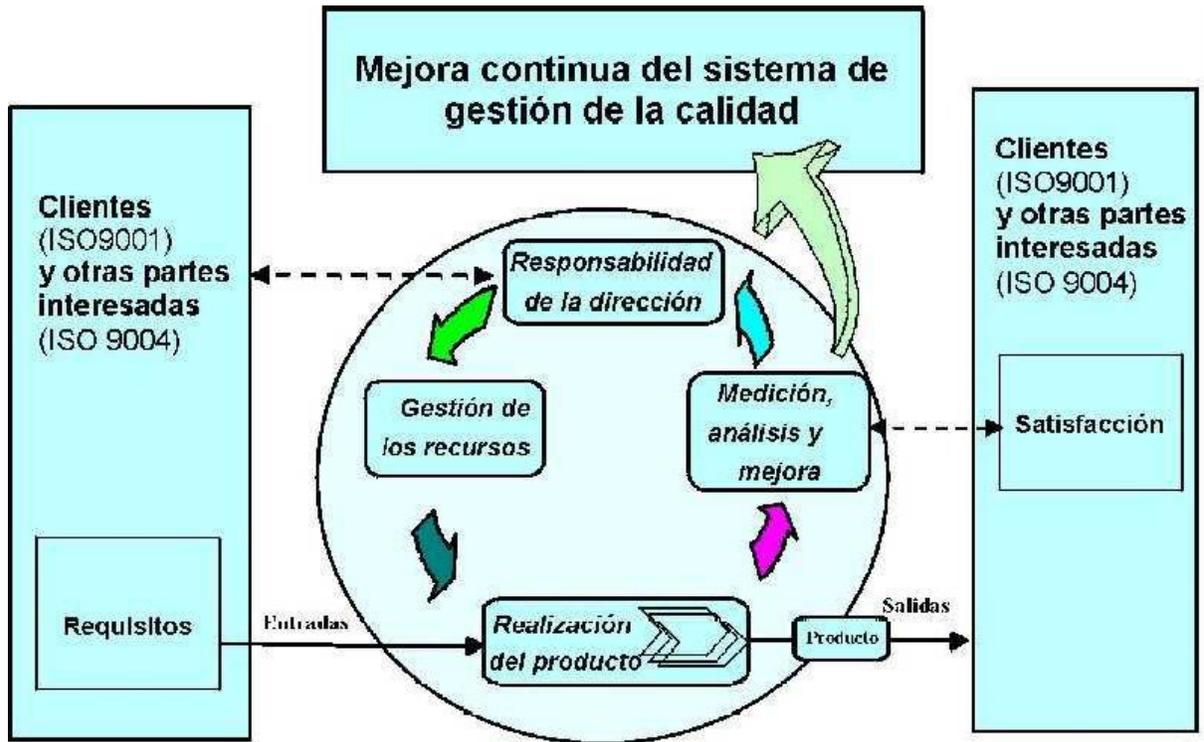
- Ferrer Juliana, Clemenza Caterina & Pérez Rosario, 2002. Gestión de Calidad y su Dimensión Ética en la Pequeña y Mediana Empresa Metalmeccánica de la Región Zuliana.
- Fisher, R.A., 1992. On the mathematical foundations of theoretical statistics. Available at: <http://digital.library.adelaide.edu.au/dspace/handle/2440/15172>.
- Flores R., Carlos E., 2000. Equipo de Diagnostico Mantenimiento centrado en la condición. Available at: [www.solomantenimiento.com](http://www.solomantenimiento.com).
- Gómez Dorta, R., 2001. Procedimientos para el mejoramiento de la calidad de la generación y el consumo de energía. Tesis Doctoral. UCLV (Villa Clara).
- Gondres, I., 2005. Considerations about the Maintenance in Electrical Networks. St. Petersburg, Russia.
- González, M.G., 2006. Modelo de Indicadores de Calidad en la Vida de Proyectos Inmobiliarios.
- Gutiérrez Pulido, H., 2003. Calidad Total y Productividad, México: MacGraw Hill.
- Gutiérrez Pulido, Humberto & Salazar, Ramón de la Vara, 2007. Control estadístico de calidad y seis sigmas, México: Mc Graw Hill.
- Hair, Joseph F., Anderson, Rolph E. & Otros, Análisis Multivariante 5<sup>o</sup> ed., España: PRENTICE HALL.
- Harrington, H.J., 1997. Administración Total del Mejoramiento Continuo. La Nueva Generación., Colombia: MacGraw Hill.
- Harrington, H.J., El mejoramiento de los procesos de la empresa., Colombia: MacGraw-Hill.
- Hernández, Pedro L., Carro, Miguel & Montes de Oca, Juan, 2008. Optimización del mantenimiento preventivo utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Resultados finales y evaluación económica. , Energética Vol. XXIX. Available at: <http://confiabilidad.net/articulos/optimizacion-integral-de-mantenimiento/>.
- Hernández, Pedro L., Carro, Miguel & Montes de Oca, Juan, 2008. Optimización del mantenimiento preventivo utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Fundamento teórico práctico. , Energética Vol. XXIX. Available at: <http://confiabilidad.net/articulos/optimizacion-integral-de-mantenimiento/>.
- <http://www.ucbcba.edu.bo/orgaest/ceind/interesante.html>, 2008. Certificaciones de Calidad. Available at: <http://www.ucbcba.edu.bo/orgaest/ceind/interesante.html>.
- Huacuz A. Héctor, 2003. 1er Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento. Determinación de la frecuencia óptima de mantenimiento pre actualización de Frecuencias Bajo un Enfoque Practicoventivo. Available at: [www.noria.com.mx](http://www.noria.com.mx).
- Huacuz A., Héctor, 2012. Estrategias de Mantenimiento Predictivo. PMBC: Programas de Mantenimiento Basado en la Condición. Available at: [www.confabilidad.com.ve](http://www.confabilidad.com.ve).

- Ishikawa, K., 1991. Introduction to Quality Control., La Habana: E. Revolucionaria.
- Juran, J. M. & Gryna, F.M., 1995. Análisis y Planeación de la Calidad., México: MacGraw-Hill.
- Juran, J.M., 1990. Juran y el liderazgo para la calidad: Un manual para directivos.
- Juran, Joseph. M., 1999. Manual de Calidad de Juran 5º ed., España: MacGraw-Hill.
- Law Averill, M., & Kelton, David, 2000. Simulation Modeling and Analysis, Mc. Graw Hill.
- López Acosta, Hugo, Veranes González, Andrés & Pernús, Antonio B., 2008. Diagnóstico de Máquinas Rotatorias por Análisis Dinámico. Disposiciones Generales.
- Moubray, J., 2007. Estrategias del mantenimiento, un nuevo paradigma. Available at: <http://www.mantenimientomundial.com/notas/RcmlIntro.asp>.
- National Electrical Code, 2008. Annex F Availability and Reliability for Critical Operations Power Systems; and Development and Implementation of Functional Performance Tests (FPFs) for Critical Operations Power Systems.
- National Institute of Standards and Technology, 1993. BPMG, AllFusion Process Modeler, Methods Guide. Version 4.1. Available at: [www.nist.gov](http://www.nist.gov).
- National Institute of Standards and Technology, 1993. Draft Federal Information Processing Standard Publication 183.
- NC ISO 3534-2, 2000. NC ISO 3534-2: 2000 Estadística. vocabulario y símbolos. Parte 2: Control estadístico de la Calidad.
- NC ISO 9000, 2005. NC ISO 9000 Sistemas de Gestión de la Calidad-Fundamentos y vocabulario.
- NC ISO 9001, 2008. NC ISO 9001 Sistemas de Gestión de la Calidad-Requisitos.
- NC ISO 9004, 2009. NC ISO 9004 Gestión para el éxito sostenido de una Organización.
- NC ISO/TR 10 017, 2005. NC ISO/TR 10 017 Orientación sobre las Técnicas Estadísticas para la Norma ISO 9001:2000.
- NC-ISO 8258, 2002. NC-ISO 8258 Gráficos de Control de SHEWHART.
- Padrón V., 1996. Análisis comparativo de los distintos enfoques en la gestión de la calidad., Esic market.
- Pernús García, Antonio B., López Acosta, Hugo & Veranes González, Andrés, 2008. Diagnóstico. Disposiciones Generales.
- Pernús García, Antonio B., & Fernández García, Sergio J., 2012. 16 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. Desarrollo del Proyecto para la Implementación del Diagnóstico Integral en las Centrales Termoeléctricas Cubanas. Available at: [diagnostico@electrica.cujae.edu.cu](mailto:diagnostico@electrica.cujae.edu.cu).

- Pinto Alan, Kardec, Xavier Nascif, & otros, 2004. Función estratégica. Cubana,
- Pons Murguía, R. Á., 1998. Gestión para la Calidad Total., Managua, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Pons Murguía, Ramón & Villa González del Pino, Eulalia., 2006. Monografía Gestión por Procesos.
- Ricardo Cabrera, Henry, 2009. Procedimiento para la mejora continua de los procesos de la Empresa de Productos Lácteos Escambray. Cienfuegos.
- Rodríguez Perón, J.M., Aldana Vilas, L. & Villalobos Hevia, N., 2010. Método Delphi para la identificación de prioridades de ciencia e innovación tecnológica. , (Revista Cubana de Medicina militar). Available at: <http://scielo.sld.cu>.
- Romero Lau, Iguert, 2011. Implantación de un procedimiento para el mejoramiento de la calidad de los componentes que conforman el racor en la UEB de Mangueras Hidráulicas de la Empresa Oleohidráulica Cienfuegos. Cienfuegos.
- Ronda Pupo, G., 2002. Modelo de Dirección Estratégica para Órganos de Seguridad y Protección en el contexto cubano. ISPJAE (Ciudad Habana),
- Santiago, Jorge, 2011. VI Congreso Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento. Estrategias y métodos hacia un mantenimiento proactivo de clase mundial y sus resultados. Available at: [www.loctite.com](http://www.loctite.com).
- Sotuyo Blanco, Santiago, Optimización Integral de Mantenimiento. Available at: <http://confiabilidad.net/articulos/optimizacion-integral-de-mantenimiento/>.
- Sueiro, Guillermo, 2006. Mantenimiento basado en la condición (CBM). Available at: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/excelencia.pdf>.
- Tabares, Lourival, 2005. Administración moderna del mantenimiento, Valencia, España.
- Taguchi G., 1989. Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes/ G Taguchi. Tokyo: Asian Productivity Organization,
- Tamayo, Luisa F. & García, Germán L., 2009. 5to Congreso Uruguayo de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad, URUMAN Montevideo, Uruguay. Available at: [http://www.uruman.org/5to\\_congreso/conferencias/Luisa%20Tamayo/TT%20Luisa%20Tamayo%202009.pdf](http://www.uruman.org/5to_congreso/conferencias/Luisa%20Tamayo/TT%20Luisa%20Tamayo%202009.pdf).
- Tamborero del Pino, José María. & Cevaljo Lapeña, Antonio, 2009. Fiabilidad: La distribución lognormal.
- Walpole, R. E., Myers, R. H. & Myers, S. L., 2008. Probabilidad y estadística para ingenieros. Sexta., La Habana: Félix Varela.

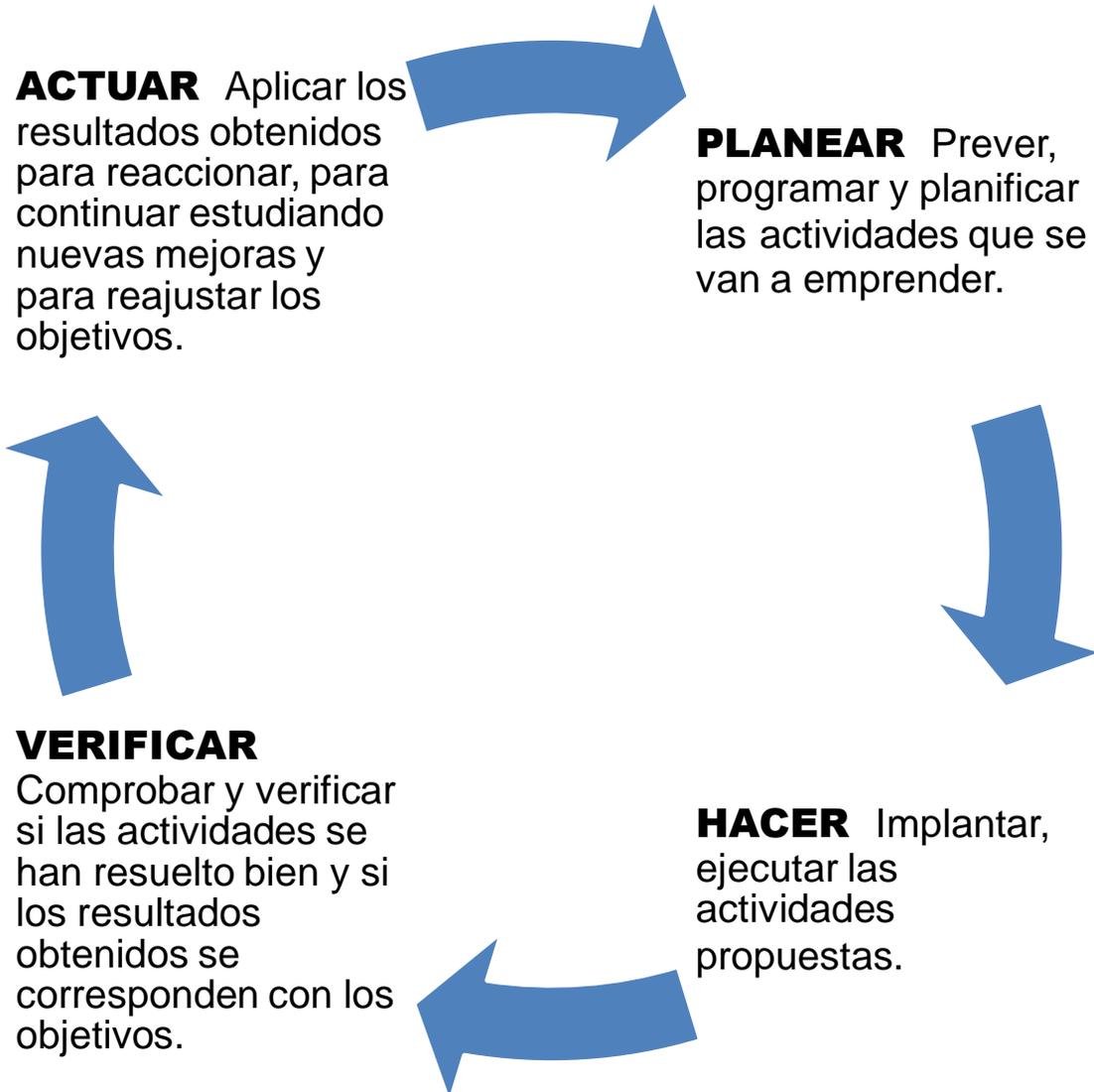


Anexo No.1. Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos.



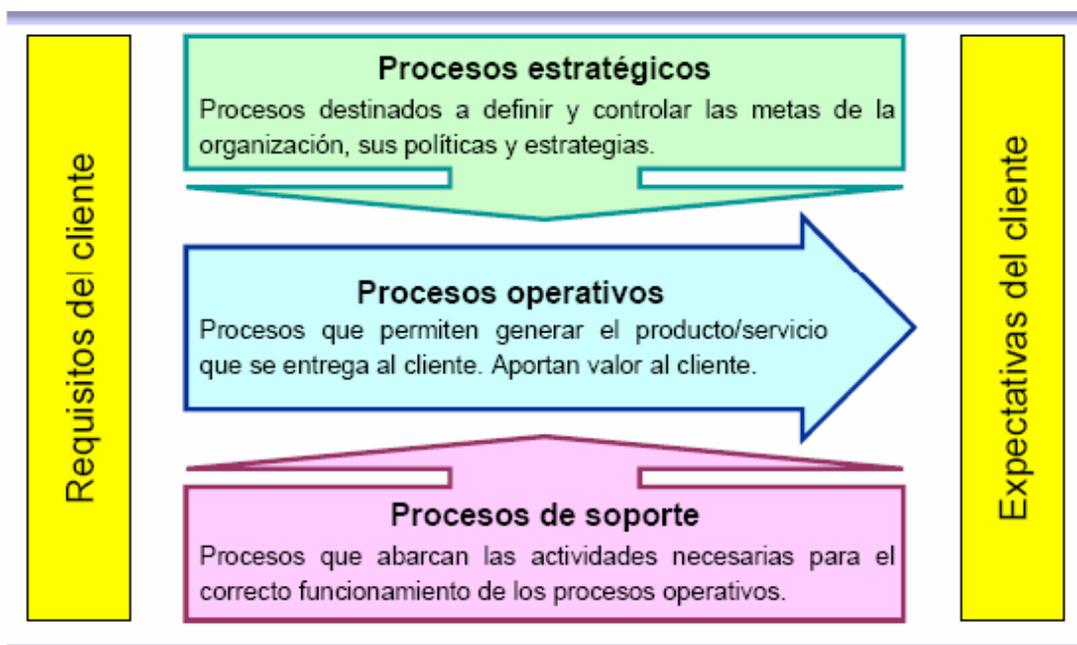
Fuente: (NC ISO 9000, 2005)

Anexo No. 2. Ciclo Gerencial de Deming (Planear, Hacer, Verificar, Actuar).



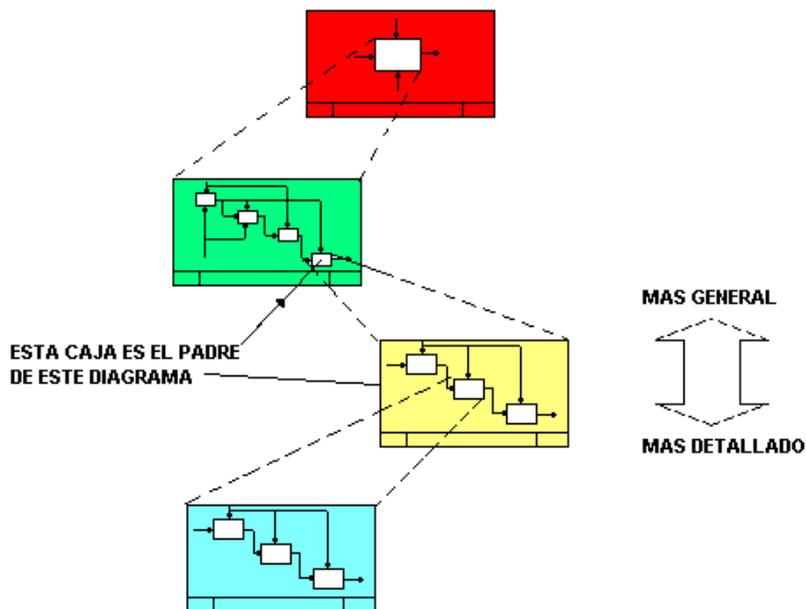
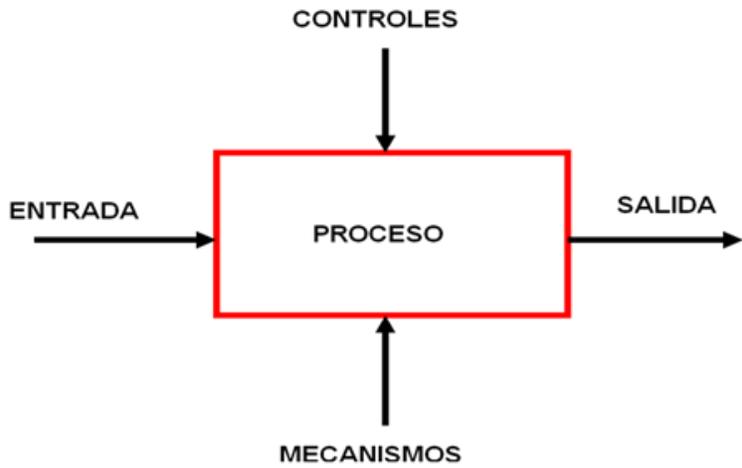
Fuente: (Deming, W. Edward, 1989)

Anexo No. 3. Representación de un mapa de proceso.



Fuente: (Pons Murguía, Ramón and Villa González del Pino, Eulalia., 2006)

Anexo No. 4. Descripción de un proceso y su desdoblamiento escalonado.



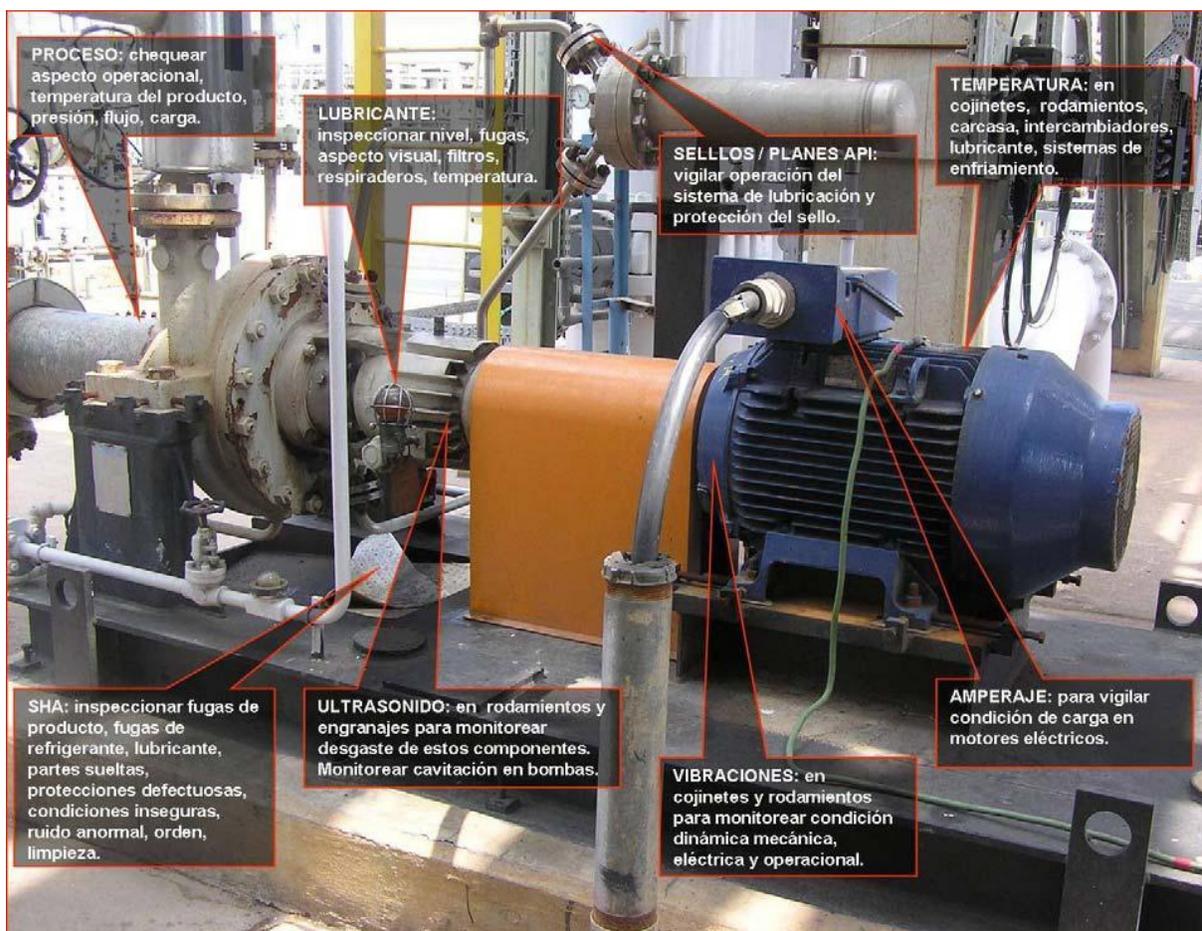
Fuente: (National Institute of Standards and Technology, 1993)

**Anexo No. 5. Análisis comparativo de los procedimientos para la mejora.** Fuente: Elaboración propia.

Procedimientos para la Mejora.	Ventajas	Desventajas
Ciclo Shewhart y Deming	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegura un programa en el cual se ha convenido para la terminación del proyecto.</li> <li>• Asegura el análisis, la verificación y la eliminación de los modos de fallos más probables.</li> <li>• Facilita la puesta en práctica de controles para supervisar y administrar el nuevo proceso mejorado.</li> <li>• Crea las condiciones para la capacitación permanente y la actualización de la documentación que se requiere en cada ciclo de mejora.</li> <li>• Evita la reaparición de las causas que provocan los problemas, mediante la estandarización de los procesos mejorados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No está de acuerdo con el establecimiento de objetivos pues considera que el no alcanzar los mismos, pudiera generar frustración y miedo en el personal involucrado.</li> </ul>
Kaoru Ishikawa [1985]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este enfoque sienta las bases para las prácticas obligadas para la mejora de procesos.</li> <li>• Describe el entendimiento de las necesidades de los clientes y de describir el proceso para identificar las oportunidades de mejora,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La mayor parte de las mejores prácticas actuales de la mejora de procesos, están descritas en un procedimiento que tiene más de 20 años, y es por eso precisamente que se decide incluirlo en este análisis.</li> <li>• El procedimiento no establece claramente la utilización de herramientas de mejoramiento fuera del marco de las siete herramientas básicas de calidad y de las herramientas genéricas de control estadístico de procesos.</li> <li>• No se incluyen la opción de seleccionar entre enfoques de mejora continua y reingeniería. Debe considerarse que dentro de la filosofía japonesa, la reingeniería no se consideraba un enfoque independiente.</li> <li>• No responde a las exigencias para la mejora de procesos en industrias de servicio.</li> </ul>

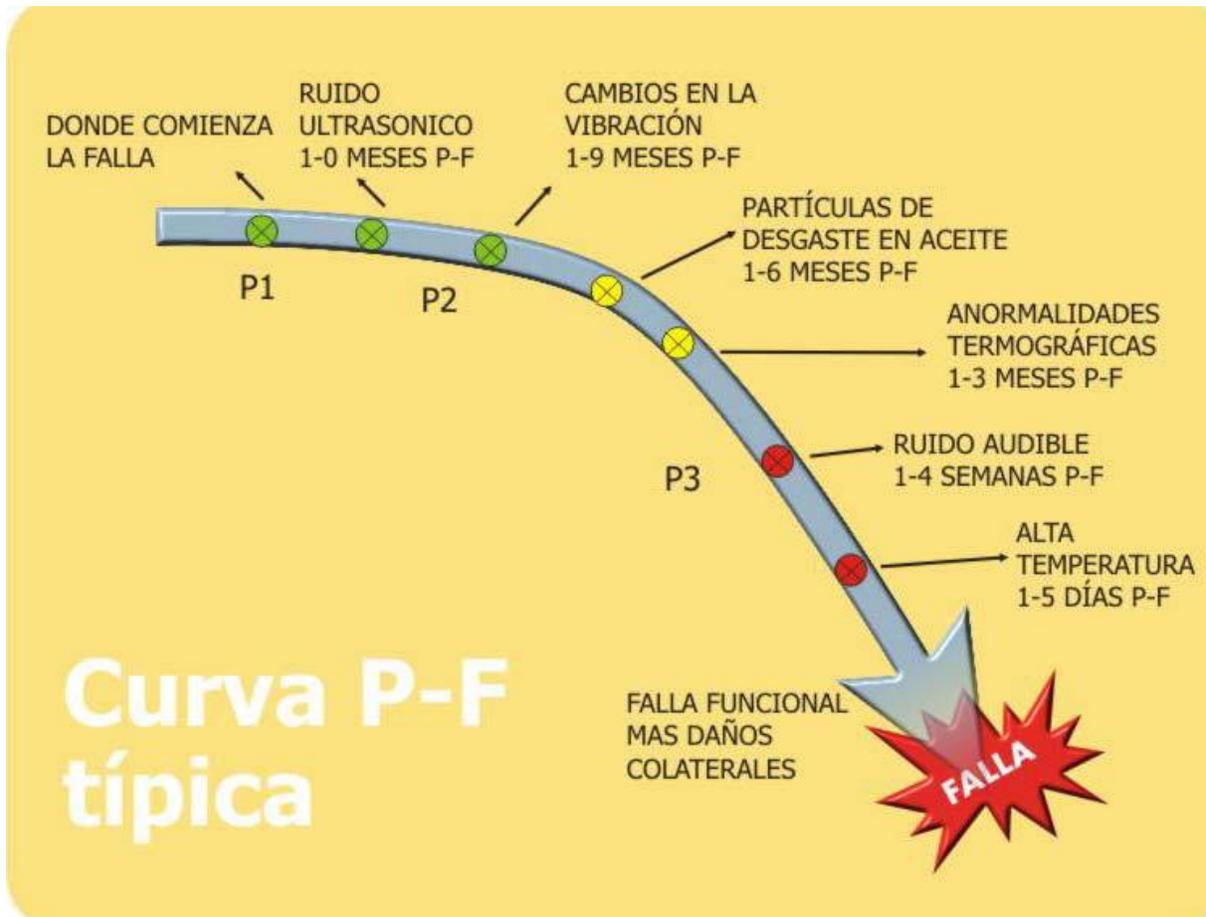
<p>Juran [2001]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aborda excelentemente el proceso de transferencia del nuevo proceso o el proceso rediseñado</li> <li>• Se aborda adecuadamente la identificación de la voz del cliente y la necesidad de la medición del desempeño del proceso.</li> <li>• El modelo reconoce la importancia de utilizar enfoques tanto de mejora continua como de reingeniería para desarrollar la mejora del proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El rediseño o diseño del proceso se concibe en la fase de planificación, sin embargo, se dedican otras dos fases completas a la transferencia y operación, este aspecto podría provocar que se pierda de vista el objetivo fundamental de la mejora de procesos.</li> <li>• La fase de operación incluye disciplinas como el control de la calidad del proceso y la mejora del proceso, este punto hace que el modelo sea bastante complejo desde el punto de vista técnico.</li> </ul>
<p>H. James Harrington [1997]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se incluyen todos los elementos, conceptos, procedimientos y herramientas que constituyen las mejores prácticas en la mejora de procesos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La complejidad del modelo hace que se requiera, en las organizaciones donde se vaya a implementar, un planteamiento estratégico correcto, estructuras flexibles, conocimiento acumulado y personas propensas al cambio. En resumen, una organización en busca de la excelencia.</li> <li>• El procedimiento plantea un fuerte enfoque hacia el cliente externo, pero lo hace apoyándose en conceptos y herramientas tradicionales, que quizás no respondan a las necesidades de algunas empresas. (por ejemplo en el sector de servicios)</li> </ul>
<p>NC-ISO 9000: 2005.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene reconocimiento internacional.</li> <li>• Combina la dirección por objetivos con la gestión de la calidad de manera armónica.</li> <li>• Su basamento es la gestión por procesos.</li> <li>• Tiene basamento en métodos estadísticos a aplicar.</li> <li>• Permite la integración con otros sistemas de gestión (gestión ambiental, seguridad y salud ocupacional, gestión energética, etc.).</li> <li>• Permite la certificación de la organización.</li> <li>• Se consiguen mejoras y resultados visibles en un corto plazo.</li> <li>• Incrementa la productividad y dirige la organización hacia la competitividad, lo cual es de vital importancia para las actuales condiciones del entorno.</li> <li>• Incluye el ciclo PHVA.</li> <li>• Considera tanto el producto intangible como el producto tangible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laconismo.</li> <li>• Dice "qué" pero no "cómo" hacerlo.</li> <li>• Las guías para su explicación e implantación son insuficientes.</li> </ul>

## Anexo No. 6. Aplicación de las tecnologías predictivas.



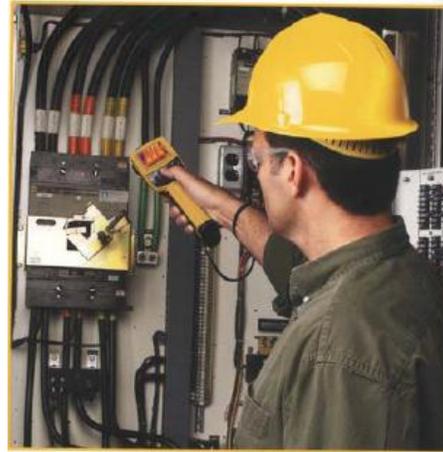
Fuente: (Huacuz A., Héctor, 2012)

Anexo No. 7. Curva tiempo para la falla.



Fuente:(Huacuz A., Héctor, 2012)

## Anexo No. 8. Cámara termográfica.



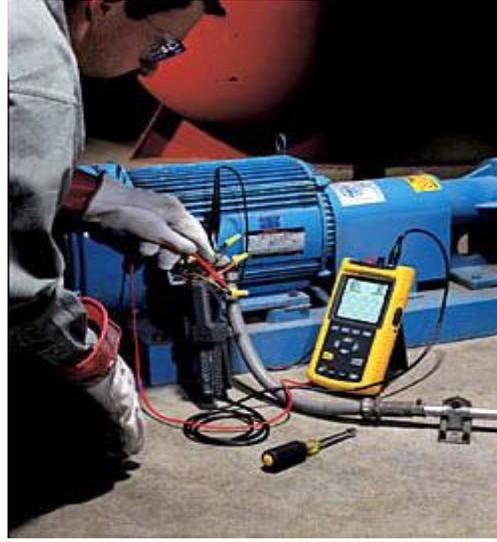
Existen variedad de opciones, pero únicamente se comenta la cámara Terma Cam P60, cámara infrarroja que permite el monitoreo de toda clase de equipos y maquinaria, cuyas condiciones de operación podrían generar temperaturas fuera de diseño. Como por ejemplo motores eléctricos, transformadores, disyuntores, tableros eléctricos de distribución, calderas, etc.

Es versátil, portátil y eficaz, equipada con software que permite cargar y descargar imágenes y datos en computadora, al igual que una cámara de vídeo, posee las funciones de *zoom*, puede monitorear rangos de temperatura de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$  con una exactitud de  $\pm 2\%$ . Su fuente de alimentación es una batería recargable que puede darnos hasta dos horas continuas de operación y cuenta con sólo 2 kg de peso. (Flores R., Carlos E., 2000)

**Anexo No. 9. Analizadores de calidad de energía**



Analizador de calidad de energía Fluke 43B



Aplicación del analizador Fluke 43B



Analizador de calidad de energía AEMC



Analizador de calidad de energía METREL



Analizador registrador para monitoreo de redes eléctricas.

En la actualidad un factor crítico es el consumo de energía, ya que es un recurso de alto costo de adquisición y encarece los precios de los productos o servicios en la industria y el comercio. Por esta razón, en el mantenimiento de análisis de condición se utilizan los equipos ya sea en operación o en parada para monitoreo de la calidad de energía que se pudiera estar generando o utilizando. Este equipo de monitoreo puede medir los siguientes factores eléctricos: Voltaje y sus fluctuaciones, frecuencia y sus fluctuaciones, potencia y factor de potencia.

Existe una variedad de opciones entre la que destaca el equipo Fluke 43B. Equipo muy versátil y portátil para chequeo en parada, cuenta con prensa fija y flexible, además que posee un osciloscopio incorporado, sus rangos de medición son: Medida de la energía (potencia activa, potencia real y potencia reactiva), factor de potencia, fluctuaciones de frecuencia, corrientes de marcha y arranque de motores, etc. (Flores R., Carlos E., 2000)

**Anexo No. 10. Analizador de vibraciones.**



Analizador de vibraciones portátil VIBCHECK

Siendo un factor crítico en cualquier equipo o maquinaria dinámico la vibración tanto por operación, como por sintomatología en la presencia de fallas o averías, actualmente ha tomado mucho auge esta aplicación y de la misma manera como con los otros equipos, se puede encontrar una diversidad y opciones. (Flores R., Carlos E., 2000)

**Anexo No. 11. Analizador evaluador de condiciones de operación de motores.**



Evaluador de circuitos de motor



Utilización del Evaluador de circuitos.

Se puede encontrar en todo tipo de aplicación, siendo un equipo versátil en su operación, y por tanto se utiliza en controles rigurosos desde el punto de vista del mantenimiento de condición, ya que ello permite mantener la confiabilidad de equipos y maquinarias.

También en esta área existen muchas opciones y corresponde a cada ingeniero de planta seleccionar los equipos que más se adapten a sus necesidades sin provocar un gran impacto en sus costos de operación.

El MCE Mtap2 (Motor Circuit Evaluator) es un equipo que por sus características especiales, es fácil de utilizar y es portátil; se puede emplear en: pruebas en motores de corriente alterna y directa y motores especiales; monitorea cinco zonas de posible falla, circuito de alimentación, estator, rotor, entrehierro y aislamiento eléctrico. (Flores R., Carlos E., 2000)

**Anexo No. 12. Certificados de otorgado por la Oficina Nacional de Certificación del proceso Generación de Energía Eléctrica de los años 2008 y 2012 respectivamente.**



REPUBLICA DE CUBA

OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACION

# CERTIFICADO

que se otorga a

## Empresa Termoeléctrica de Cienfuegos

Carretera a O'Bourke No. 914. Zona Industrial No. 1. Cienfuegos  
Cienfuegos

por tener implantado un SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
que satisface los requisitos establecidos en

**NC-ISO 9001:2008**

con el alcance

### Generación de energía eléctrica

Expedido en Ciudad de La Habana a los 29 días del mes de Diciembre de 2008

Registro No. 014-2008

Válido hasta: 29 de Diciembre de 2011

Sujeto al mantenimiento de las condiciones por las cuales fue concedida la certificación

Dra. Hortensia Nancy Fernández Rodríguez  
Directora General  
Oficina Nacional de Normalización



REPUBLICA DE CUBA

OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACION

# CERTIFICADO

que se otorga a

## Empresa Termoeléctrica de Cienfuegos

Carretera a O'Bourke # 914, Zona Industrial No. 1,  
Cienfuegos

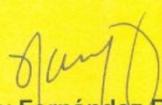
por tener implantado un SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
que satisface los requisitos establecidos en

**NC-ISO 9001:2008**

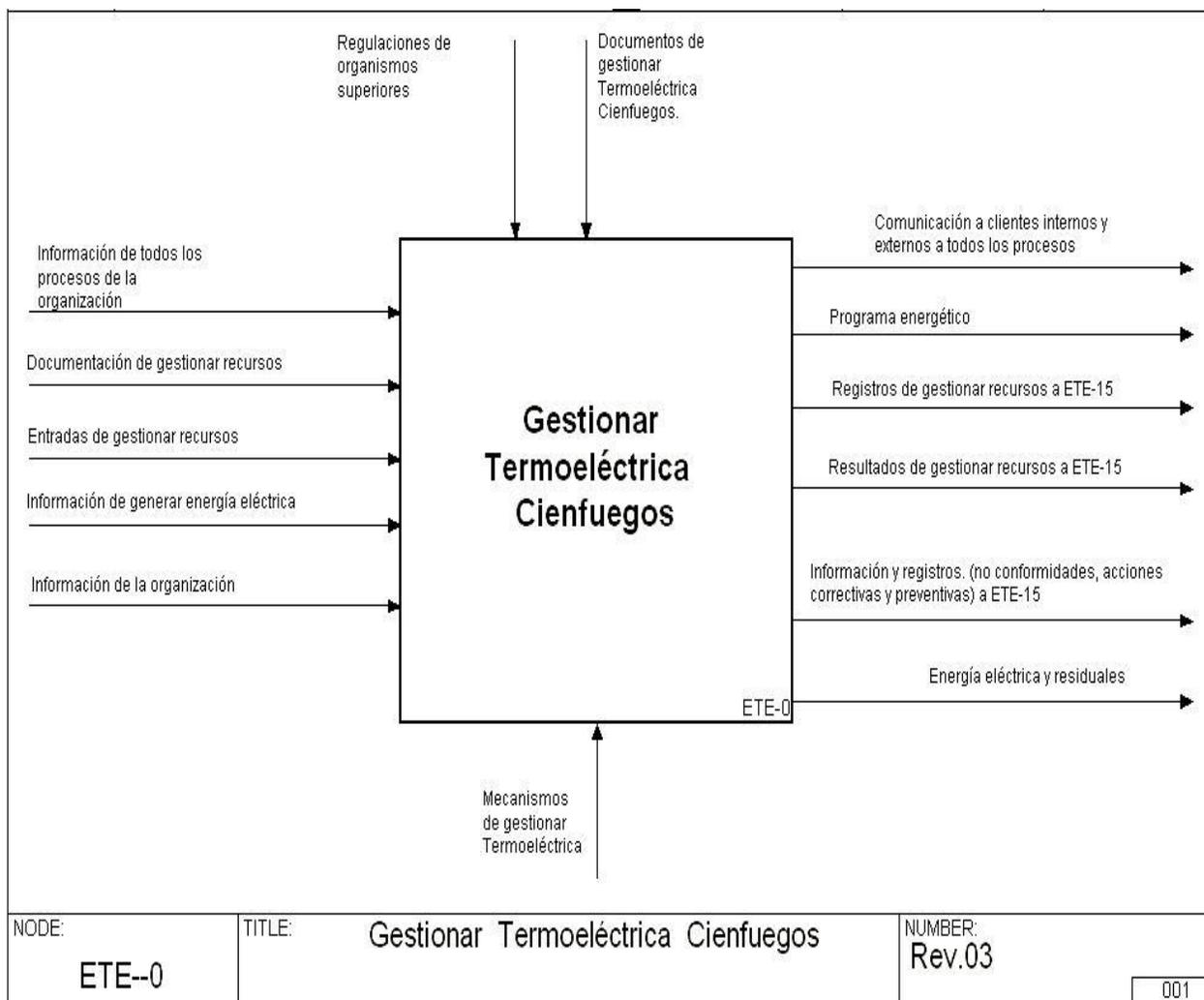
con el alcance

**Generación de energía eléctrica.**

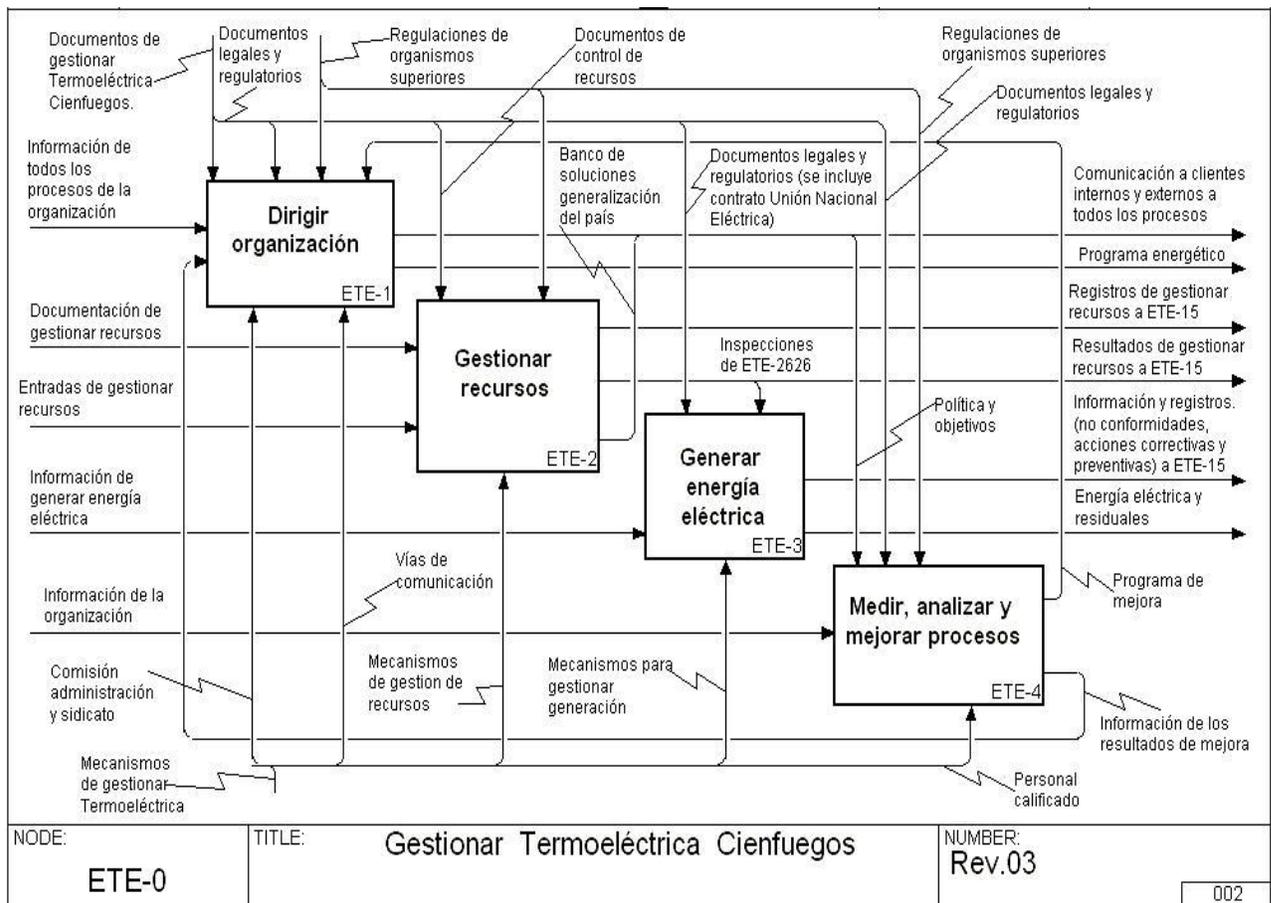
Expedido en La Habana a los 14 días del mes de mayo de 2012  
Registro No. 014-2008      Válido hasta: 14 de mayo de 2015  
Sujeto al mantenimiento de las condiciones por las cuales fue concedida la certificación

  
Dra. C. Hortensia Nancy Fernández Rodríguez  
Directora General  
Oficina Nacional de Normalización

**Anexo No. 13. Diagrama de contexto de la Termoeléctrica Cienfuegos. Hoja 1 de 2.**

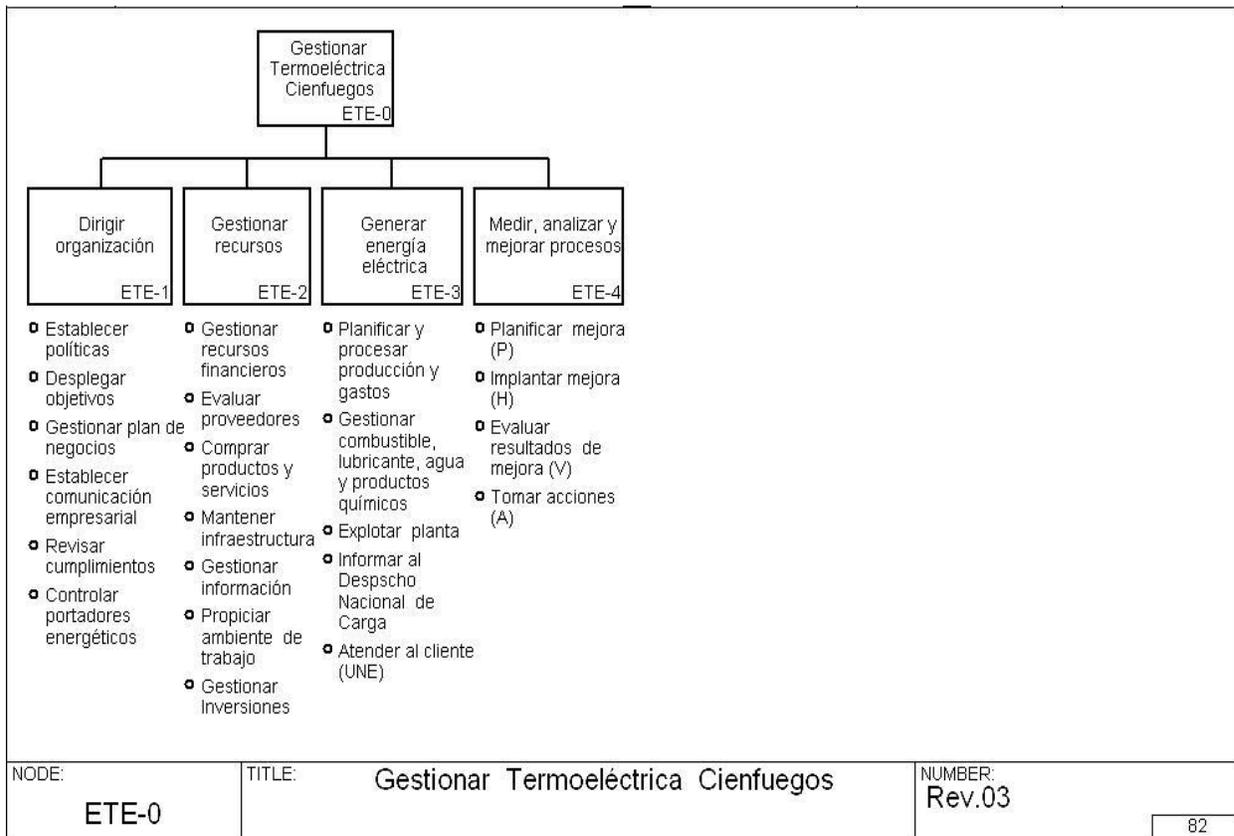


**Anexo No. 13. Diagrama de contexto de la Termoeléctrica Cienfuegos. Hoja 2 de 2.**



Fuente: Elaboración propia

**Anexo No. 14. Diagrama de árbol de la Termoeléctrica de Cienfuegos.**



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 15. Avaluos de los clientes por los servicios de consultoría prestados**



E. T. E.  
CIENFUEGOS

Cienfuegos, Enero 21 de 2009  
"Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución"

Ref: Aval de trabajo realizado

Por este medio hago constar que los compañeros M. Sc. Juan de Dios Mirabal Monteagudo e Ing. María Magdalena Gómez Rodríguez pertenecientes a la Dirección de Certificación Industrial del Centro Nacional para la Certificación Industrial (CNCI, MINBAS) efectuaron la asesoría de nuestra Organización en la implementación del Sistema de Gestión de la Calidad con profesionalidad, ética y dominio de la norma NC-ISO 9001: 2001 y del software AllFusion Process Modeler.

El servicio se ejecutó desde Noviembre de 2003 hasta Octubre de 2008, lo cual permitió preparar a la Entidad para la Certificación del Sistema por la Oficina de Nacional de Normalización según la norma NC-ISO 9001: 2008, con certificado emitido el 29 de Diciembre de 2008 según la Resolución 260/08 y Registro 014/08.

Con el presente Aval expresamos nuestra conformidad con el servicio recibido.

Atentamente,

Ing. José Antonio Puerto Pérez  
Director General  
Empresa Termoeléctrica Cienfuegos.



cc. Archivo



Ministerio de la Industria Básica  
Unión Eléctrica  
UEBG Cayo Coco

Carretera Cayo Guillermo Km 1.  
Ciego de Ávila  
Tel: (53)(32) 301187; 301333;  
Fax: (53)(32) 301333  
E-mail: ;



Centro Vanguardia  
Nacional

Cayo Coco, Diciembre 22 del 2004

Ref: Aval de trabajo realizado

Por este medio hago constar que los compañeros M. Sc. Juan de Dios Mirabal Monteagudo, Ing. Armando Feijoo Guzmán e Ing. María Magdalena Gómez Rodríguez representando a Inversiones Gamma, S.A. cumplieron el servicio de asesoría y soporte técnico en la implementación del Sistema de Gestión de la Calidad en nuestra Entidad, según Contrato IG-AR-057-04, con profesionalidad, ética y dominio de la normativa ISO 9001: 2000 y del software AllFusion Process Modeler.

El servicio se ejecutó desde Marzo hasta Diciembre del 2004 y permitió preparar a la Entidad para la obtención de la Certificación del Sistema por Lloyd's Register Quality Assurance Ltd.

Mediante el presente Aval expresamos nuestra conformidad con el servicio recibido.

Atentamente,

  
Ing. Héctor Ojeda Gómez  
Director UEBG Cayo Coco



cc. Archivo

**Anexo No. 16. Lista de chequeo para realizar el diagnóstico sobre el cumplimiento de la norma NC-ISO 9001: 2008.**

Punto	Requisitos	Cumplido	No cumplido	Parcialmente cumplido	No procede
4, 4.1	<b>Sistema de gestión de la calidad.</b> Requisitos generales.				
	¿Están determinados los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización?				
	¿Están determinadas las secuencias e interacción de estos procesos?				
	¿Están determinados los criterios y los métodos necesarios para asegurarse de que tanto la operación como el control de estos procesos sean eficaces?				
	¿Se asegura la organización de la disponibilidad de recursos e información para apoyar la operación y el seguimiento de estos procesos?				
	¿Se realiza el seguimiento, la medición cuando sea aplicable y el análisis de estos procesos?				
	¿Se implementan las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de los procesos?				
4.2, 4.2.1	<b>Requisitos de la documentación.</b> Generalidades.				
	¿Están declarados y documentados la política de la calidad y los de objetivos de la calidad?				
	¿Existe el manual de la calidad de la organización?				
	¿Están documentados los procedimientos y los registros requeridos por esta Norma Internacional?				
	¿Están identificados los documentos, incluidos los registros que la organización determina que son necesarios para asegurarse de la eficaz planificación, operación y control de sus procesos?				
4.2.2	<b>Manual de la calidad</b>				
	¿El manual de la calidad cumple con el alcance del sistema de gestión de la calidad, incluyendo los detalles y la justificación de cualquier exclusión, los procedimientos documentados establecidos para el sistema de gestión de la calidad, o referencia a los mismos y				

	una descripción de la interacción entre los procesos del sistema de gestión de la calidad?				
4.2.3	¿Está documentado el procedimiento que defina los controles necesarios para: aprobar los documentos en cuanto a su adecuación antes de su emisión, revisar y actualizar los documentos cuando sea necesario y aprobarlos nuevamente, asegurarse de que se identifican los cambios y el estado de la versión vigente de los documentos, asegurarse de que las versiones pertinentes de los documentos aplicables se encuentran disponibles en los puntos de uso, asegurarse de que los documentos permanecen legibles y fácilmente identificables, asegurarse de que los documentos de origen externo, que la organización determina que son necesarios para la planificación y la operación del sistema de gestión de la calidad, se identifican y que se controla su distribución, y prevenir el uso no intencionado de documentos obsoletos, y aplicarles una identificación adecuada en el caso de que se mantengan por cualquier razón?				
4.2.4	¿Está documentado el procedimiento control de los registros que defina los controles necesarios para la identificación, el almacenamiento, la protección, la recuperación, la retención y la disposición de los registros?				
	¿Están controlados los registros establecidos por la organización que proporcionen evidencia de la conformidad con los requisitos así como de la operación eficaz del sistema de gestión de la calidad?				
	¿Los registros son legibles, fácilmente identificables y recuperables?				
5, 5.1	<b>Responsabilidad de la dirección.</b> Compromiso de la dirección				
	¿La alta dirección proporciona evidencia de su compromiso con el desarrollo e implementación del sistema de gestión de la calidad, así como con la mejora continua de su eficacia?				
5.2	<b>Enfoque al cliente</b>				
	¿La alta dirección se asegura de que los requisitos del cliente se determinan y se cumplen con el propósito de aumentar la satisfacción del cliente?				
5.3	<b>Política de la calidad</b>				

	¿Es adecuada al propósito de la organización, incluye un compromiso de cumplir con los requisitos y de mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad, proporciona un marco de referencia para establecer y revisar los objetivos de la calidad, es comunicada y entendida dentro de la organización y es revisada para su continua adecuación?				
5.4	<b>Planificación</b>				
5.4.1	<b>Objetivos de la calidad</b>				
	¿La alta dirección se asegura de que los objetivos de la calidad, incluyendo aquellos necesarios para cumplir los requisitos para el producto, se establecen en las funciones y los niveles pertinentes dentro de la organización?				
	¿Los objetivos de la calidad son medibles y coherentes con la política de la calidad?				
5.4.2	<b>Planificación del sistema de gestión de la calidad</b>				
	La alta dirección se asegura de que la planificación del sistema de gestión de la calidad se realiza con el fin de cumplir los requisitos citados en el apartado 4.1, así como los objetivos de la calidad?				
	¿La alta dirección mantiene la integridad del sistema de gestión de la calidad cuando se planifican e implementan cambios en éste?				
5.5	<b>Responsabilidad, autoridad y comunicación</b>				
5.5.1	<b>Responsabilidad y autoridad</b>				
	¿La alta dirección se asegura de que las responsabilidades y autoridades están definidas y son comunicadas dentro de la organización?				
5.5.2	<b>Representante de la dirección</b>				
	¿La alta dirección se asegura a través del representante nombrado por ella, de que se establecen, implementan y mantienen los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad?				
	¿La alta dirección se asegura a través del representante nombrado por ella de ser informada sobre el desempeño del sistema de gestión de la calidad y de cualquier necesidad de mejora?				

	¿La alta dirección se asegura a través del representante nombrado por ella de que se promueva la toma de conciencia de los requisitos del cliente en todos los niveles de la organización?				
5.5.3	<b>Comunicación interna</b>				
	¿La alta dirección se asegura de que se establecen los procesos de comunicación apropiados dentro de la organización y de que la comunicación se efectúa considerando la eficacia del sistema de gestión de la calidad?				
5.6	<b>Revisión por la dirección</b>				
5.6.1	Generalidades				
	¿La alta dirección de la organización revisa sistemáticamente el sistema de gestión de la calidad a intervalos planificados?				
	¿Se dispone de los recursos necesarios para estas revisiones? ¿Se utilizan los resultados de las revisiones por la dirección para modificar y mejorar el sistema de gestión de la calidad?				
5.6.2	La información para la para la revisión a incluye:				
	Los resultados de auditorías?				
	La retroalimentación del cliente?				
	El desempeño de los procesos y la conformidad del producto?				
	El estado de las acciones correctivas y preventivas?				
	Las acciones de seguimiento de revisiones por la dirección previas?				
	Los cambios que podrían afectar al sistema de gestión de la calidad?				
	Las recomendaciones para la mejora?				
5.6.3	Los resultados de la revisión incluye:				
	La mejora de la eficacia del sistema de gestión de la calidad y sus procesos?				
	La mejora del producto en relación con los requisitos del cliente?				
	Las necesidades de recursos?				
6	<b>Gestión de los recursos</b>				
6.1	<b>Provisión de recursos</b>				

	¿La organización determina y proporciona recursos para implementar y mantener el sistema de gestión de la calidad y mejorar continuamente su eficacia?				
	¿La organización determina y como aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos?				
6.2	<b>Recursos humanos</b>				
6.2.1	<b>Generalidades</b>				
	¿La organización se asegura de que el personal que realice trabajos que afecten a la conformidad con los requisitos del producto es competente en cuanto a la educación, formación, habilidades y experiencia apropiadas?				
6.2.2	<b>Competencia, formación y toma de conciencia</b>				
	¿La organización determina la competencia necesaria para el personal que realiza trabajos que afectan a la conformidad con los requisitos del producto?				
	¿La organización determina cuándo es aplicable, proporcionar formación o tomar otras acciones para lograr la competencia necesaria?				
	¿La organización determina cómo evaluar la eficacia de las acciones tomadas?				
	¿La organización se asegurarse de que su personal es consciente de la pertinencia e importancia de sus actividades y de cómo contribuyen al logro de los objetivos de la calidad?				
	¿La organización mantiene los registros apropiados de la educación, formación, habilidades y experiencia?				
6.3	<b>Infraestructura</b>				
	¿La organización determina, proporciona y mantiene la infraestructura necesaria para lograr la conformidad con los requisitos del producto siempre que sea aplicable a edificios, espacio de trabajo y servicios asociados, equipo para los procesos y servicios de apoyo (tales como transporte, comunicación o sistemas de información)?				
6.4	<b>Ambiente de trabajo</b>				
	¿La organización determina y gestiona el ambiente de trabajo necesario para lograr la conformidad con los requisitos del				

	producto?				
7	<b>Realización del producto</b>				
7.1	<b>Planificación de la realización del producto</b>				
	¿La planificación de la realización del producto está determinada por los objetivos de la calidad y los requisitos para el producto?				
	¿La planificación de la realización del producto está determinada por la necesidad de establecer procesos y documentos, y de proporcionar recursos específicos para el producto?				
	¿La planificación de la realización del producto está determinada por las actividades requeridas de verificación, validación, seguimiento, medición, inspección y ensayo/prueba específicas para el producto así como de los rangos de evaluación y los criterios para la aceptación del mismo?				
	¿La planificación de la realización del producto está determinada por los registros que sean necesarios para proporcionar evidencia de que los procesos de realización y el producto resultante cumplen los requisitos?				
7.2	<b>Procesos relacionados con el cliente</b>				
7.2.1	<b>Determinación de los requisitos relacionados con el producto</b>				
	¿La organización determina los requisitos especificados por el cliente, incluyendo los requisitos para las actividades de entrega y las posteriores a la misma?				
	¿La organización determina los requisitos no establecidos por el cliente pero necesarios para el uso especificado o para el uso previsto, cuando sea conocido?				
	¿La organización determina los requisitos legales y reglamentarios aplicables al producto?				
	¿La organización determina cualquier requisito adicional que la organización considere necesario?				
7.2.2	<b>Revisión de los requisitos relacionados con el producto</b>				
	¿La organización se asegura de que están definidos los requisitos del producto?				

	¿La organización se asegura de que están resueltas las diferencias existentes entre los requisitos del contrato o pedido y los expresados previamente?				
	La organización se asegura de que tiene la capacidad para cumplir con los requisitos definidos?				
7.2.3	<b>Comunicación con el cliente</b>				
	¿La organización determina e implementa disposiciones para la información sobre el producto?				
	¿La organización determina e implementa disposiciones para las consultas, contratos o atención de pedidos, incluyendo las modificaciones?				
	¿La organización determina e implementa disposiciones para la retroalimentación del cliente, incluyendo sus quejas?				
7.3	<b>Diseño y desarrollo</b>				
7.3.1	<b>Planificación del diseño y desarrollo</b>				
	¿La organización determina las etapas del diseño y desarrollo?				
	¿La organización determina la revisión, verificación y validación, apropiadas para cada etapa del diseño y desarrollo?				
	¿La organización determina las responsabilidades y autoridades para el diseño y desarrollo?				
7.3.2	<b>Elementos de entrada para el diseño y desarrollo</b>				
	¿Los elementos de entrada incluyen los requisitos funcionales y de desempeño?				
	¿Los elementos de entrada incluyen los requisitos legales y reglamentarios aplicables?				
	¿Los elementos de entrada incluyen la información proveniente de diseños previos similares, cuando sea aplicable?				
	¿Los elementos de entrada incluyen cualquier otro requisito esencial para el diseño y desarrollo?				
7.3.3	<b>Resultados del diseño y desarrollo</b>				
	¿Los resultados del diseño cumplen con los requisitos de los elementos de entrada para el diseño y desarrollo?				
	¿Los resultados del diseño proporcionan información apropiada para la compra, la producción y la prestación del servicio?				
	¿Los resultados del diseño contienen o hacen referencia a los criterios de aceptación del producto?				

	¿Los resultados del diseño especifican las características del producto que son esenciales para el uso seguro y correcto?				
7.3.4	<b>Revisión del diseño y desarrollo</b>				
	¿La revisión del diseño evalúa la capacidad de los resultados de diseño y desarrollo para cumplir los requisitos?				
	¿La revisión del diseño identifica cualquier problema y propone las acciones necesarias?				
7.3.5	<b>Verificación del diseño y desarrollo</b>				
	¿Durante la verificación del diseño la organización se asegura de que los resultados del mismo y desarrollo cumplen los requisitos de los elementos de entrada del diseño y desarrollo?				
	¿Se mantienen registros de los resultados de la verificación y de cualquier acción que sea necesaria?				
7.3.6	<b>Validación del diseño y desarrollo</b>				
	¿La organización se asegura de que el producto resultante es capaz de satisfacer los requisitos para su aplicación especificada o uso previsto cuando sea conocido?				
	¿Siempre que sea factible, la validación se completa antes de la entrega o implementación del producto?				
	¿Se mantienen registros de los resultados de la validación y de cualquier acción que sea necesaria?				
7.3.7	<b>Control de los cambios del diseño y desarrollo</b>				
	¿Se identifican los cambios del diseño y desarrollo y se mantienen registros de los mismos?				
	¿Los cambios se revisan, verifican y validan, según sea apropiado, y se aprueban antes de su implementación?				
	¿Se mantienen registros de los resultados de la revisión de los cambios y de cualquier acción que sea necesaria?				
7.4	<b>Compras</b>				
7.4.1	<b>Proceso de compras</b>				
	¿La organización se asegura de que el producto adquirido cumple con los requisitos especificados?				
	¿La organización evalúa y selecciona los proveedores en función de su capacidad para suministrar los productos de acuerdo con los requisitos de la organización?				

	¿La organización debe asegurarse de que el producto adquirido cumple los requisitos de compra especificados? ¿El tipo y el grado del control aplicado al proveedor y al producto adquirido debe depender del impacto del producto adquirido en la posterior realización del producto o sobre el producto fina?				
7.4.2	<b>Información de las compras</b>				
	¿La información de las compras incluye los requisitos para la aprobación del producto, procedimientos, procesos y equipos?				
	¿La información de las compras incluye los requisitos para la calificación del personal?				
	¿La información de las compras incluye los requisitos del sistema de gestión de la calidad?				
7.4.3	<b>Verificación de los productos comprados</b>				
	¿La organización establece e implementa la inspección u otras actividades necesarias para asegurarse de que el producto comprado cumple los requisitos de compra especificados?				
	¿Cuándo la organización o su cliente quieran llevar a cabo la verificación en las instalaciones del proveedor, la organización establece en la información de compra las disposiciones para la verificación pretendida y el método para la liberación del producto?				
7.5	<b>Producción y prestación del servicio</b>				
7.5.1	<b>Control de la producción y de la prestación del servicio</b>				
	¿Las condiciones controladas incluyen la disponibilidad de información que describa las características del producto?				
	¿Las condiciones controladas incluyen la disponibilidad de instrucciones de trabajo, cuando sea necesario?				
	¿Las condiciones controladas incluyen el uso del equipo apropiado?				
	¿Las condiciones controladas incluyen la disponibilidad y uso de equipos de seguimiento y medición				
	¿Las condiciones controladas incluyen la implementación del seguimiento y de la medición?				
	¿Las condiciones controladas incluyen la implementación de actividades de liberación, entrega y posteriores a la				

	entrega del producto?				
7.5.2	<b>Validación de los procesos de la producción y de la prestación del servicio</b>				
	¿La organización establece las disposiciones de estos procesos cuando sea aplicable los criterios definidos para la revisión y aprobación de los procesos?				
	¿La organización establece las disposiciones de estos procesos cuando sea aplicable la aprobación de los equipos y la calificación del personal				
	¿La organización establece las disposiciones de estos procesos cuando sea aplicable el uso de métodos y procedimientos específicos?				
	¿La organización establece las disposiciones de estos procesos cuando sean aplicables los requisitos de los registros?				
	¿La organización establece las disposiciones de estos procesos cuando sea aplicable la revalidación				
7.5.3	<b>Identificación y trazabilidad</b>				
	¿La organización tiene identificado el producto por medios adecuados, a través de toda la realización del producto?				
	¿La organización tiene identificado el estado del producto con respecto a los requisitos de seguimiento y medición a través de toda la realización del producto?				
	¿La organización tiene controlado la identificación única del producto y mantiene registros de ello?				
7.5.4	<b>Propiedad del cliente</b>				
	¿La organización identifica, verifica, protege y salvaguarda los bienes que son propiedad del cliente suministrados para su utilización o incorporación dentro del producto?				
	¿Si cualquier bien que sea propiedad del cliente se pierde, deteriora o de algún otro modo se considera inadecuado para su uso, la organización informa de ello al cliente y mantener registros?				
7.5.5	<b>Preservación del producto</b>				
	¿La organización preserva el producto durante el proceso interno y la entrega al destino previsto para mantener la conformidad con los requisitos?				

	¿La organización tiene previsto, la preservación, la identificación, manipulación, embalaje, almacenamiento y protección del producto, cuando sea aplicable?				
7.6	<b>Control de los equipos de seguimiento y de medición</b>				
	¿La organización tiene establecidos procesos para asegurarse de que el seguimiento y medición pueden realizarse y se realizan de una manera coherente con los requisitos de seguimiento y medición?				
	¿Los equipos se calibran o verifican, o ambos, a intervalos especificados o antes de su utilización, comparado con Patrones de medición trazables a patrones de medición internacionales o nacionales y cuando no existan tales patrones se registra la base utilizada para la calibración o la verificación?				
	¿Los equipos se ajustan o reajustan según sea necesario?				
	¿Los equipos están identificados para poder determinar su estado de calibración?				
	¿Los equipos se protegen contra ajustes que pudieran invalidar el resultado de la medición?				
	¿Los equipos se protegen contra los daños y el deterioro durante la manipulación, el mantenimiento y el almacenamiento de los mismos?				
	¿La organización evalúa y registra la validez de los resultados de las mediciones anteriores cuando se detecte que el equipo no está conforme con los requisitos?				
	¿Se mantienen registros de los resultados de la calibración y la verificación?				
	¿Se confirma la capacidad de los programas informáticos para satisfacer su aplicación prevista cuando estos se utilicen en las actividades de seguimiento y medición de los requisitos especificados?				
8	<b>Medición, análisis y mejora</b>				
8.1	<b>Generalidades</b>				
	¿La organización planifica e implementa procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora para demostrar la conformidad con los requisitos del producto?				

	¿La organización planifica e implementa procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora para asegurarse de la conformidad del sistema de gestión de la calidad?				
	¿La organización planifica e implementa procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora para mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad?				
8.2	<b>Seguimiento y medición</b>				
8.2.1	Satisfacción del cliente				
	¿La organización realiza el seguimiento de la información relativa a la percepción del cliente con respecto al cumplimiento de sus requisitos y determina los métodos para obtener y utilizar dicha información?				
8.2.2	<b>Auditoría interna</b>				
	¿La organización lleva a cabo auditorías internas a intervalos planificados para determinar si el sistema de gestión es conforme con las disposiciones planificadas con los requisitos de esta Norma Internacional y con los requisitos del sistema de gestión de la calidad establecidos por la organización?				
	¿La organización lleva a cabo auditorías internas a intervalos planificados para determinar si el sistema de gestión se ha implementado y se mantiene de manera eficaz?				
	¿Existe un procedimiento documentado para definir las responsabilidades y los requisitos para planificar y realizar las auditorías, establecer los registros e informar de los resultados?				
	¿Se mantienen registros de las auditorías y de sus resultados?				
	¿La dirección responsable del área que esté siendo auditada se asegura de que se realizan las correcciones y se toman las acciones correctivas necesarias sin demora injustificada para eliminar las no conformidades detectadas y sus causas?				
8.2.3	<b>Seguimiento y medición de los procesos</b>				
	¿La organización aplica métodos apropiados para el seguimiento, y cuando sea aplicable, la medición de los procesos del sistema de gestión de la calidad?				
	¿Los métodos de seguimiento demuestran la capacidad de los procesos para alcanzar los resultados planificados?				

8.2.4	<b>Seguimiento y medición del producto</b>				
	¿La organización realiza el seguimiento y mide las características del producto para verificar que se cumplen los requisitos del mismo?				
	¿Se mantienen evidencias de la conformidad con los criterios de aceptación?				
	¿Los registros indican la(s) persona(s) que autoriza(n) la liberación del producto al cliente?				
8.3	<b>Control del producto no conforme.</b>				
	¿La organización toma acciones para eliminar la no conformidad detectada, cuando sea aplicable?				
	¿La organización autoriza su uso, liberación o aceptación bajo concesión por una autoridad pertinente y, cuando sea aplicable, por el cliente, cuando sea aplicable?				
	¿La organización toma acciones para impedir su uso o aplicación prevista originalmente, cuando sea aplicable?				
	¿La organización toma acciones apropiadas a los efectos, reales o potenciales, de la no conformidad cuando se detecta un producto no conforme después de su entrega o cuando ya ha comenzado su uso, cuando sea aplicable?				
8.4	<b>Análisis de datos</b>				
	¿El análisis de datos proporciona información sobre la satisfacción del cliente?				
	¿El análisis de datos proporciona información de la conformidad con los requisitos del producto?				
	¿El análisis de datos proporciona información sobre las características y tendencias de los procesos y de los productos, incluyendo las oportunidades para llevar a cabo acciones preventivas?				
	¿El análisis de datos proporciona información sobre los proveedores?				
8.5	<b>Mejora</b>				
8.5.1	Mejora continua				
	¿La organización mejora continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad mediante el uso de la política de la calidad, los objetivos de la calidad, los resultados de las auditorías, el análisis de				

	datos, las acciones correctivas y preventivas y la revisión por la dirección?				
8.5.2	<b>Acción correctiva</b>				
	¿La organización tiene establecido un procedimiento documentado que cumpla con los requisitos de para revisar las no conformidades (incluyendo las quejas de los clientes), determinar las causas de las no conformidades, evaluar la necesidad de adoptar acciones para asegurarse de que las no conformidades no vuelvan a ocurrir, determinar e implementar las acciones necesarias, registrar los resultados de las acciones tomadas y revisar la eficacia de las acciones correctivas tomadas?				
8.5.3	<b>Acción preventiva</b>				
	¿La organización tiene establecido un procedimiento documentado que cumpla con los requisitos de determinar las no conformidades potenciales y sus causas, evaluar la necesidad de actuar para prevenir la ocurrencia de no conformidades, determinar e implementar las acciones necesarias, registrar los resultados de las acciones tomadas y revisar la eficacia de las acciones preventivas tomadas?				

**Anexo No. 17. Carpeta de proceso. Hoja 1 de 3.**

<b>LOGO</b>	<b>CARPETA DE PROCESO</b>	<b>Código:</b> <b>Revisión:</b> <b>Pág.:</b>
-------------	---------------------------	--

<b>DENOMINACIÓN DEL PROCESO:</b>		
	<b>Nombre y Apellidos / Cargo / Organización</b>	<b>Firma</b>
<b>Preparado</b>		
<b>Acordado</b>		
<b>Aprobado</b>		

**Copia Controlada:**

**Fecha de Emisión:**

**Anexo No. 17. Carpeta de proceso. Hoja 2 de 3.**

<b>LOGO</b>	<b>CARPETA DE PROCESO</b>	<b>Código:</b> <b>Revisión:</b> <b>Pág.: de</b>
-------------	---------------------------	---

<b>Objetivo del Proceso:</b>	
<b>Responsable:</b>	
<b>Descripción del proceso:</b>	
<b>Procesos suministradores:</b>	<b>Procesos clientes:</b>
<b>Criterios de evaluación:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mal</li> <li>2. Regular</li> <li>3. Bien</li> <li>4. Muy bien</li> <li>5. Excelente</li> </ol>	
<b>Registros:</b>	
<b>Diagrama del proceso:</b>	

**Copia Controlada:**

**Fecha de Emisión:**

Anexo No. 17. Carpeta de proceso. Hoja 3 de 3.

LOGO	CARPETA DE PROCESO	<b>Código:</b> <b>Revisión:</b> <b>Pág.: de:</b>
------	--------------------	--

Medición de la evaluación						
No	Índices de valuación	Valor esperado	Período de evaluación:			
			1er Trim.	2do Trim.	3er Trim.	4to Trim.
1						
2						
Evaluación promedio trimestral						
Evaluación cualitativa trimestral						
Evaluación promedio anual			Evaluación cualitativa anual			

Trim	Evaluado por:	Cargo	Fecha	Firma
1				
2				
3				
4				
Trim	Aprobado por:	Cargo	Fecha	Firma
1				
2				
3				
4				

Documentos de Referencia		
Código	Denominación	Edición

Copia Controlada:

Fecha de Emisión:

Fuente: Elaboración propia.

Anexo No. 18. Programa de mejora

¿Dónde? Proceso de Gestionar Diagnóstico Integral						
No./proceso	¿Qué?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Quién?	¿Cuándo?	
ETE-42 "Implantar mejora" (H)	1. ETE-421 "Identificar procesos y sus interrelaciones"	Reelaborar mapa del proceso Gestionar Diagnóstico Integral	Mapa existente no adecuado para la adopción del mantenimiento basado en la condición	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reuniones de trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grupo de gestión</li> <li>Área de diagnóstico</li> </ul>	10/2012
		Determinar procesos clientes y proveedores del proceso objeto de estudio	Para establecer entradas y salidas del proceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reuniones de trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipo de mejora</li> </ul>	10/2012
	2. ETE-422 "Elaborar documentos del sistema de gestión"	Analizar las órdenes de servicio de mantenimiento	Para saber la tendencia en el comportamiento de las averías en los equipos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión de documentos</li> <li>Reuniones de trabajo</li> <li>Entrevistas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipo de mejora</li> <li>Área de Planificación del mantenimiento</li> </ul>	11/2012
		Analizar las órdenes de servicio de mantenimiento de los equipos con mayor frecuencia de averías	Para determinar el tipo de equipo con mayor frecuencia de averías e investigar influencia de diagnóstico integral en dicha frecuencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Base de datos SGestMan</li> <li>Revisión de documentos</li> <li>Métodos estadísticos</li> </ul>		
		Determinar los índices de evaluación del proceso	Para cuantificar la influencia del proceso en la aptitud para la generación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión de documentos</li> <li>Reuniones de trabajo</li> <li>Métodos estadísticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Área de Diagnóstico Integral</li> <li>Equipo de mejora</li> </ul>	12/2012

		Validar características de índices de evaluación	Para obtener valoraciones confiables y efectivas de las características de los índices	Tratamiento de encuesta por método Delphi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grupo de expertos</li> </ul>	12/2012	
		Elaborar la carpeta del proceso objeto de estudio	Por ser el documento del sistema de gestión que evalúa y controla el proceso	Llenando el formato previamente aprobado en el sistema de gestión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Responsable del proceso</li> <li>Equipo de mejora</li> </ul>	12/2012	
	3. ETE-423 "Controlar documentos y registros"	Formalizar la carpeta del proceso objeto de estudio	Para cumplir con los requisitos 4.2.3 y 4.2.4 de la norma de referencia	A través de los procedimientos de Control de documentos y de Control de registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>Responsable del proceso</li> <li>Grupo de gestión</li> </ul>	01/2013	
		Elaborar la lista de control de documentos y registros, y guía de archivo	Para cumplir con los requisitos 4.2.3 y 4.2.4 de la norma de referencia	A través de los procedimientos de Control de documentos y de Control de registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>Responsable del proceso</li> </ul>	02/2013	
	ETE-43 "Evaluar resultados de mejora" (V)	4. ETE-431 "Efectuar mediciones a procesos"	Efectuar mediciones de índices formadores	Para medir el cumplimiento de los índices de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión de documentos (registros de trabajos ejecutados)</li> <li>Base de datos SGestMan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Responsable del proceso</li> </ul>	Trimestral a partir de 2013
			Efectuar mediciones de índices que evidencian la influencia en la aptitud para la generación				A partir de acumular los datos de 2013, se prevé evaluar en 02/2014

	5. ETE-432 "Auditar sistema de gestión de la calidad"	Auditar proceso objeto de estudio	Para efectuar una evaluación independiente que evidencie el grado de cumplimiento de los documentos del proceso	A través del procedimiento de Auditorías internas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo de gestión</li> <li>• Equipo de mejora</li> </ul>	04/2013
ETE-44 "Tomar acciones" (A)	6. ETE-441 "Tratar no conformidad es y tomar acciones"	Dar seguimiento de las acciones tomadas	Para comprobar la implementación de las acciones documentadas	A través del procedimiento de No conformidades, acciones correctivas y preventivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo de gestión</li> <li>• Equipo de mejora</li> </ul>	05/2013
	7. ETE-442 "Analizar datos"	Analizar cumplimiento del programa de mejora	Para analizar las tendencias del proceso luego de implementada la mejora	Revisión de las carpeta del proceso objeto de estudio y registros primarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de Diagnóstico Integral</li> <li>• Equipo de mejora</li> </ul>	05/2013

Fuente: Elaboración propia

## Anexo No. 19. Ajuste de datos no censurados - TEA OSDI 2011

Datos/Variable: TEA OSDI 2011 (Horas)

39 valores con rango desde 0,001 a 3264,0

Distribuciones Ajustadas

<i>Exponencial</i>
media = 738,462

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para TEA OSDI 2011

Prueba Chi-Cuadrada

	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>	<i>Frecuencia Observada</i>	<i>Frecuencia Esperada</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>
menor o igual		44,769	4	2,29	1,27
	44,769	92,4282	3	2,29	0,22
	92,4282	143,377	1	2,29	0,73
	143,377	198,103	2	2,29	0,04
	198,103	257,211	1	2,29	0,73
	257,211	321,466	4	2,29	1,27
	321,466	391,849	1	2,29	0,73
	391,849	469,653	1	2,29	0,73
	469,653	556,632	3	2,29	0,22
	556,632	655,239	2	2,29	0,04
	655,239	769,074	1	2,29	0,73
	769,074	903,711	4	2,29	1,27
	903,711	1068,49	4	2,29	1,27
	1068,49	1280,94	2	2,29	0,04
	1280,94	1580,36	2	2,29	0,04
	1580,36	2092,22	2	2,29	0,04
mayor	2092,22		2	2,29	0,04

Chi-Cuadrada = 9,38462 con 15 g.l. Valor-P = 0,856564

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Exponencial</i>
DMAS	0,0865895
DMENOS	0,0824427
DN	0,0865895
Valor-P	0,9318

Anderson-Darling A<sup>2</sup>

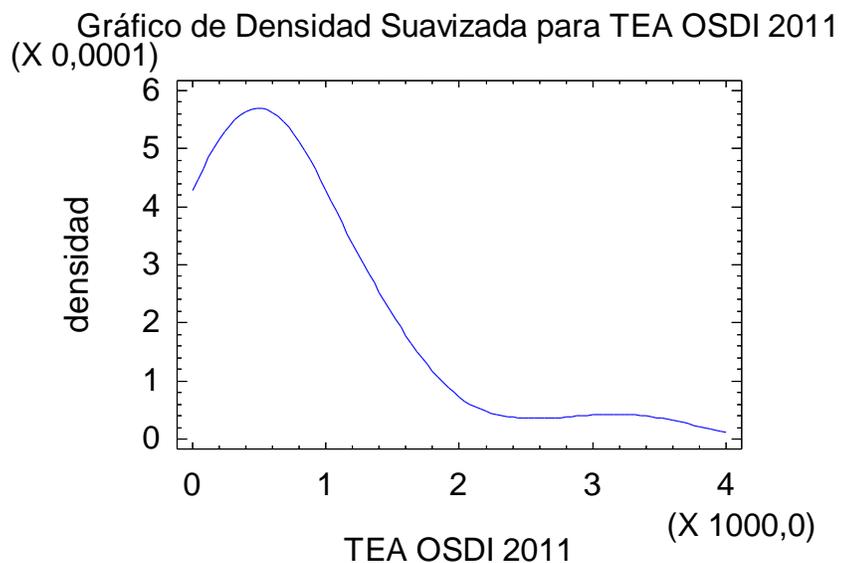
	<i>Exponencial</i>
A <sup>2</sup>	1,35391
Forma Modificada	1,37474
Valor-P	0,0440644*

\*Indica que el Valor-P se ha comparado con tablas de valores críticos especialmente construidas para ajustar la distribución seleccionada. Otros valores-P están basados en

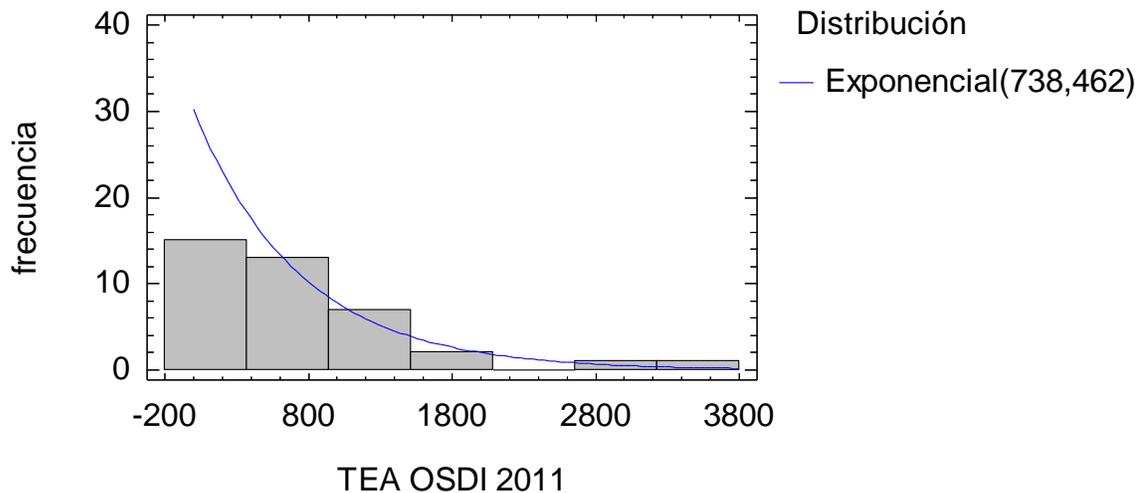
tablas generales y pueden ser muy conservadores (excepto para la Prueba de Chi-Cuadrada).

Esta ventana muestra los resultados de pruebas realizadas para determinar si TEA OSDI 2011 puede modelarse adecuadamente con una distribución exponencial. La prueba de chi-cuadrada divide el rango de TEA OSDI 2011 en intervalos no traslapables y compara el número de observaciones en cada clase con el número esperado con base en la distribución ajustada. La prueba de Kolmogorov-Smirnov calcula la distancia máxima entre la distribución acumulada de TEA OSDI 2011 y la FDA de la distribución exponencial ajustada. En este caso, la distancia máxima es 0,0865895. Los demás estadísticos comparan la función de distribución empírica con la FDA ajustada, en diferentes formas.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es menor a 0,05, se puede rechazar la idea de que TEA OSDI 2011 proviene de una distribución exponencial con 95% de confianza.



Histograma para TEA OSDI 2011



**Comparación de Distribuciones Alternas**

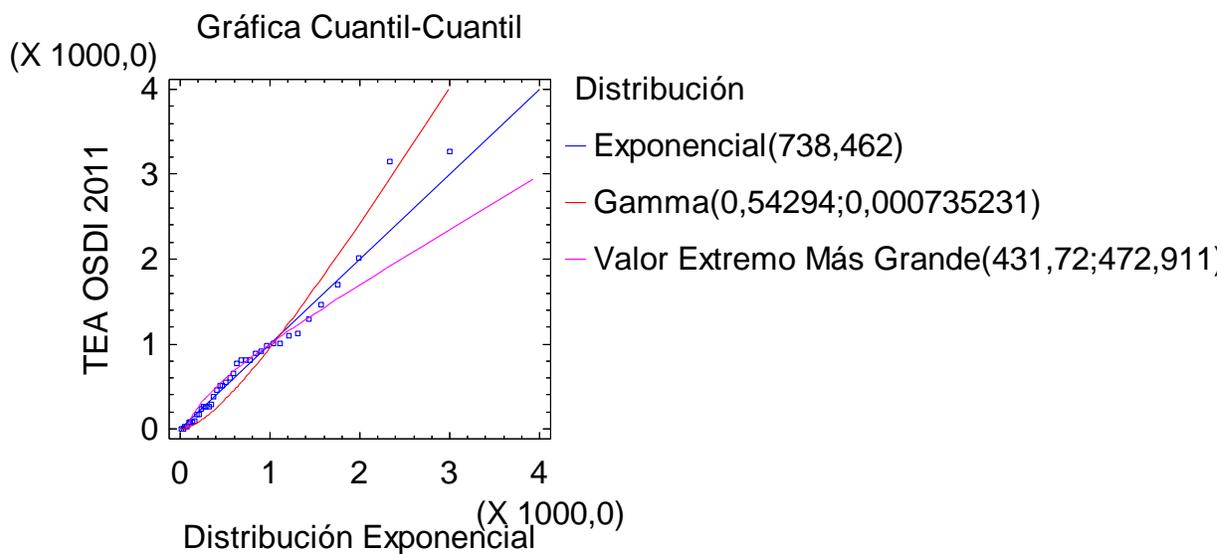
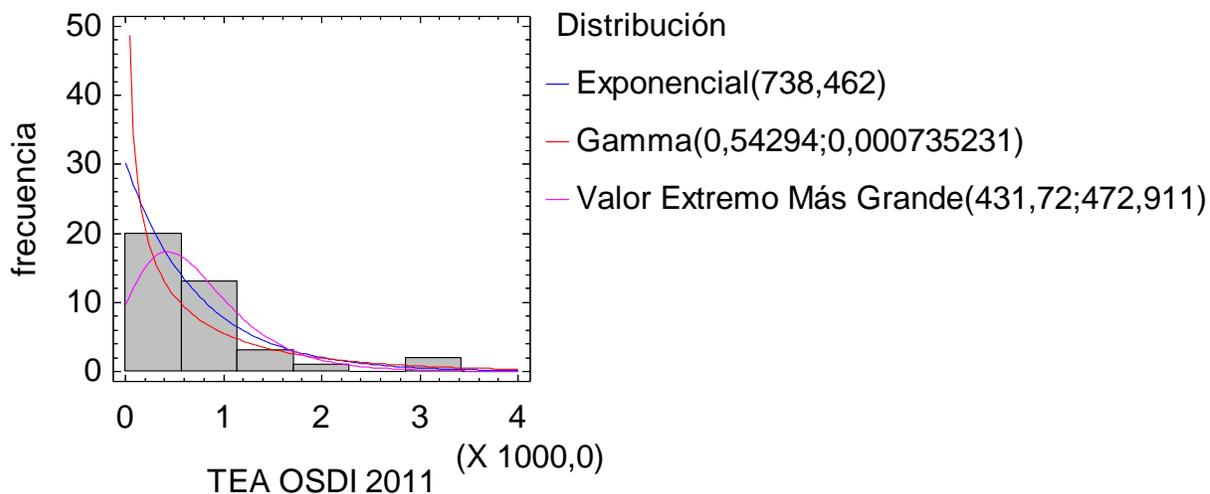
<i>Distribución</i>	<i>Parámetros Est.</i>	<i>Log Verosimilitud</i>	<i>Chi-Cuadrada P</i>
Exponencial	1	-296,578	0,856564
Gamma	2	-290,297	0,345683
Valor Extremo Más Grande	2	-304,494	0,244089
Logística	2	-310,371	0,0550574
Laplace	2	-310,391	0,0338155
Normal	2	-313,708	0,0338116
Loglogística	2	-300,901	0,00740896
Valor Extremo Más Chico	2	-325,782	0,0000538211
Uniforme	2	-315,538	4,84805E-7
Lognormal	2	-312,025	2,58313E-8
Pareto	1	-1,E9	0,0
Gaussiana Inversa	2	-450,907	0,0
Birnbaum-Saunders	<sin ajuste>		

<i>Distribución</i>	<i>KS D</i>	<i>U^2</i>	<i>A^2</i>
Exponencial	0,0865895	0,0519969	1,35391
Gamma	0,156644	0,150094	1,56825
Valor Extremo Más Grande	0,126705	0,0677616	0,70138
Logística	0,157124	0,1016	1,09726
Laplace	0,175123	0,0934141	1,1682
Normal	0,166662	0,230207	1,96947
Loglogística	0,150587	0,256475	2,26011
Valor Extremo Más Chico	0,273069	0,677461	4,06981
Uniforme	0,500566	-9,7477	
Lognormal	0,253635	0,783737	5,16062

Pareto	0,441224	-9,7477	
Gaussiana Inversa	0,926002	3,15785	135,288
Birnbaum-Saunders			

De acuerdo con el estadístico chi-cuadrada, la distribución de mejor ajuste es la distribución exponencial. Esta es la distribución actualmente seleccionada.

Histograma para TEA OSDI 2011



Fuente: Elaboración propia

## Anexo No. 20. Ajuste de datos no censurados - TPR OSDI 2011

Datos/Variante: TPR OSDI 2011 (Horas)

30 valores con rango desde 4,0 a 3869,44

Distribuciones Ajustadas

<i>Lognormal</i>
media = 983,232
desviación estándar = 6949,12
Escala log: media = 4,92541
Escala log: desv. est. = 1,98264

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para TPR OSDI 2011

Prueba Chi-Cuadrada

	<i>Límite</i>	<i>Límite</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia</i>	
	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Observada</i>	<i>Esperada</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>
menor o igual		15,2281	7	4,00	2,25
	15,2281	40,0596	2	4,00	1,00
	40,0596	83,3551	3	4,00	0,25
	83,3551	162,595	2	4,00	1,00
	162,595	323,562	3	4,00	0,25
	323,562	730,733	5	4,00	0,25
mayor	730,733		8	6,00	0,67

Chi-Cuadrada = 5,66688 con 4 g.l. Valor-P = 0,225446

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Lognormal</i>
DMAS	0,122125
DMENOS	0,168874
DN	0,168874
Valor-P	0,362399

Anderson-Darling A<sup>2</sup>

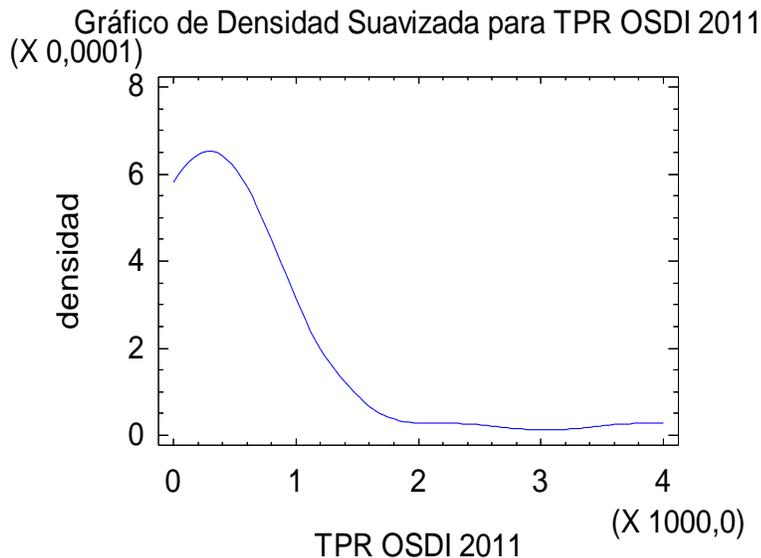
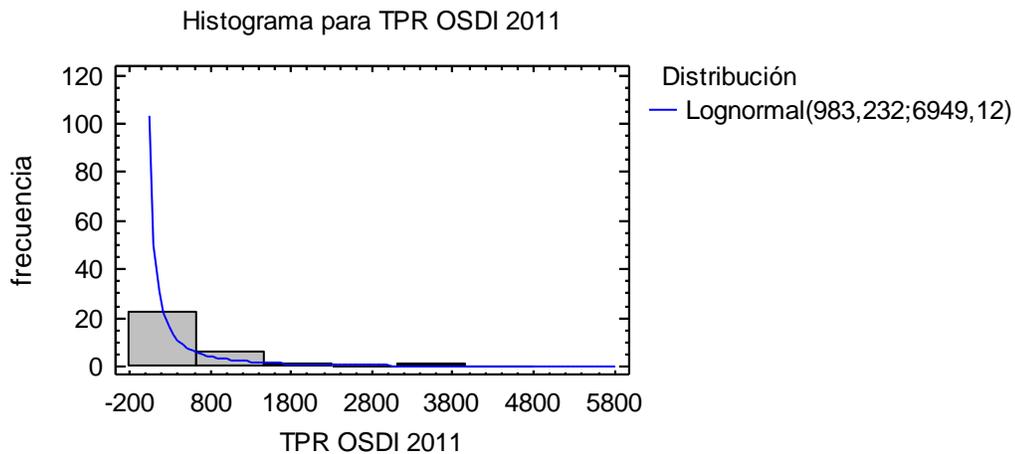
	<i>Lognormal</i>
A <sup>2</sup>	0,971803
Forma Modificada	0,971803
Valor-P	>=0.10

\*Indica que el Valor-P se ha comparado con tablas de valores críticos especialmente construidas para ajustar la distribución seleccionada. Otros valores-P están basados en tablas generales y pueden ser muy conservadores (excepto para la Prueba de Chi-Cuadrada).

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si TPR OSDI 2011 puede modelarse adecuadamente con una distribución lognormal. La prueba de chi-cuadrada divide el rango de TPR OSDI 2011 en intervalos no traslapables y compara el número de observaciones en cada clase con el número esperado con base

en la distribución ajustada. La prueba de Kolmogorov-Smirnov calcula la distancia máxima entre la distribución acumulada de TPR OSDI 2011 y la FDA de la distribución lognormal ajustada. En este caso, la distancia máxima es 0,168874. Los demás estadísticos comparan la función de distribución empírica con la FDA ajustada, en diferentes formas.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que TPR OSDI 2011 proviene de una distribución lognormal con 95% de confianza.



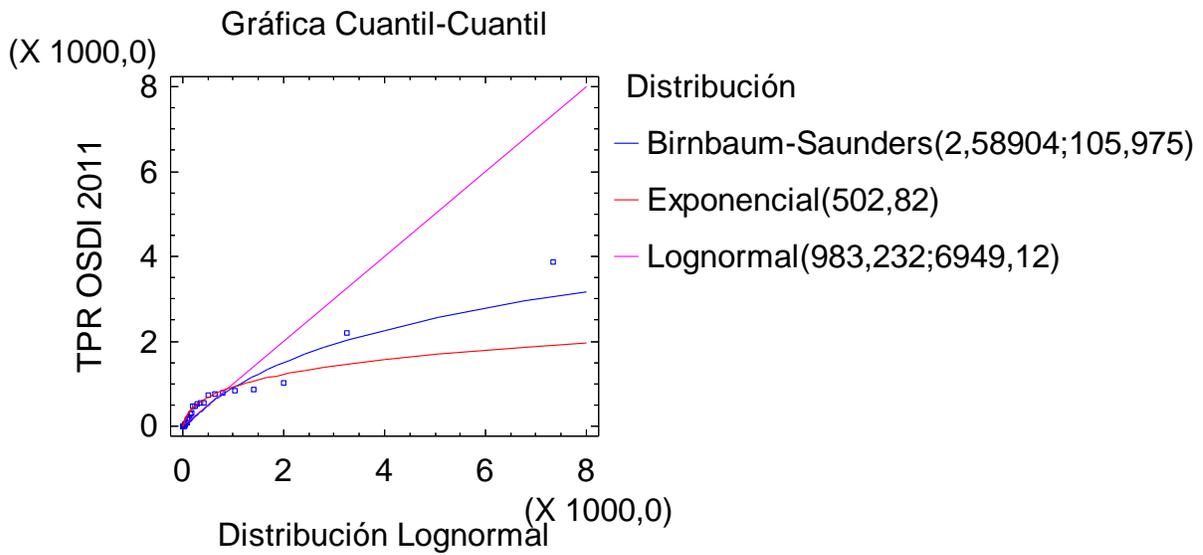
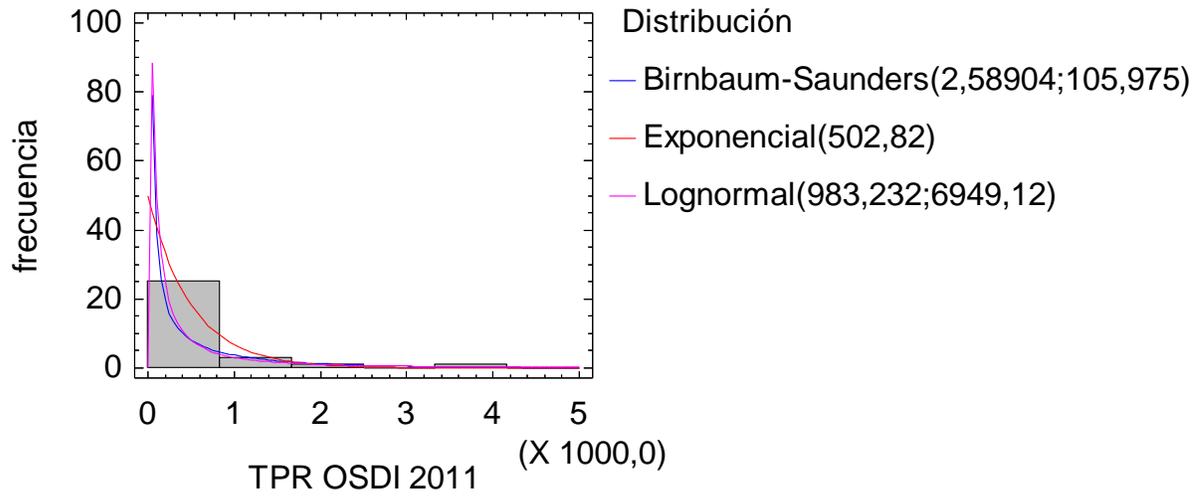
### Comparación de Distribuciones Alternas

Distribución	Parámetros Est.	Log Verosimilitud	Chi-Cuadrada P
Lognormal	2	-210,363	0,225446
Birnbaum-Saunders	2	-207,03	0,187028
Exponencial	1	-216,607	0,150669
Weibull	2	-209,513	0,141446
Laplace	2	-234,065	0,0657314
Logística	2	-235,494	0,0511814
Loglogística	2	-211,624	0,0429704
Gaussiana Inversa	2	-214,081	0,00784203
Gamma	2	-209,75	0,00675727
Valor Extremo Más Grande	2	-229,161	0,00153831
Normal	2	-242,253	0,000913815
Pareto	1	-225,595	0,00000185857
Valor Extremo Más Chico	2	-255,273	1,14686E-13
Uniforme	2	-247,795	0,0

Distribución	KS D	U <sup>2</sup>	A <sup>2</sup>
Lognormal	0,168874	0,149212	0,971803
Birnbaum-Saunders	0,17242	0,130295	0,922474
Exponencial	0,25425	0,234462	4,77589
Weibull	0,13665	0,0943848	0,64287
Laplace	0,306218	0,202616	2,43984
Logística	0,243949	0,230173	1,85044
Loglogística	0,154589	0,140104	0,970537
Gaussiana Inversa	0,298843	0,448856	4,18682
Gamma	0,106256	0,0734405	0,587714
Valor Extremo Más Grande	0,195399	0,188624	1,6742
Normal	0,264049	0,499474	3,34216
Pareto	0,294975	0,612111	4,84246
Valor Extremo Más Chico	0,366887	1,00513	5,27321
Uniforme	0,679495	-7,49694	

De acuerdo con el estadístico chi-cuadrada, la distribución de mejor ajuste es la distribución lognormal.

Histograma para TPR OSDI 2011



Fuente: Elaboración propia

## Anexo No. 21. Ajuste de datos no censurados - TEA OSDI 2012

Datos/Variable: TEA OSDI 2012 (Horas)

30 valores con rango desde 0,001 a 6048,0

Distribuciones Ajustadas

<i>Exponencial</i>
media = 1164,8

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para TEA OSDI 2012

Prueba Chi-Cuadrada

	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>	<i>Frecuencia Observada</i>	<i>Frecuencia Esperada</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>
menor o igual		166,684	6	4,00	1,00
	166,684	361,268	7	4,00	2,25
	361,268	472,286	1	2,00	0,50
	472,286	595,01	1	2,00	0,50
	595,01	732,203	2	2,00	0,00
	732,203	887,741	2	2,00	0,00
	887,741	1067,3	3	2,00	0,50
	1067,3	1279,66	1	2,00	0,50
	1279,66	1539,58	2	2,00	0,00
	1539,58	1874,67	0	2,00	2,00
	1874,67	2346,96	0	2,00	2,00
	2346,96	3154,34	2	2,00	0,00
mayor	3154,34		3	2,00	0,50

Chi-Cuadrada = 9,75 con 11 g.l. Valor-P = 0,553005

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Exponencial</i>
DMAS	0,167466
DMENOS	0,0853586
DN	0,167466
Valor-P	0,372942

Anderson-Darling A<sup>2</sup>

	<i>Exponencial</i>
A <sup>2</sup>	2,12692
Forma Modificada	2,16946
Valor-P	0,0061523*

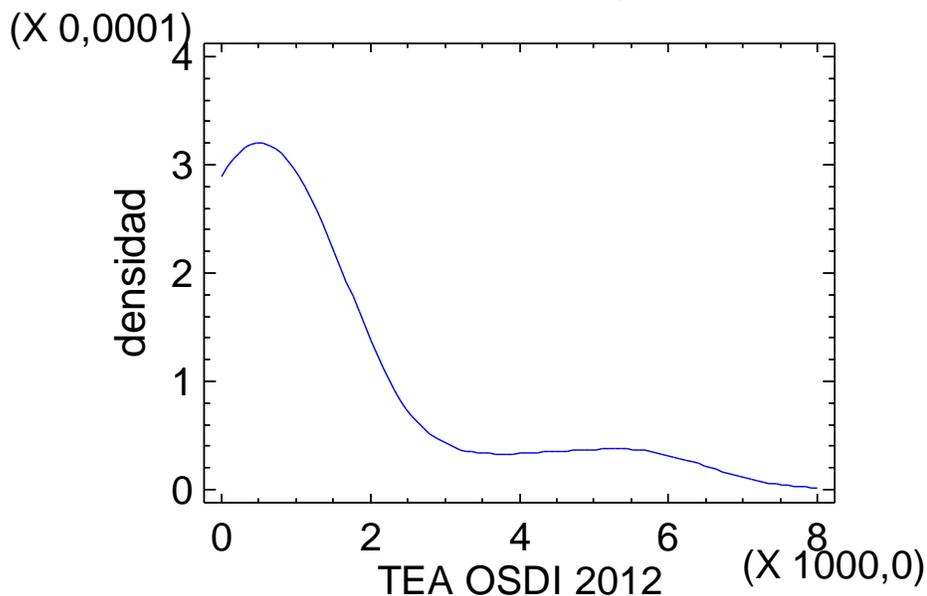
\*Indica que el Valor-P se ha comparado con tablas de valores críticos especialmente construidas para ajustar la distribución seleccionada. Otros valores-P están basados en

tablas generales y pueden ser muy conservadores (excepto para la Prueba de Chi-Cuadrada).

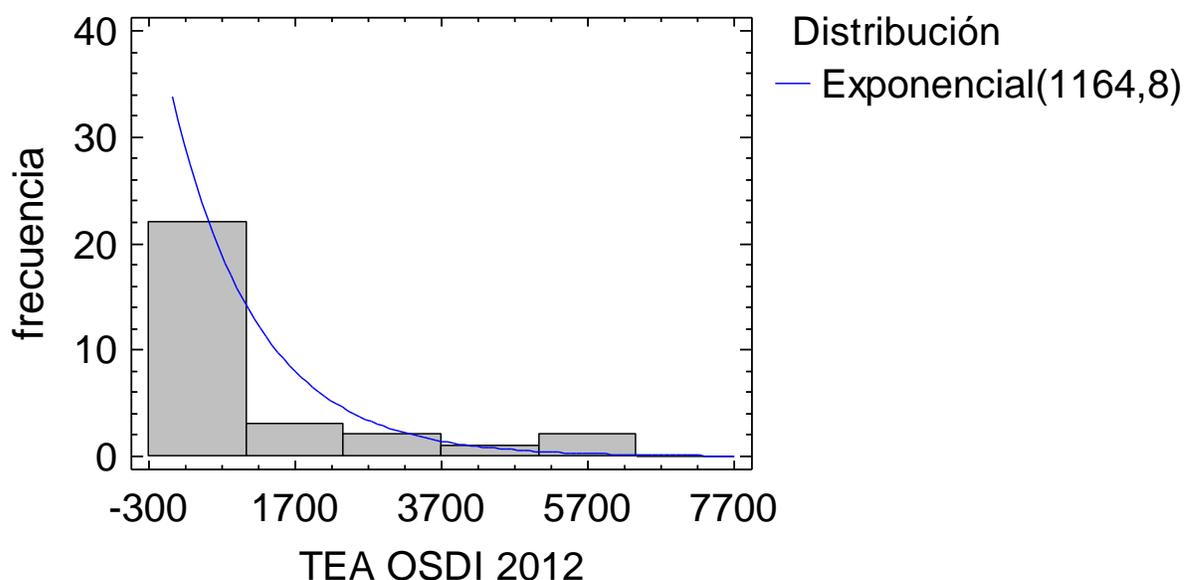
Esta ventana muestra los resultados de pruebas realizadas para determinar si TEA OSDI 2012 puede modelarse adecuadamente con una distribución exponencial. La prueba de chi-cuadrada divide el rango de TEA OSDI 2012 en intervalos no traslapables y compara el número de observaciones en cada clase con el número esperado con base en la distribución ajustada. La prueba de Kolmogorov-Smirnov calcula la distancia máxima entre la distribución acumulada de TEA OSDI 2012 y la FDA de la distribución exponencial ajustada. En este caso, la distancia máxima es 0,167466. Los demás estadísticos comparan la función de distribución empírica con la FDA ajustada, en diferentes formas.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es menor a 0,05, se puede rechazar la idea de que TEA OSDI 2012 proviene de una distribución exponencial con 95% de confianza.

Gráfico de Densidad Suavizada para TEA OSDI 2012



### Histograma para TEA OSDI 2012



#### Comparación de Distribuciones Alternas

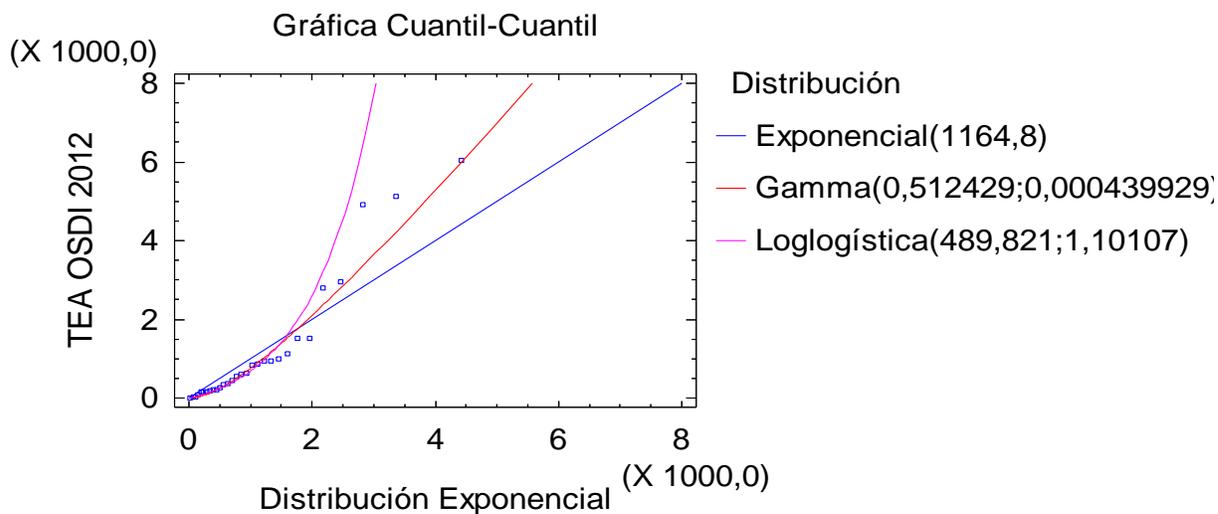
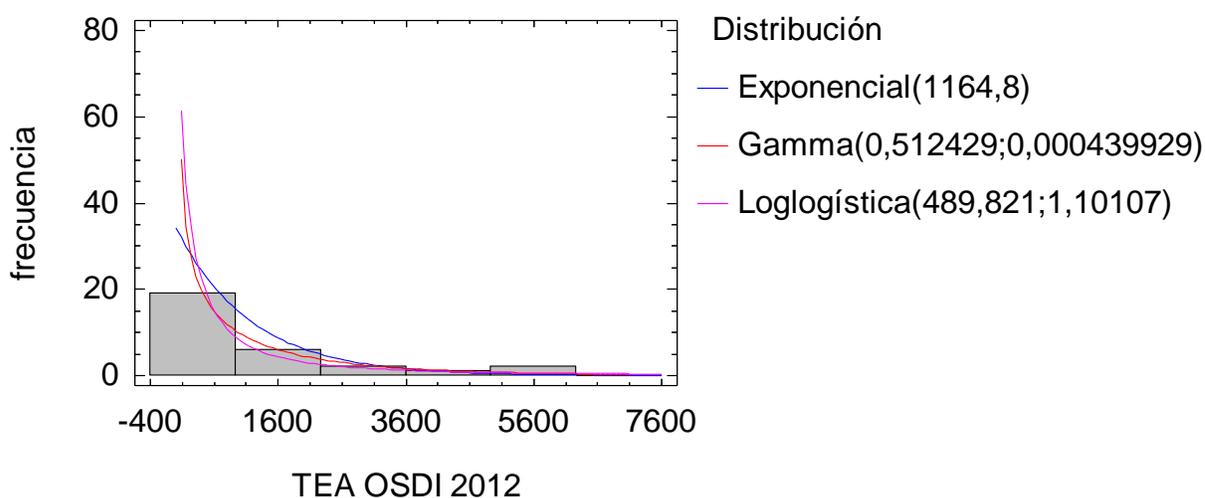
Distribución	Parámetros Est.	Log Verosimilitud	Chi-Cuadrada P
Loglogística	2	-240,013	0,676677
Exponencial	1	-241,809	0,553005
Weibull	2	-236,496	0,397774
Gamma	2	-235,848	0,0469095
Lognormal	2	-247,573	0,00813844
Valor Extremo Más Grande	2	-253,151	0,00637828
Laplace	2	-256,602	0,000941107
Logística	2	-260,222	0,000648041
Normal	2	-263,476	0,000104533
Pareto	1	-1,E9	9,90483E-11
Valor Extremo Más Chico	2	-272,414	9,21517E-11
Uniforme	2	-261,224	2,92211E-13
Gaussiana Inversa	2	-357,314	0,0
Birnbaum-Saunders	<sin ajuste>		

Distribución	KS D	U^2	A^2
Loglogística	0,114193	0,0639723	0,689758
Exponencial	0,167466	0,125128	2,12692
Weibull	0,128444	0,050856	0,493446
Gamma	0,135178	0,0683181	0,547106
Lognormal	0,246052	0,344949	2,44288
Valor Extremo Más Grande	0,184887	0,24329	2,21682
Laplace	0,273303	0,196137	2,45762

Logística	0,244354	0,350677	2,71331
Normal	0,278209	0,578821	3,60803
Pareto	0,440583	-7,49694	
Valor Extremo Más Chico	0,309591	0,839407	4,47853
Uniforme	0,583333	-7,49694	
Gaussiana Inversa	0,938487	2,40726	103,023
Birnbaum-Saunders			

De acuerdo con el estadístico chi-cuadrada, la distribución de mejor ajuste es la distribución loglogística.

Histograma para TEA OSDI 2012



Fuente: Elaboración propia

## Anexo No. 22. Ajuste de datos no censurados - TPR OSDI 2012

Datos/Variable: TPR OSDI 2012 (Horas)

19 valores con rango desde 4,0 a 1601,39

Distribuciones Ajustadas

<i>Lognormal</i>
media = 231,507
desviación estándar = 1119,68
Escala log: media = 3,84748
Escala log: desv. est. = 1,78725

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para TPR OSDI 2012

Prueba Chi-Cuadrada

	<i>Límite</i>	<i>Límite</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia</i>	
	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Observada</i>	<i>Esperada</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>
menor o igual		8,31831	2	3,17	0,43
	8,31831	21,7077	6	3,17	2,54
	21,7077	46,875	2	3,17	0,43
	46,875	101,221	3	3,17	0,01
	101,221	264,148	2	3,17	0,43
mayor	264,148		4	3,17	0,22

Chi-Cuadrada = 4,0527 con 3 g.l. Valor-P = 0,255826

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Lognormal</i>
DMAS	0,171578
DMENOS	0,108637
DN	0,171578
Valor-P	0,63072

Anderson-Darling A<sup>2</sup>

	<i>Lognormal</i>
A <sup>2</sup>	0,5708
Forma Modificada	0,5708
Valor-P	>=0.10

\*Indica que el Valor-P se ha comparado con tablas de valores críticos especialmente construidas para ajustar la distribución seleccionada. Otros valores-P están basados en tablas generales y pueden ser muy conservadores (excepto para la Prueba de Chi-Cuadrada).

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si TPR OSDI 2012 puede modelarse adecuadamente con una distribución lognormal. La prueba de chi-cuadrada divide el rango de TPR OSDI 2012 en intervalos no traslapables y compara el número de observaciones en cada clase con el número esperado con base

en la distribución ajustada. La prueba de Kolmogorov-Smirnov calcula la distancia máxima entre la distribución acumulada de TPR OSDI 2012 y la FDA de la distribución lognormal ajustada. En este caso, la distancia máxima es 0,171578. Los demás estadísticos comparan la función de distribución empírica con la FDA ajustada, en diferentes formas.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que TPR OSDI 2012 proviene de una distribución lognormal con 95% de confianza.

Histograma para TPR OSDI 2012

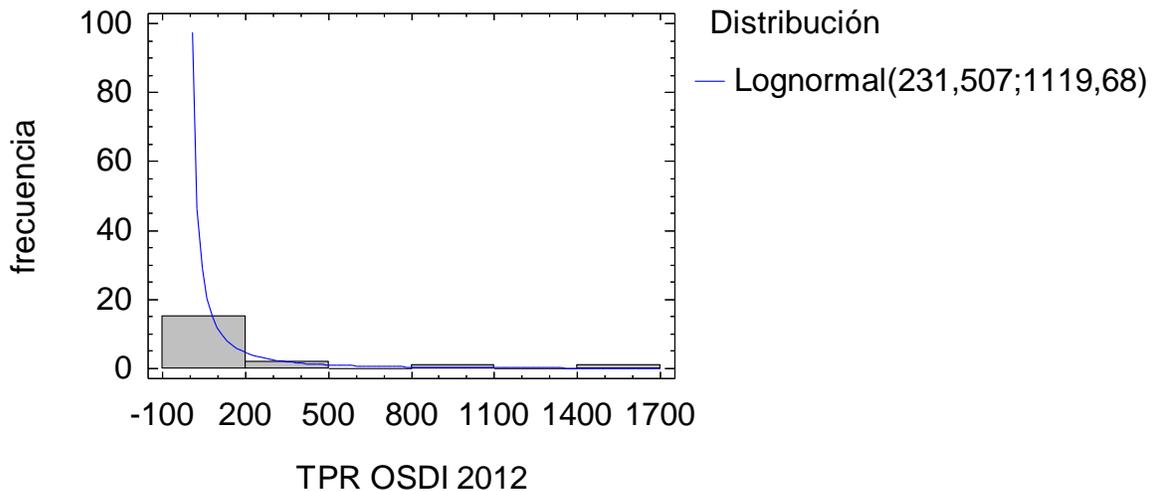
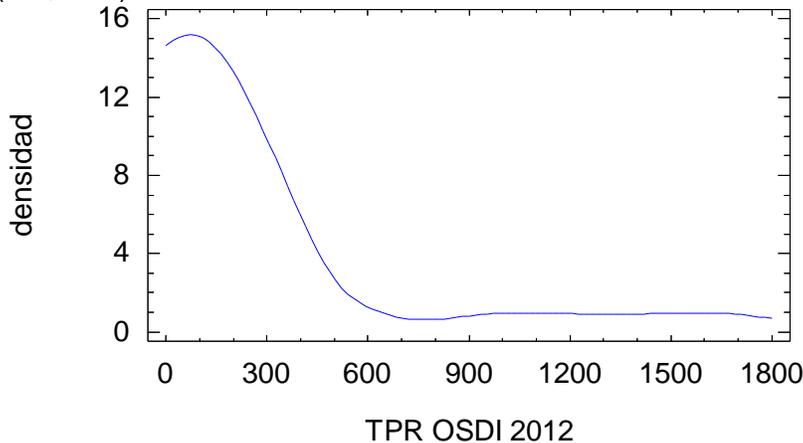


Gráfico de Densidad Suavizada para TPR OSDI 2012



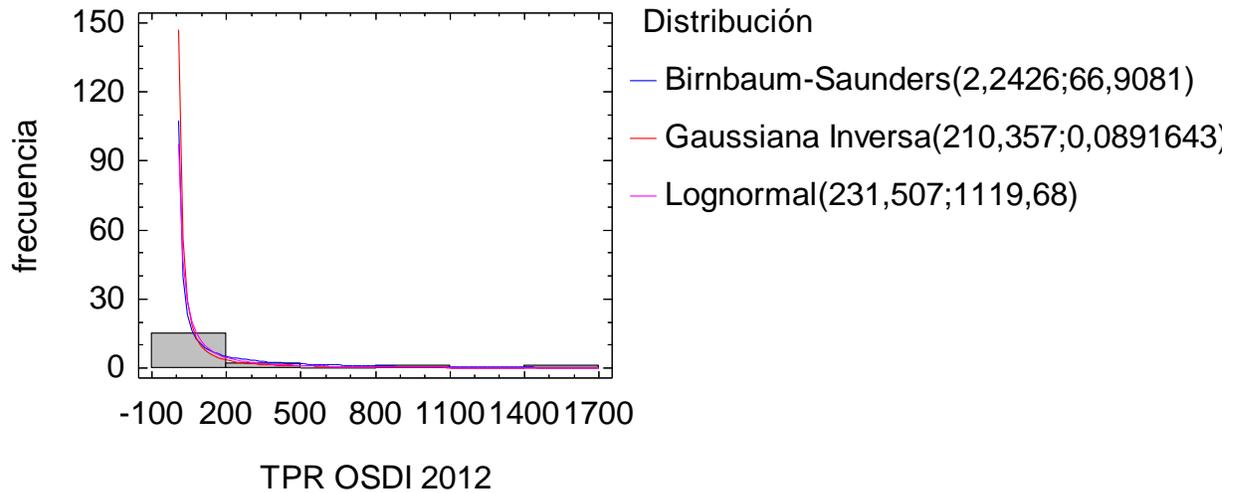
### Comparación de Distribuciones Alternas

Distribución	Parámetros Est.	Log Verosimilitud	Chi-Cuadrada P
Lognormal	2	-110,595	0,255826
Gaussiana Inversa	2	-108,764	0,196433
Birnbaum-Saunders	2	-109,146	0,196424
Weibull	2	-112,738	0,0865984
Loglogística	2	-111,25	0,0654802
Pareto	1	-117,703	0,026564
Gamma	2	-114,169	0,00486962
Exponencial	1	-120,627	0,00390306
Normal	2	-141,007	0,000135387
Laplace	2	-132,636	0,0000739941
Valor Extremo Más Grande	2	-131,757	0,000022011
Logística	2	-137,048	0,00000104251
Uniforme	2	-140,146	1,15143E-11
Valor Extremo Más Chico	2	-147,934	8,44369E-12

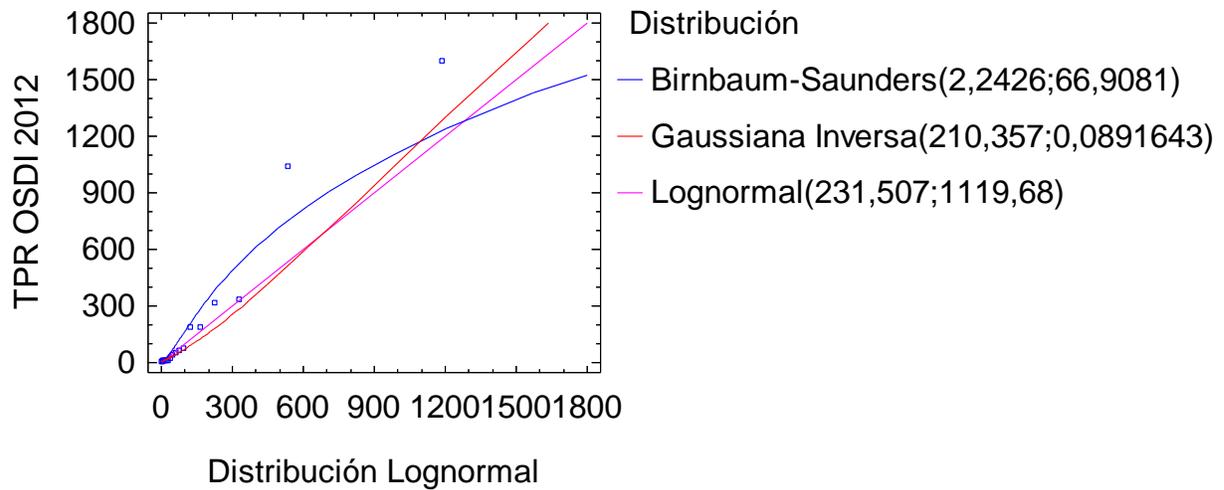
Distribución	KS D	U <sup>2</sup>	A <sup>2</sup>
Lognormal	0,171578	0,0829381	0,5708
Gaussiana Inversa	0,153263	0,0802248	0,505896
Birnbaum-Saunders	0,200654	0,0848895	0,916794
Weibull	0,158456	0,111722	0,785048
Loglogística	0,159842	0,0844017	0,579893
Pareto	0,364893	0,335864	2,70254
Gamma	0,195657	0,156545	1,18946
Exponencial	0,373181	0,366233	6,8158
Normal	0,312338	0,610273	3,49382
Laplace	0,418035	0,332054	3,13391
Valor Extremo Más Grande	0,308689	0,360599	2,77432
Logística	0,330886	0,417716	2,75701
Uniforme	0,689145	-4,74492	
Valor Extremo Más Chico	0,372404	0,77465	3,89809

De acuerdo con el estadístico chi-cuadrada, la distribución de mejor ajuste es la distribución lognormal.

Histograma para TPR OSDI 2012



Gráfica Cuantil-Cuantil



Fuente: Elaboración propia

### Anexo No. 23. Ajuste de datos no censurados - TPR OSDI 2011 y 2012

Datos/Variable: TPR OSDI 2011 y 2012 (Horas)

49 valores con rango desde 4,0 a 3869,44

Distribuciones Ajustadas

<i>Lognormal</i>
media = 611,261
desviación estándar = 3997,2
Escala log: media = 4,52614
Escala log: desv. est. = 1,94391

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para TPR OSDI 2011 y 2012

Prueba Chi-Cuadrada

	<i>Límite</i>	<i>Límite</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia</i>	
	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Observada</i>	<i>Esperada</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>
menor o igual		4,1748	2	2,72	0,19
	4,1748	8,61344	5	2,72	1,91
	8,61344	14,0913	7	2,72	6,72
	14,0913	20,8971	1	2,72	1,09
	20,8971	29,3792	2	2,72	0,19
	29,3792	39,9985	2	2,72	0,19
	39,9985	53,3852	1	2,72	1,09
	53,3852	70,4253	2	2,72	0,19
	70,4253	92,4011	3	2,72	0,03
	92,4011	121,234	0	2,72	2,72
	121,234	159,931	2	2,72	0,19
	159,931	213,457	3	2,72	0,03
	213,457	290,612	1	2,72	1,09
	290,612	408,571	3	2,72	0,03
	408,571	605,903	5	2,72	1,91
	605,903	991,237	5	2,72	1,91
	991,237	2045,12	3	2,72	0,03
mayor	2045,12		2	2,72	0,19

Chi-Cuadrada = 19,6942 con 15 g.l. Valor-P = 0,183981

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Lognormal</i>
DMAS	0,119883
DMENOS	0,107792
DN	0,119883
Valor-P	0,492615

Anderson-Darling A<sup>2</sup>

	<i>Lognormal</i>
A <sup>2</sup>	1,07319
Forma Modificada	1,07319
Valor-P	>=0.10

\*Indica que el Valor-P se ha comparado con tablas de valores críticos especialmente construidas para ajustar la distribución seleccionada. Otros valores-P están basados en tablas generales y pueden ser muy conservadores (excepto para la Prueba de Chi-Cuadrada).

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si TPR OSDI 2011 y 2012 puede modelarse adecuadamente con una distribución lognormal. La prueba de chi-cuadrada divide el rango de TPR OSDI 2011 y 2012 en intervalos no traslapables y compara el número de observaciones en cada clase con el número esperado con base en la distribución ajustada. La prueba de Kolmogorov-Smirnov calcula la distancia máxima entre la distribución acumulada de TPR OSDI 2011 y 2012 y la FDA de la distribución lognormal ajustada. En este caso, la distancia máxima es 0,119883. Los demás estadísticos comparan la función de distribución empírica con la FDA ajustada, en diferentes formas.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que TPR OSDI 2011 y 2012 proviene de una distribución lognormal con 95% de confianza.

Histograma para TPR OSDI 2011 y 2012

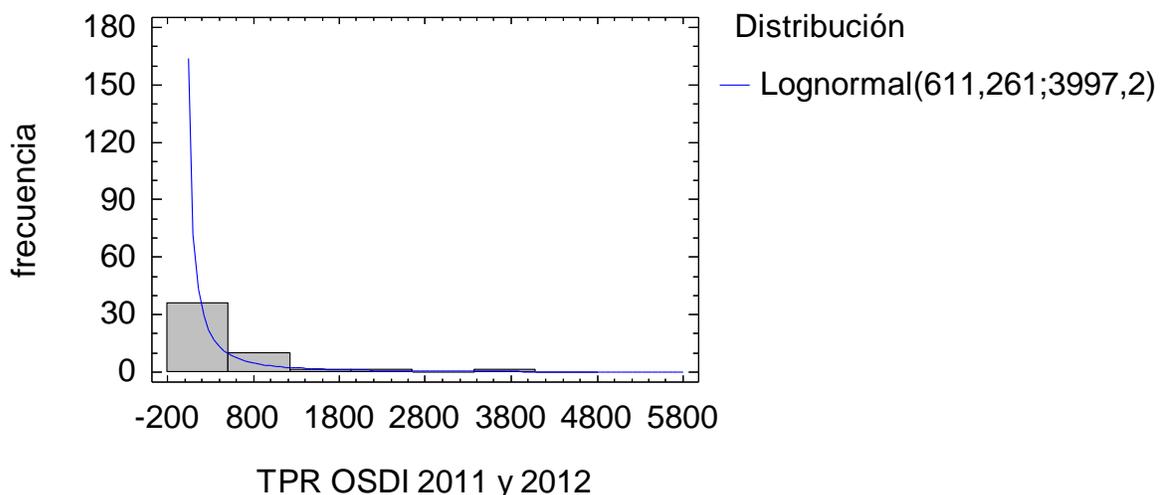
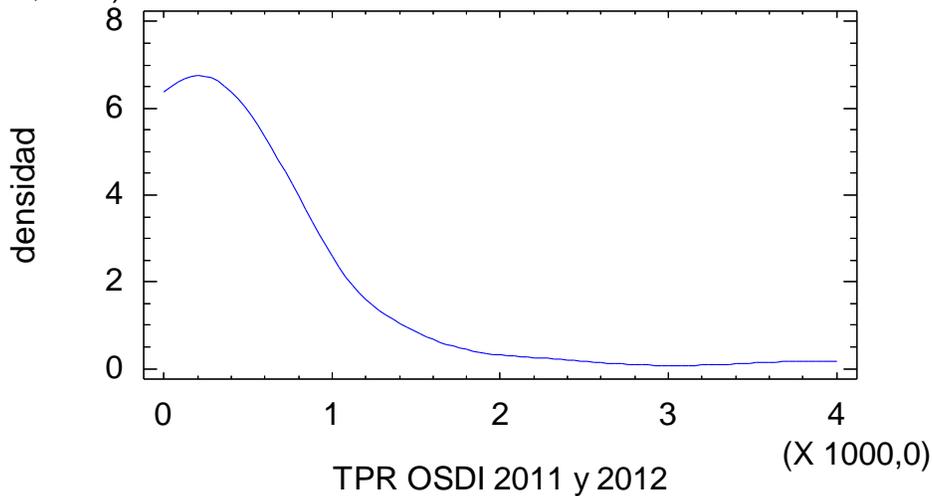


Gráfico de Densidad Suavizada para TPR OSDI 2011 y 2012  
(X 0,0001)



### Comparación de Distribuciones Alternas

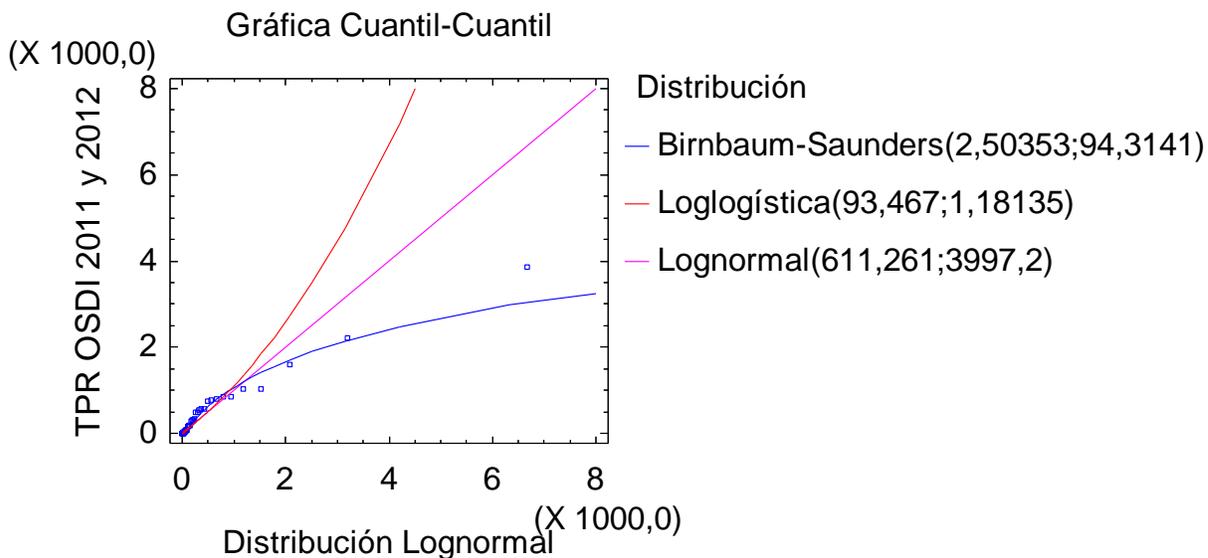
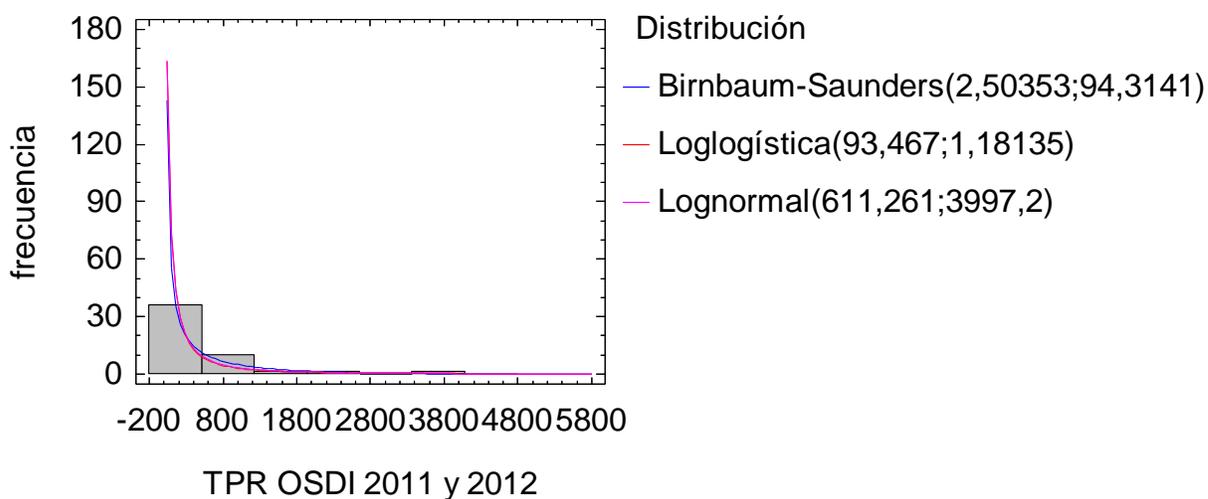
Distribución	Parámetros Est.	Log Verosimilitud	Chi-Cuadrada P
Lognormal	2	-323,379	0,183981
Birnbaum-Saunders	2	-317,649	0,131684
Weibull	2	-324,81	0,0119953
Loglogística	2	-325,825	0,00721711
Gamma	2	-326,348	0,00185362
Gaussiana Inversa	2	-324,113	0,000533783
Exponencial	1	-341,299	4,70799E-9
Pareto	1	-344,764	4,1912E-10
Valor Extremo Más Grande	2	-365,607	0,0
Normal	2	-388,635	0,0
Laplace	2	-371,934	0,0
Logística	2	-377,039	0,0
Uniforme	2	-404,732	0,0
Valor Extremo Más Chico	<sin ajuste>		

Distribución	KS D	U <sup>2</sup>	A <sup>2</sup>
Lognormal	0,119883	0,162867	1,07319
Birnbaum-Saunders	0,103421	0,075263	0,530118
Weibull	0,108831	0,136643	0,968339
Loglogística	0,118723	0,167001	1,13832
Gamma	0,135348	0,149093	1,20711
Gaussiana Inversa	0,217444	0,384963	3,21956
Exponencial	0,326254	0,672891	11,9683
Pareto	0,310663	0,827054	6,9909
Valor Extremo Más Grande	0,242741	0,568015	3,97316

Normal	0,285402	0,973833	5,90036
Laplace	0,40668	0,532555	7,34863
Logística	0,278553	0,636942	4,00726
Uniforme	0,677454	-12,2482	
Valor Extremo Más Chico			

De acuerdo con el estadístico chi-cuadrada, la distribución de mejor ajuste es la distribución lognormal. Para ajustar esta distribución, pulse el botón secundario del ratón y seleccione Opciones de Análisis.

Histograma para TPR OSDI 2011 y 2012



## Anexo No. 24. Ajuste de datos no censurados - TEA OSDI 2011 y 2012

Datos/Variable: TEA OSDI 2011 y 2012 (Horas)

68 valores con rango desde 0,001 a 6048,0

Distribuciones Ajustadas

<i>Exponencial</i>
media = 937,412

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para TEA OSDI 2011 y 2012

Prueba Chi-Cuadrada

	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>	<i>Frecuencia Observada</i>	<i>Frecuencia Esperada</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>
menor o igual		45,7365	6	3,24	2,36
	45,7365	93,8194	4	3,24	0,18
	93,8194	144,503	3	3,24	0,02
	144,503	198,084	4	3,24	0,18
	198,084	254,914	3	3,24	0,02
	254,914	315,413	5	3,24	0,96
	315,413	380,088	2	3,24	0,47
	380,088	449,557	1	3,24	1,55
	449,557	524,59	4	3,24	0,18
	524,59	606,156	4	3,24	0,18
	606,156	695,501	2	3,24	0,47
	695,501	794,267	1	3,24	1,55
	794,267	904,678	6	3,24	2,36
	904,678	1029,85	7	3,24	4,37
	1029,85	1174,35	3	3,24	0,02
	1174,35	1345,27	1	3,24	1,55
	1345,27	1554,44	3	3,24	0,02
	1554,44	1824,12	1	3,24	1,55
	1824,12	2204,21	1	3,24	1,55
	2204,21	2853,97	1	3,24	1,55
mayor	2853,97		6	3,24	2,36

Chi-Cuadrada = 23,4118 con 19 g.l. Valor-P = 0,219692

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Exponencial</i>
DMAS	0,109021
DMENOS	0,0529287
DN	0,109021
Valor-P	0,398759

Anderson-Darling  $A^2$

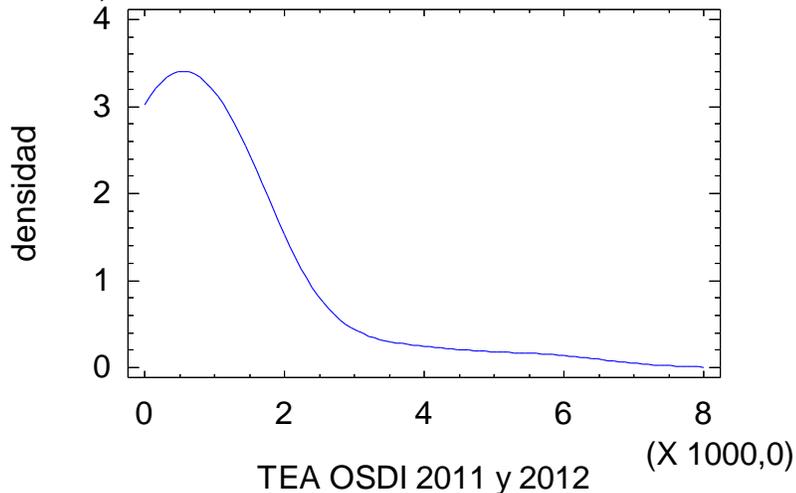
	<i>Exponencial</i>
$A^2$	1,91193
Forma Modificada	1,9288
Valor-P	0,0109468*

\*Indica que el Valor-P se ha comparado con tablas de valores críticos especialmente construidas para ajustar la distribución seleccionada. Otros valores-P están basados en tablas generales y pueden ser muy conservadores (excepto para la Prueba de Chi-Cuadrada).

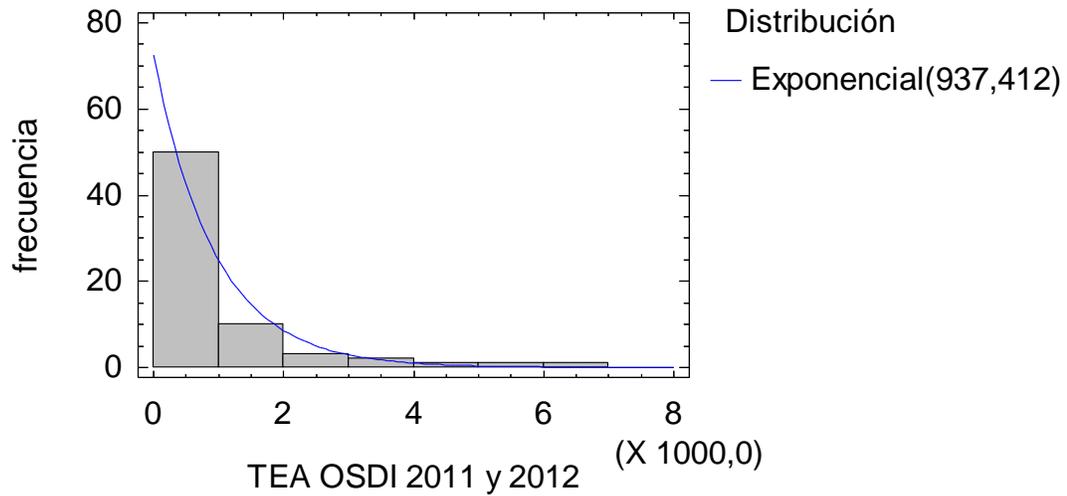
Esta ventana muestra los resultados de pruebas realizadas para determinar si TEA OSDI 2011 y 2012 puede modelarse adecuadamente con una distribución exponencial. La prueba de chi-cuadrada divide el rango de TEA OSDI 2011 y 2012 en intervalos no traslapables y compara el número de observaciones en cada clase con el número esperado con base en la distribución ajustada. La prueba de Kolmogorov-Smirnov calcula la distancia máxima entre la distribución acumulada de TEA OSDI 2011 y 2012 y la FDA de la distribución exponencial ajustada. En este caso, la distancia máxima es 0,109021. Los demás estadísticos comparan la función de distribución empírica con la FDA ajustada, en diferentes formas.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es menor a 0,05, se puede rechazar la idea de que TEA OSDI 2011 y 2012 proviene de una distribución exponencial con 95% de confianza.

Gráfico de Densidad Suavizada para TEA OSDI 2011 y 2012  
(X 0,0001)



Histograma para TEA OSDI 2011 y 2012



**Comparación de Distribuciones Alternas**

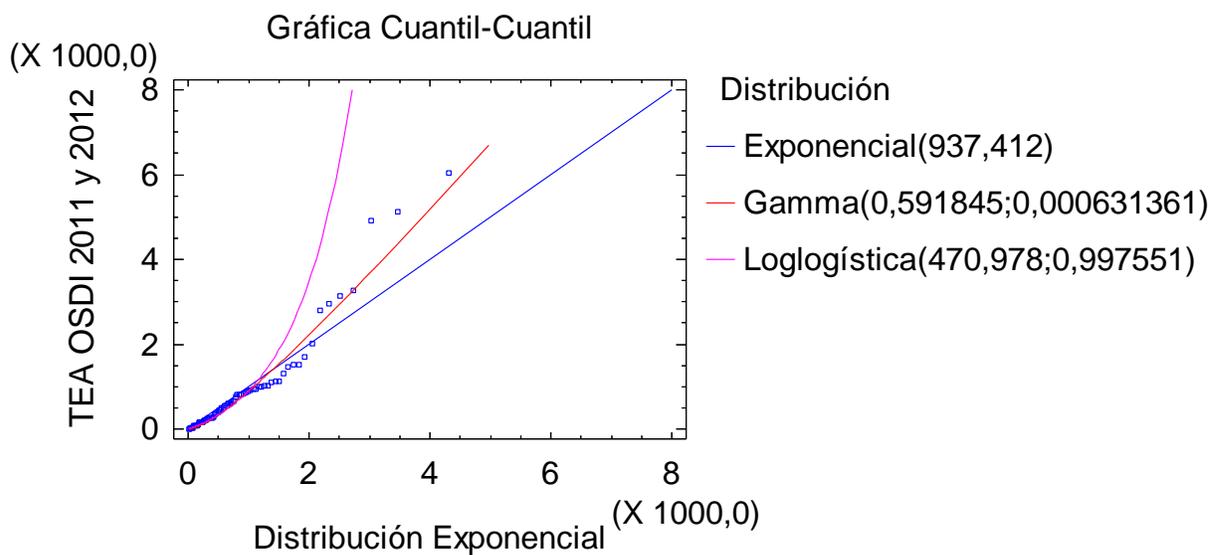
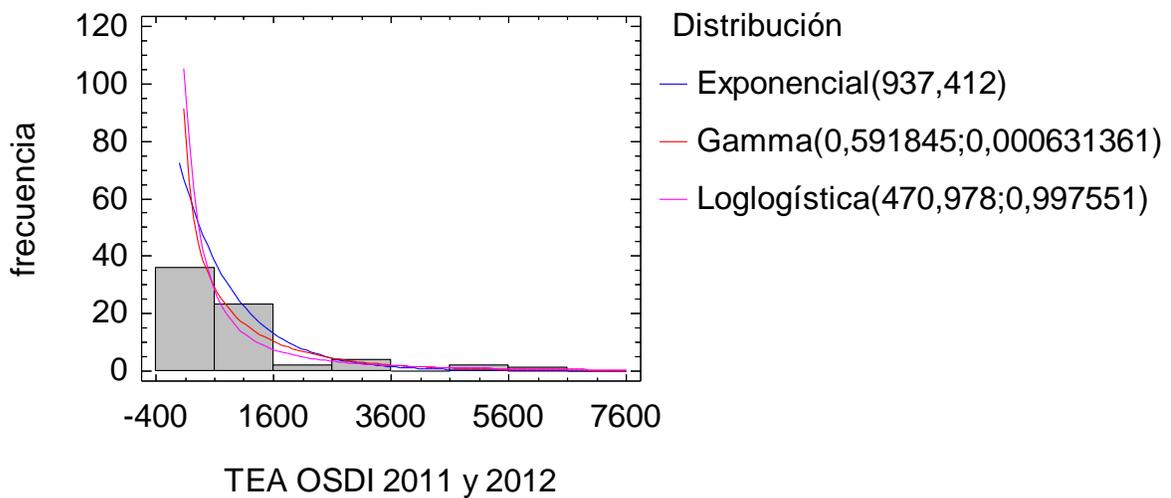
Distribución	Parámetros Est.	Log Verosimilitud	Chi-Cuadrada P
Exponencial	1	-533,332	0,219692
Gamma	2	-525,595	0,134951
Weibull	2	-526,996	0,102478
Loglogística	2	-535,585	0,0114904
Valor Extremo Más Grande	2	-553,203	0,000178596
Laplace	2	-561,988	0,000144618
Lognormal	2	-554,47	0,00000137409
Logística	2	-567,57	8,57271E-7
Normal	2	-578,979	8,15205E-11
Pareto	1	-1,E9	0,0
Uniforme	2	-592,109	0,0
Gaussiana Inversa	2	-802,756	0,0
Valor Extremo Más Chico	2	-604,837	0,0
Birnbaum-Saunders	<sin ajuste>		

Distribución	KS D	U <sup>2</sup>	A <sup>2</sup>
Exponencial	0,109021	0,0753575	1,91193
Gamma	0,100349	0,13338	1,10841
Weibull	0,0893678	0,11165	1,0214
Loglogística	0,104639	0,181918	1,67663
Valor Extremo Más Grande	0,122952	0,232945	2,62711
Laplace	0,223248	0,250889	3,28619
Lognormal	0,212186	0,849499	5,85187
Logística	0,206498	0,430915	3,83435
Normal	0,246517	1,02819	6,68479
Pareto	0,433569	-16,9987	
Uniforme	0,622316	-16,9987	

Gaussiana Inversa	0,940598	5,45092	231,391
Valor Extremo Más Chico	0,328817	1,96651	10,319
Birnbaum-Saunders			

De acuerdo con el estadístico chi-cuadrada la distribución de mejor ajuste es la distribución exponencial. Esta es la distribución actualmente seleccionada.

Histograma para TEA OSDI 2011 y 2012





Realice la autoevaluación del grado de influencia que cada una de las fuentes que le presentamos a continuación ha tenido en su conocimiento y criterios sobre el tema. Para ello marque con una cruz (X), según corresponde en Alto (A), Medio (M), Bajo (B).

Fuentes de argumentación	Grados de influencia de cada una de las fuentes en su conocimiento y criterios		
	Alta	Media	Baja
Análisis teórico por usted realizado.			
Experiencia adquirida.			
Trabajos de autores nacionales que conoce.			
Trabajos de autores internacionales que conoce.			
Conocimiento propio sobre el estado del tema.			
Intuición.			

*Gracias por su cooperación en contestar esta encuesta.*

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo No. 26. Cálculo del coeficiente de competencia de los candidatos a expertos.**

No.	Kc	Ka	$K_{comp} = 1/2(Ka+Kc)$	Nivel Competencia
1	0.8	0.8	0.80	Medio
2	0.7	0.8	0.75	Medio
3	0.79	0.7	0.895	Alta
4	0.78	1	0.89	Alta
5	0.76	1	0.88	Alta
6	0.86	0.9	0.88	Alta
7	0.85	0.9	0.875	Alta
8	0.84	0.9	0.87	Alta
9	0.8	0.9	0.85	Alta
10	0.8	0.7	0.75	Medio
11	0.8	1	0.90	Alta
12	0.9	0.8	0.85	Alta
13	0.895	0.8	0.85	Alta

Fuente: Elaboración propia.

---

## **Anexo No. 27. Instrumento para validar las características de los índices de evaluación del proceso Gestionar Diagnóstico Integral en la Termoeléctrica Cienfuegos.**

Usted ha sido escogido para calificar las características de los índices de evaluación del proceso Gestionar Diagnóstico Integral de la Termoeléctrica Cienfuegos, que consisten en: valor esperado a alcanzar, plazo de evaluación y rangos de evaluación de dichos índices.

Los índices 1 y 2 tienen que ver con el trabajo cotidiano que realiza el proceso, y sus valores esperados están relacionados con ello. Los índices 3 y 4 están establecidos internacionalmente y miden la influencia del proceso en la generación de energía, y sus valores esperados corresponden con los valores medios de su comportamiento durante los años 2011 y 2012.

El valor esperado de cada índice se encuentra en el rango de evaluación con calificación de 4.

Esta encuesta es anónima y su participación en ella ayuda a perfeccionar la gestión del proceso.

Para la confección de la encuesta se aplica una escala Likert que facilita un mayor nivel de comprensión, donde 1 significa el mayor grado de desacuerdo y 5 el mayor acuerdo.

Seleccione y marque con una **X** lo que más se ajusta a su modo de pensar. Tenga en cuenta que no hay respuesta correcta o incorrecta.

**Nota:** Cualquier criterio adicional respecto a la información contenida en esta encuesta arguméntela al dorso.

Agradecemos su cooperación.

No.	Índices de evaluación del proceso Gestionar Diagnóstico Integral, valor esperado y plazo de evaluación	No. de características	Rangos de evaluación de los índices	Escalas				
				1	2	3	4	5
				Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo
1	Porcentaje de cumplimiento del Plan de monitoreo	1	100% = 5					
		2	(98 hasta < 100) % = 4					
		3	(95 hasta < 98) % = 3					
		4	(90 hasta < 95) % = 2					
		5	< 90 % = 1					
	Valor esperado=100%	6	---					
	Evaluación trimestral	7	---					
2	Porcentaje de cumplimiento en la entrega de Informes del resultado del monitoreo	8	100% = 5					
		9	(98 hasta < 100) % = 4					
		10	(95 hasta < 98) % = 3					
		11	(90 hasta < 95) % = 2					
		12	< 90 % = 1					
	Valor esperado=100%	13	---					
	Evaluación trimestral	14	---					
3	Porcentaje de la disponibilidad de trabajo de los equipos	15	> 60,53 % = 5					
		16	(58,51 > hasta 60,53) % = 4					
		17	(54 > hasta 58,51) % = 3					
		18	(50 > hasta 54) % = 2					
		19	≤ 50 % = 1					
	Valor esperado=60,53%	20	---					
	Evaluación anual	21	---					
4	Tiempo medio para la reparación	22	< 611,26 h = 5					
		23	(611,26 hasta < 650) h = 4					
		24	(650 hasta < 675) h = 3					
		25	(675 hasta < 700) h = 2					
		26	≥ 700 h = 1					
	Valor esperado=611,261 h	27	---					
	Evaluación anual	28	---					

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo No. 28. Resultados de los valores del rango promedio y los estadísticos de contraste.**

Rangos	Rango promedio
Porcentaje de cumplimiento del plan de monitoreo igual que 100%=5	18,61
Porcentaje de cumplimiento del plan de monitoreo entre (98 hasta menores que 100) % = 4	18,61
Porcentaje de cumplimiento del plan de monitoreo entre (95 hasta menores que 98) % = 3	18,61
Porcentaje de cumplimiento del plan de monitoreo entre (90 hasta menores que 95) % = 2	6,17
Porcentaje de cumplimiento del plan de monitoreo menor que 90%=1	6,17
Porcentaje de cumplimiento del plan de monitoreo. Valor esperado 100%	18,61
Porcentaje de cumplimiento del plan de monitoreo. Evaluación Trimestral	17,06
Porcentaje de cumplimiento de entrega de informe del resultado del monitoreo igual que 100%=5	18,61
Porcentaje de cumplimiento de entrega de informe del resultado del monitoreo entre (98 hasta menores que 100) % = 4	18,61
Porcentaje de cumplimiento de entrega de informe del resultado del monitoreo entre (95 hasta menores que 98) % = 3	18,61
Porcentaje de cumplimiento de entrega de informe del resultado del monitoreo entre (90 hasta menores que 95) % = 2	6,17
Porcentaje de cumplimiento de entrega de informe del resultado del monitoreo menor que 90%=1	6,17
Porcentaje de cumplimiento de entrega de informe del resultado del monitoreo. Valor esperado 100%	18,61
Porcentaje de cumplimiento de entrega de informe del resultado del monitoreo. Evaluación Trimestral	18,61
Porcentaje de la disponibilidad de trabajo de los equipos mayor que 60,53%=5	18,61
Porcentaje de la disponibilidad de trabajo de los equipos entre (58,51 mayores hasta 60,53) % = 4	17,06
Porcentaje de la disponibilidad de trabajo de los equipos entre (54 mayores hasta 58,51) % = 3	18,61
Porcentaje de la disponibilidad de trabajo de los equipos entre (50 mayores hasta 54) % = 2	6,17
Porcentaje de la disponibilidad de trabajo de los equipos menor o igual que 50%=1	6,17
Porcentaje de la disponibilidad de trabajo de los equipos. Valor esperado 60,53%	18,61
Porcentaje de la disponibilidad de trabajo de los equipos. Evaluación anual	18,61
Tiempo medio para la reparación menor que 611,26 horas=5	18,61
Tiempo medio para la reparación entre (611,26 hasta menores que 650) h = 4	18,61
Tiempo medio para la reparación entre (650 hasta menores que 675) h = 3	4,61
Tiempo medio para la reparación entre (675 hasta menores que 700) h = 2	7,72
Tiempo medio para la reparación mayor o igual que 700 horas=1	6,17
Tiempo medio para la reparación. Valor esperado 611,26 horas	18,61
Tiempo medio para la reparación. Evaluación anual	18,61

**Estadísticos de contraste**

N	9
W de Kendall(a)	,831
Chi-cuadrado	201,825
gl	27
Sig. asintót.	,000

a Coeficiente de concordancia de Kendall

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo No. 29. Carpeta del proceso Gestionar Diagnóstico Integral. Hoja 1 de 3.**

	<b>MINISTERIO DE LA INDUSTRIA BÁSICA</b> <b>UNIÓN ELÉCTRICA</b> <b>CARPETA DE PROCESO</b>	Código: ETE-242342 Revisión: 00 Pág.: 1 de 3
---	---	--

<b>DENOMINACIÓN DEL PROCESO:</b> Gestionar Diagnóstico Integral basado en la condición.		
	<b>Nombres y Apellidos / Cargo / Organización</b>	<b>Firma</b>
<b>Preparado</b>	Silvino Chaviano Bernal / J`Grupo Diagnóstico Integral / ETE Cienfuegos.	
<b>Acordado</b>	Héctor Zamora González / Esp. Calidad / ETE Cienfuegos.	
<b>Aprobado</b>	Yeranis Zurita García / Director Técnico / ETE Cienfuegos.	

**Anexo No. 29. Carpeta del proceso Gestionar Diagnóstico Integral. Hoja 2 de 3.**

 <p>CTE CARLOS MANUEL DE CÉSPEDES</p>	<p><b>MINISTERIO DE LA INDUSTRIA BÁSICA</b> <b>UNIÓN ELÉCTRICA</b> <b>CARPETA DE PROCESO</b></p>	<p>Código: ETE-242342 Revisión: 00 Pág.: 2 de 3</p>
--	--	---

**Objetivo del proceso:** Consiste en detectar las desviaciones de los parámetros de control de los equipos, analizar sus tendencias, y determinar sus causas de manera que permita proponer las medidas correctoras y la interrelación oportuna de los mismos para lograr una influencia positiva en la disponibilidad y mantenibilidad de los equipos monitoreados.

**Responsable:** Jefe de Grupo de Diagnóstico Integral.

**Descripción del proceso:** El proceso consiste en la actividad de planificar el diagnóstico integral, la cual se desglosa como sigue:

ETE-24234211 "Categorizar los equipos": Se realiza teniendo en cuenta características de los equipos como intercambiabilidad, importancia productiva, régimen de operación, nivel de utilización, seguridad y complejidad en el mantenimiento. De esta manera los equipos pueden ser A, B y C siendo por ese orden de manera decreciente su categoría. A la salida se obtienen *Equipos categorizados*.

ETE-24234212 "Estudiar defectos y parámetros de estado de los equipos": Es el estudio de defectos de los equipos que limitan o impiden sus funciones y alteran los parámetros de estado de los mismos, brindan información y permiten determinar la variación en su comportamiento. A la salida se obtiene *Información de parámetros*.

ETE-24234213 "Actualizar historial": Es la actividad que documenta las mediciones efectuadas, y constituye la base de datos del monitoreo de los equipos. A la salida se obtienen *Parámetros actualizados*.

ETE-24234214 "Planificar el sistema de monitoreo": Es la actividad que establece el Plan de monitoreo el cual cambia según la situación. A la salida se obtiene el *Plan de monitoreo*.

ETE-2423422 "Efectuar el diagnóstico integral según MBC" (H): Luego de establecido el *Plan de monitoreo* se pasa a efectuar las mediciones del monitoreo, obteniéndose como salida *Mediciones del monitoreo*.

ETE-2423423 "Verificar los resultados del Diagnóstico Integral según MBC" (V): La entrada *Mediciones del monitoreo* se compara con los *Parámetros actualizados* obteniéndose la salida *Resultados del monitoreo* que permite actualizar el historial, que consiste en los registros de las mediciones del monitoreo de los equipos. De esa misma caja salen el *Cumplimiento del plan de monitoreo* y el *Informe del resultado del monitoreo*, así como las *No conformidades de mediciones (A)* que son entradas de ETE-24234212 "Estudiar defectos y parámetros de estado" de los equipos.

**Procesos suministradores:**

- Operar planta
- Elaborar planificación del mantenimiento
- Realizar servicios de maquinado
- Realizar servicios de mecánica, automática, eléctrica y lubricación
- Evaluar mantenimiento
- Gestionar informática
- Gestionar recursos financieros
- Controlar equipos de medición
- Gestionar información
- Comprar productos y servicios
- Regular seguridad, salud y medioambiente laboral

**Procesos clientes:**

- Dirigir organización
- Operar planta
- Elaborar planificación del mantenimiento
- Realizar servicios de maquinado
- Realizar servicios de mecánica, automática, eléctrica y lubricación
- Evaluar mantenimiento
- Gestionar informática

**Criterios de evaluación:**

1. Mal
2. Regular
3. Bien
4. Muy bien
5. Excelente

**Registros:**

Listas de chequeo por especialidades.

Plan y cumplimiento del monitoreo periódico.

Información semanal de los resultados del monitoreo.

TC GQ-0002.A3 Lista de control de documentos y registros.

TC GQ-0014.A2 Guía de archivo.

- GM-PD0001.A1: Ensayos y pruebas de diagnóstico a realizar en la CTE.
- GM-PD0001.A2: Registro de los equipos sujetos a diagnósticos y relación de ensayos y pruebas que se le realizan a cada equipo con los medios que poseen en la CTE.
- GM-PD0001.A3: Registro de los ensayos y pruebas para los cuales la CTE tiene que contratar un servicio externo.
- GM-PD0001.A4: Registros de los datos de los parámetros obtenidos de las mediciones, ensayos o pruebas.
- GM-PD0001.A5: Informe mensual de desempeño de la actividad.
- GM-PD0001.A6: Informe de desviación notable de un parámetro
- GM-PD0003.A1: Tabla de Ensayos y pruebas de diagnóstico a realizar en los Motores eléctricos desde 1 KV hasta 6 KV.
- GM-PD0002.A1: Tabla con las mediciones a efectuar a los equipos rotatorios sujetos a diagnóstico por AD.
- GM-PD0003.A2: Tabla de Ensayos y pruebas de diagnóstico a realizar a los Motores eléctricos desde 220 V hasta 600 V.
- GM-PD0003.A3: Tabla de Ensayos y pruebas de diagnóstico a realizar a los Transformadores de fuerza de 6 KV a 220 KV.
- GM-PD0003.A4: Ensayos y pruebas de diagnóstico a realizar a las Excitatrices rotatorias.
- GM-PD0003.A5: Tablas de Ensayos y pruebas de diagnóstico a realizar a las Excitatrices estáticas.
- GM-PD0004.A01: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Caldera. Domo. Rolos.
- GM-PD0004.A02: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Caldera. Domo. Casquetes.
- GM-PD0004.A03: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Caldera. Domo. Uniones Soldadas.
- GM-PD0004.A04: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Caldera. Sobrecalentador y Recalentador. Tubos y serpentines.
- GM-PD0004.A05: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Caldera. Tuberías conductoras de vapor y agua. Codos.
- GM-PD0004.A06: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Caldera. Tuberías

conductoras de vapor y agua. Tramos rectos.

GM-PD0004.A07: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Caldera. Tuberías conductoras de vapor y agua. Uniones Soldadas.

GM-PD0004.A08: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Caldera. Economizador. Tubos y serpentines.

GM-PD0004.A09: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Caldera. Economizador. Paredes y tubos.

GM-PD0004.A10: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Caldera. Colectores. Cuerpo.

GM-PD0004.A11: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Caldera. Colectores. Uniones soldadas y elementos de soportación.

GM-PD0004.A12: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Caldera. Válvulas. Cuerpo y tapas. Uniones soldadas.

GM-PD0004.A13: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Caldera. Válvulas. Espárragos y tuercas.

GM-PD0004.A14: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Turbina. Válvulas de regulación y admisión.

GM-PD0004.A15: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Turbina. Elementos de sujeción. Espárragos y tuercas

GM-PD0004.A16: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Turbina. Deaerador. Cuerpo. Uniones Soldadas

GM-PD0004.A17: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Turbina. Calentadores. Cuerpo. Uniones Soldadas

GM-PD0004.A18: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Turbina. Sistema de Aceite

GM-PD0004.A19: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Turbina. Estator

GM-PD0004.A20: Tabla de Ensayos de Control de Metales a realizar en Turbina. Rotor.

**Diagrama del proceso:** Ver anexo ETE-242342 página 33 del Mapa gestionar Termoeléctrica Cienfuegos

**Anexo No. 29. Carpeta del proceso Gestionar diagnóstico integral. Hoja 3 de 3.**

		<b>MINISTERIO DE LA INDUSTRIA BÁSICA</b> <b>UNIÓN ELÉCTRICA</b> <b>CARPETA DE PROCESO</b>		Código: ETE-242342 Revisión: 00 Pág.: 2 de 3			
<b>Medición de la evaluación</b>							
No.	Índices de evaluación	Valor esperado	Período de evaluación				
			1er Trim.	2do Trim.	3er Trim.	4to Trim.	
1.	Porcentaje de cumplimiento del Plan de Monitoreo 100% = 5 (98 hasta 100) % = 4 (95 hasta < 98) % = 3 (90 hasta < 95) % = 2 < 90 % = 1	100%					
2.	Porcentaje de cumplimiento del Plan de Monitoreo 100% = 5 (98 hasta 100) % = 4 (95 hasta < 98) % = 3 (90 hasta < 95) % = 2 < 90 % = 1	100%					
3.	Porcentaje de la disponibilidad de trabajo de los equipos > 60,53 % = 5 (58,51 > hasta 60,53) % = 4 (54 > hasta 58,51) % = 3 (50 > hasta 54) % = 2 ≤ 50 % = 1	60,53%					
4.	Tiempo Medio Para la Reparación < 611,26 h = 5 (611,26 hasta < 650) h = 4 (650 hasta < 675) h = 3 (675 hasta < 700) h = 2 ≥ 700 h = 1	611,26 h					
<b>Evaluación promedio trimestral</b>							
<b>Evaluación cualitativa trimestral</b>							
<b>Evaluación promedio anual</b>			<b>Evaluación cualitativa anual</b>				
Trimestre	Evaluado por:	Cargo	Fecha	Firma			
1	Silvino Chaviano	J` de Área diagnóstico					
2	Silvino Chaviano	J` de Área diagnóstico					
3	Silvino Chaviano	J` de Área diagnóstico					
4	Silvino Chaviano	J` de Área diagnóstico					

Trimestre	Aprobado por:	Cargo	Fecha	Firma
1	Yeranis Zurita	Director Técnico		
2	Yeranis Zurita	Director Técnico		
3	Yeranis Zurita	Director Técnico		
4	Yeranis Zurita	Director Técnico		
Documentos de Referencia				
Código	Denominación		Edición	
	Documentación técnica de los equipos (carpetas)			
GM-PD 0001	Procedimientos obligatorios de calidad.		Vigente	
GM-PD 0002	Procedimiento diagnóstico por análisis dinámico.		Vigente	
GM-PD 0003	Procedimiento diagnóstico de máquinas eléctricas.		Vigente	
GM-PD 0004	Procedimiento diagnóstico de control de metales.		Vigente	
GM-PD 0005	Procedimiento diagnóstico químico		Vigente	
TC-GQ 0001	Confección de la documentación del SGC. Plantillas.		Vigente	
TC-GQ 0002	Control de Documentos		Vigente	
TC-GQ 0012	Control de no conformidades, acciones correctivas y preventivas.		Vigente	
TC-GQ 0014	Control de registros		Vigente	
TC-GQ 0015	Auditorías internas de calidad		Vigente	
MGE-ETE-04	Manual de gestión empresarial.		Vigente	

Copia Controlada: 31

Fecha de Emisión: 07/01/2013

Fuente: Elaboración propia

### Anexo No. 30. Ajuste de datos no censurados - TEA TOS 2011

Datos/Variable: TEA TOS 2011 (Horas)

105 valores con rango desde 0,001 a 3264,0

Distribuciones Ajustadas

<i>Exponencial</i>	<i>Gamma</i>
media = 532,429	forma = 0,45396
	escala = 0,000852621

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para TEA TOS 2011

Prueba Chi-Cuadrada

	<i>Límite</i>	<i>Límite</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia</i>	
	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Observada</i>	<i>Esperada</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>
menor o igual		21,7348	7	4,20	1,87
	21,7348	44,3948	5	4,20	0,15
	44,3948	68,0621	6	4,20	0,77
	68,0621	92,8307	6	4,20	0,77
	92,8307	118,808	6	4,20	0,77
	118,808	146,118	4	4,20	0,01
	146,118	174,905	7	4,20	1,87
	174,905	205,338	2	4,20	1,15
	205,338	237,616	0	4,20	4,20
	237,616	271,978	8	4,20	3,44
	271,978	308,712	5	4,20	0,15
	308,712	348,169	3	4,20	0,34
	348,169	390,786	2	4,20	1,15
	390,786	437,114	3	4,20	0,34
	437,114	487,859	3	4,20	0,34
	487,859	543,956	7	4,20	1,87
	543,956	606,667	3	4,20	0,34
	606,667	677,763	2	4,20	1,15
	677,763	759,838	1	4,20	2,44
	759,838	856,911	7	4,20	1,87
	856,911	975,719	5	4,20	0,15
	975,719	1128,89	0	4,20	4,20
	1128,89	1344,77	2	4,20	1,15
	1344,77	1713,82	4	4,20	0,01
mayor	1713,82		7	4,20	1,87

Chi-Cuadrada = 32,381 con 23 g.l. Valor-P = 0,0924766

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Exponencial</i>
DMAS	0,120729
DMENOS	0,048566
DN	0,120729
Valor-P	0,0936999

Anderson-Darling A<sup>2</sup>

	<i>Exponencial</i>
A <sup>2</sup>	6,75769
Forma Modificada	6,7963
Valor-P	<b>0,00000278681*</b>

\*Indica que el Valor-P se ha comparado con tablas de valores críticos especialmente construidas para ajustar la distribución seleccionada. Otros valores-P están basados en tablas generales y pueden ser muy conservadores (excepto para la Prueba de Chi-Cuadrada).

Esta ventana muestra los resultados de pruebas realizadas para determinar si TEA TOS 2011 puede modelarse adecuadamente con una distribución exponencial. La prueba de chi-cuadrada divide el rango de TEA TOS 2011 en intervalos no traslapables y compara el número de observaciones en cada clase con el número esperado con base en la distribución ajustada. La prueba de Kolmogorov-Smirnov calcula la distancia máxima entre la distribución acumulada de TEA TOS 2011 y la FDA de la distribución exponencial ajustada. En este caso, la distancia máxima es 0,120729. Los demás estadísticos comparan la función de distribución empírica con la FDA ajustada, en diferentes formas.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es menor a 0,05, se puede rechazar la idea de que TEA TOS 2011 proviene de una distribución exponencial con 95% de confianza.

Histograma para TEA TOS 2011

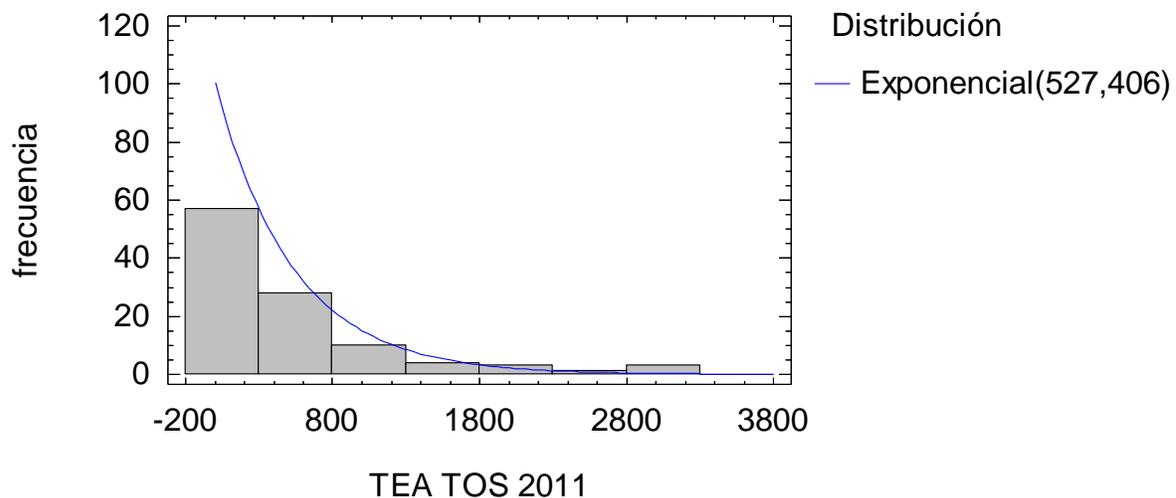
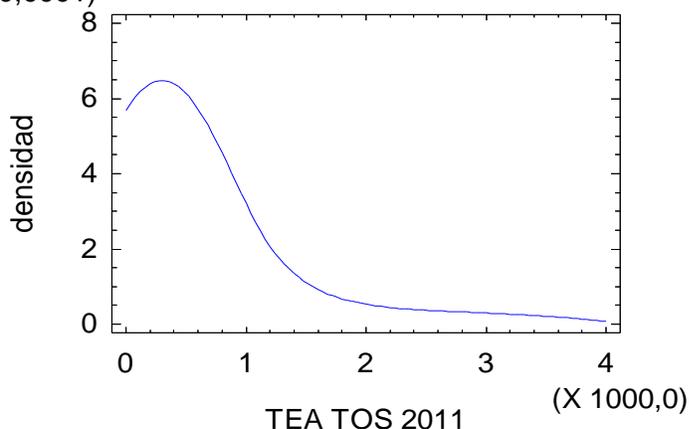


Gráfico de Densidad Suavizada para TEA TOS 2011  
(X 0,0001)



### Comparación de Distribuciones Alternas

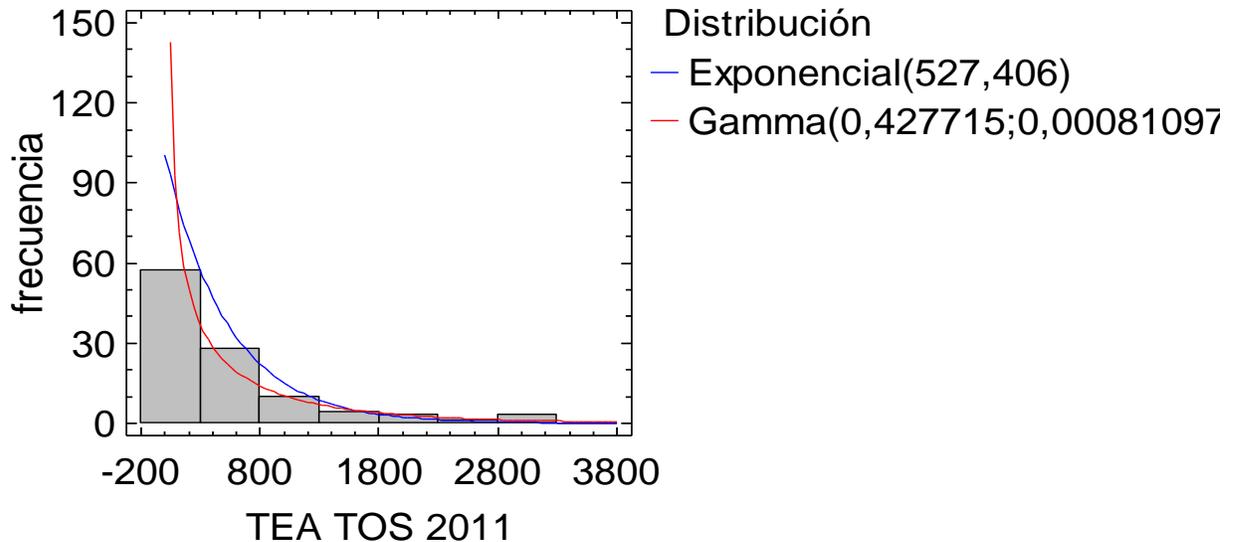
Distribución	Parámetros Est.	Log Verosimilitud	Chi-Cuadrada P
Exponencial	1	-764,132	0,0924766
Gamma	2	-733,167	0,0000161384
Valor Extremo Más Grande	2	-797,459	0,0000030696
Loglogística	2	-760,451	0,00000208417
Lognormal	2	-786,079	0,0
Normal	2	-834,579	0,0
Laplace	2	-811,427	0,0
Logística	2	-819,324	0,0
Pareto	1	-1,E9	0,0
Uniforme	2	-849,524	0,0
Gaussiana Inversa	2	-1134,44	0,0
Valor Extremo Más Chico	2	-873,234	0,0
Birnbaum-Saunders	<sin ajuste>		

Distribución	KS D	U <sup>2</sup>	A <sup>2</sup>
Exponencial	0,120729	0,150097	6,75769
Gamma	0,147011	0,314328	3,50871
Valor Extremo Más Grande	0,155098	0,440063	4,15076
Loglogística	0,135265	0,551923	6,05899
Lognormal	0,270718	1,97357	13,5278
Normal	0,219593	1,39482	9,36479
Laplace	0,250911	0,399962	6,35086
Logística	0,212983	0,699348	5,71417
Pareto	0,435058	-26,2492	
Uniforme	0,586669	-26,2492	
Gaussiana Inversa	0,913414	8,49522	341,865
Valor Extremo Más Chico	0,325773	2,77741	14,8358
Birnbaum-Saunders			

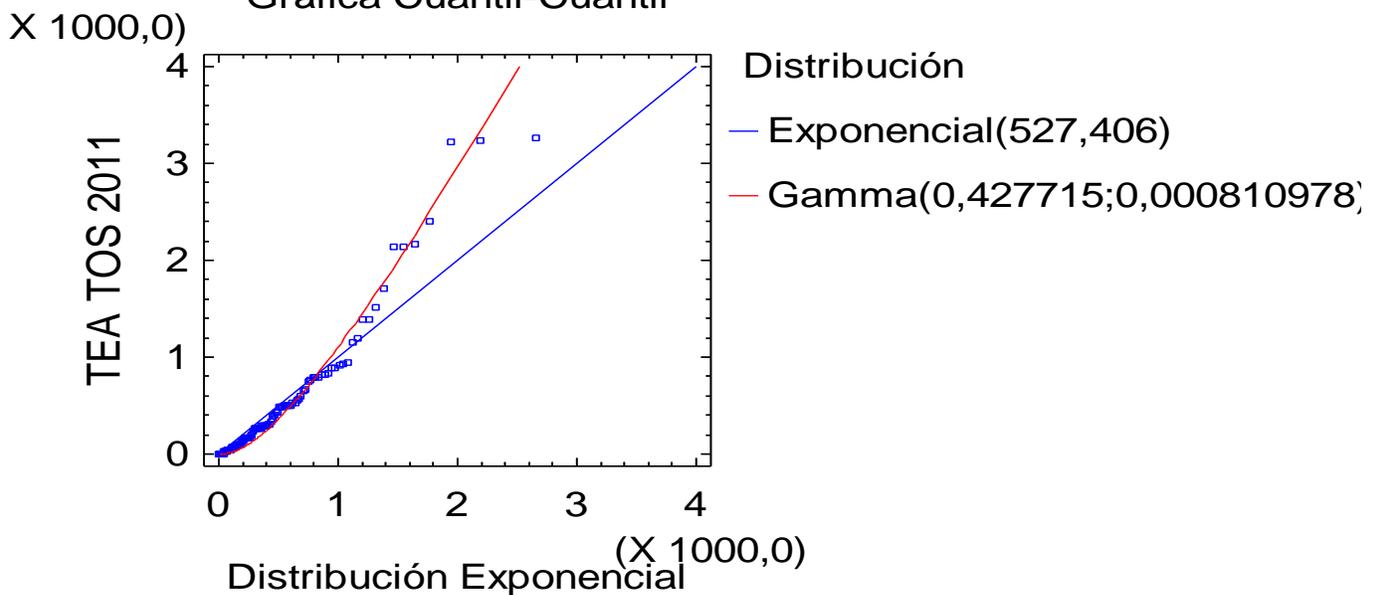
Esta tabla compara la bondad de ajuste cuando varias distribuciones se ajustan a TEA TOS 2011.

De acuerdo con el estadístico chi-cuadrada, la distribución de mejor ajuste es la distribución exponencial. Esta es la distribución actualmente seleccionada.

Histograma para TEA TOS 2011



Gráfica Cuantil-Cuantil



Fuente: Elaboración propia

**Anexo No. 31. Ajuste de datos no censurados - TPR TOS 2011**

Datos/Variable: TPR TOS 2011 (Horas)

57 valores con rango desde 4,37 a 3869,44

Distribuciones Ajustadas

<i>Lognormal</i>
media = 485,613
desviación estándar = 2090,22
Escala log: media = 4,69952
Escala log: desv. est. = 1,72389

**Pruebas de Bondad-de-Ajuste para TPR TOS 2011**

Prueba Chi-Cuadrada

	<i>Límite</i>	<i>Límite</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia</i>	
	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Observada</i>	<i>Esperada</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>
menor o igual		6,73324	2	3,00	0,33
	6,73324	12,6923	6	3,00	3,00
	12,6923	19,4957	2	3,00	0,33
	19,4957	27,453	6	3,00	3,00
	27,453	36,8622	5	3,00	1,33
	36,8622	48,0815	1	3,00	1,33
	48,0815	61,5728	1	3,00	1,33
	61,5728	77,9534	3	3,00	0,00
	77,9534	98,0733	2	3,00	0,33
	98,0733	123,139	1	3,00	1,33
	123,139	154,922	2	3,00	0,33
	154,922	196,136	2	3,00	0,33
	196,136	251,171	1	3,00	1,33
	251,171	327,616	3	3,00	0,00
	327,616	439,903	4	3,00	0,33
	439,903	619,452	5	3,00	1,33
	619,452	951,495	7	3,00	5,33
	951,495	1793,59	2	3,00	0,33
mayor	1793,59		2	3,00	0,33

Chi-Cuadrada = 22,0005 con 16 g.l. Valor-P = 0,143175

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Lognormal</i>
DMAS	0,114985
DMENOS	0,11778
DN	0,11778
Valor-P	0,41315

Anderson-Darling  $A^2$

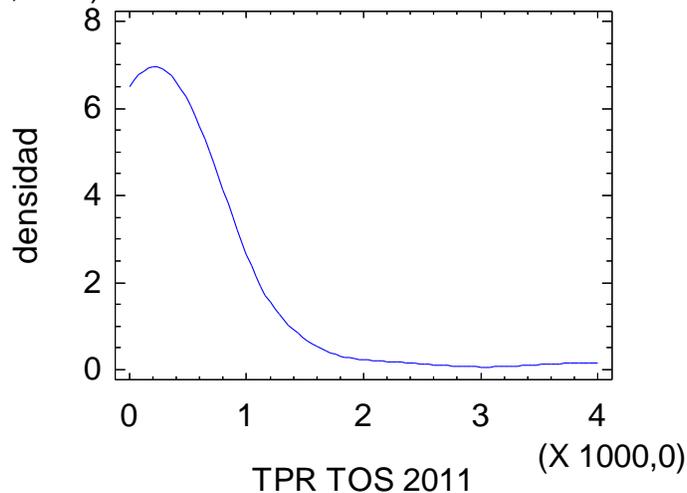
	<i>Lognormal</i>
$A^2$	0,882406
Forma Modificada	0,882406
Valor-P	$\geq 0.10$

\*Indica que el Valor-P se ha comparado con tablas de valores críticos especialmente construidas para ajustar la distribución seleccionada. Otros valores-P están basados en tablas generales y pueden ser muy conservadores (excepto para la Prueba de Chi-Cuadrada).

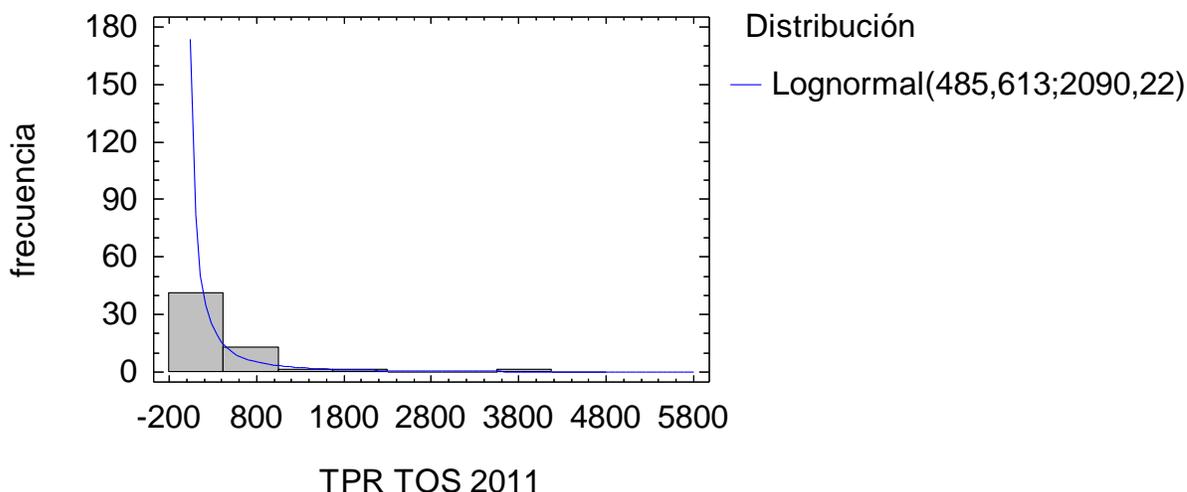
En este caso, la distancia máxima es 0,11778. Los demás estadísticos comparan la función de distribución empírica con la FDA ajustada, en diferentes formas.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que TPR TOS 2011 proviene de una distribución lognormal con 95% de confianza.

Gráfico de Densidad Suavizada para TPR TOS 2011  
(X 0,0001)



Histograma para TPR TOS 2011



**Comparación de Distribuciones Alternas**

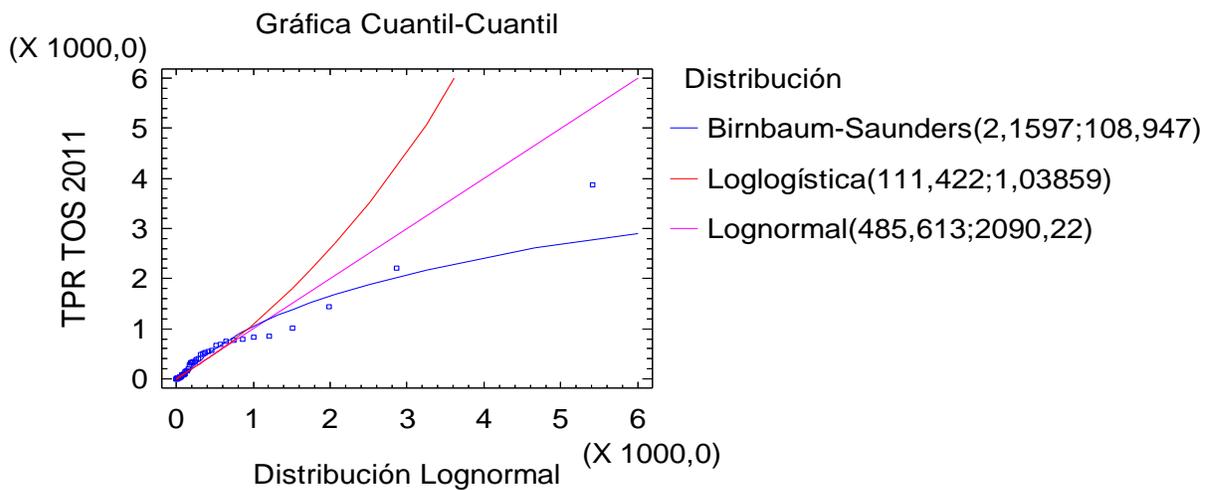
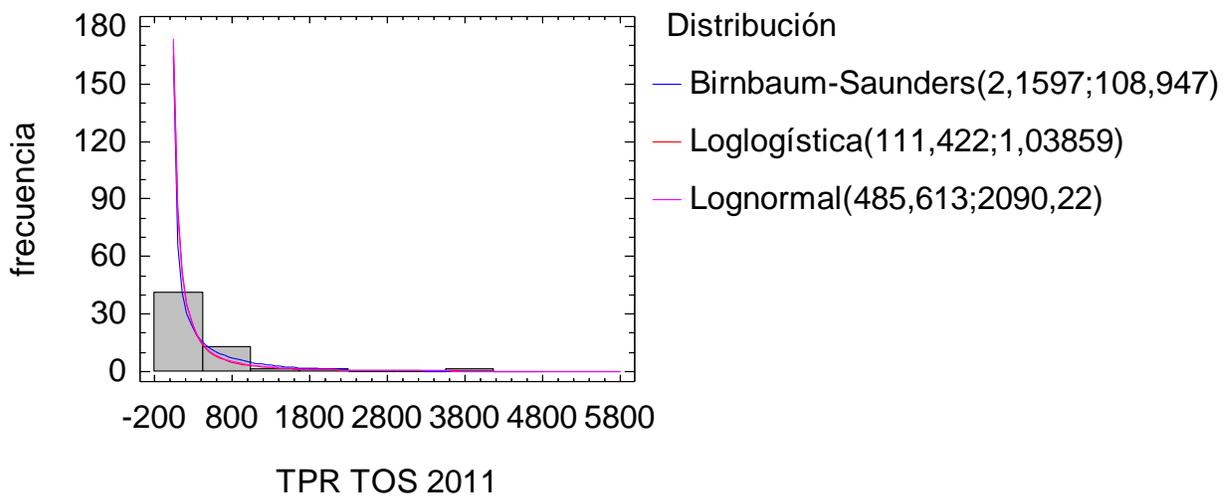
<i>Distribución</i>	<i>Parámetros Est.</i>	<i>Log Verosimilitud</i>	<i>Chi-Cuadrada P</i>
Birnbaum-Saunders	2	-375,15	0,407456
Lognormal	2	-379,293	0,143175
Loglogística	2	-381,802	0,0641606
Weibull	2	-381,127	0,0453401
Gamma	2	-382,899	0,0379236
Gaussiana Inversa	2	-380,47	0,0148377
Exponencial	1	-393,267	0,00000774996
Pareto	1	-413,078	9,96847E-12
Laplace	2	-427,191	7,73004E-12
Valor Extremo Más Grande	2	-419,148	0,0
Normal	2	-447,4	0,0
Logística	2	-432,031	0,0
Uniforme	2	-470,805	0,0
Valor Extremo Más Chico	<sin ajuste>		

<i>Distribución</i>	<i>KS D</i>	<i>U^2</i>	<i>A^2</i>
Birnbaum-Saunders	0,0850718	0,0620029	0,372272
Lognormal	0,11778	0,152531	0,882406
Loglogística	0,121472	0,167691	1,01905
Weibull	0,125375	0,132541	0,884466
Gamma	0,13787	0,150368	1,18986
Gaussiana Inversa	0,191097	0,267091	2,43656
Exponencial	0,278521	0,580403	8,65122
Pareto	0,32846	1,32822	10,1842
Laplace	0,362074	0,509904	6,6823

Valor Extremo Más Grande	0,214956	0,548406	3,93026
Normal	0,282293	1,0751	6,63414
Logística	0,263122	0,628173	4,05729
Uniforme	0,70942	-14,2485	
Valor Extremo Más Chico			

De acuerdo con el estadístico chi-cuadrada, la distribución de mejor ajuste es la distribución Birnbaum-Saunders. Esta es la distribución actualmente seleccionada.

Histograma para TPR TOS 2011



Fuente: Elaboración propia

## Anexo No. 32. Ajuste de datos no censurados - TEA TOS 2012

Datos/Variable: TEA TOS 2012 (Horas)

111 valores con rango desde 0,001 a 2136,0

Distribuciones Ajustadas

<i>Exponencial</i>
media = 447,568

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para TEA TOS 2012

Prueba Chi-Cuadrada

	<i>Límite</i>	<i>Límite</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia</i>	
	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Observada</i>	<i>Esperada</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>
menor o igual		18,2706	6	4,44	0,55
	18,2706	37,3189	7	4,44	1,48
	37,3189	57,2141	8	4,44	2,85
	57,2141	78,0349	5	4,44	0,07
	78,0349	99,8718	0	4,44	4,44
	99,8718	122,829	7	4,44	1,48
	122,829	147,028	9	4,44	4,68
	147,028	172,61	6	4,44	0,55
	172,61	199,744	4	4,44	0,04
	199,744	228,629	5	4,44	0,07
	228,629	259,508	1	4,44	2,67
	259,508	292,676	4	4,44	0,04
	292,676	328,501	3	4,44	0,47
	328,501	367,444	4	4,44	0,04
	367,444	410,102	6	4,44	0,55
	410,102	457,258	2	4,44	1,34
	457,258	509,974	4	4,44	0,04
	509,974	569,738	1	4,44	2,67
	569,738	638,731	2	4,44	1,34
	638,731	720,332	1	4,44	2,67
	720,332	820,204	5	4,44	0,07
	820,204	948,961	3	4,44	0,47
	948,961	1130,43	6	4,44	0,55
	1130,43	1440,66	4	4,44	0,04
mayor	1440,66		8	4,44	2,85

Chi-Cuadrada = 32,018 con 23 g.l. Valor-P = 0,0997693

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Exponencial</i>
DMAS	0,130685
DMENOS	0,0557304
DN	0,130685
Valor-P	<b>0,0451268</b>

Anderson-Darling A<sup>2</sup>

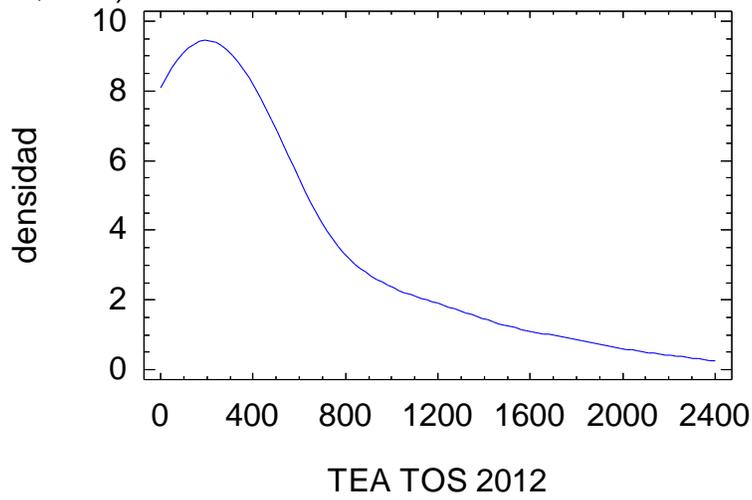
	<i>Exponencial</i>
A <sup>2</sup>	5,04098
Forma Modificada	5,06823
Valor-P	<b>0,0000233185*</b>

\*Indica que el Valor-P se ha comparado con tablas de valores críticos especialmente construidas para ajustar la distribución seleccionada. Otros valores-P están basados en tablas generales y pueden ser muy conservadores (excepto para la Prueba de Chi-Cuadrada).

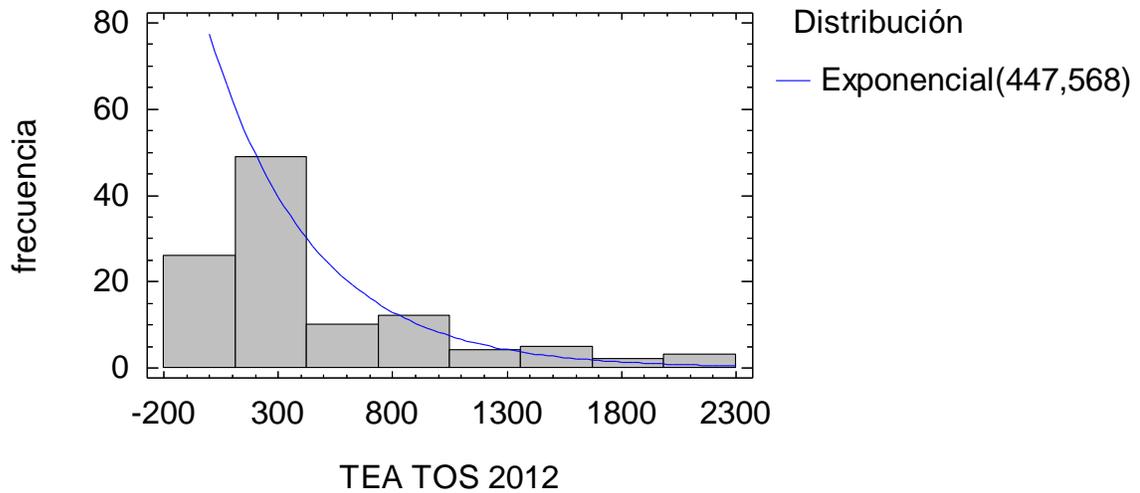
Esta ventana muestra los resultados de pruebas realizadas para determinar si TEA TOS 2012 puede modelarse adecuadamente con una distribución exponencial. La prueba de chi-cuadrada divide el rango de TEA TOS 2012 en intervalos no traslapables y compara el número de observaciones en cada clase con el número esperado con base en la distribución ajustada. La prueba de Kolmogorov-Smirnov calcula la distancia máxima entre la distribución acumulada de TEA TOS 2012 y la FDA de la distribución exponencial ajustada. En este caso, la distancia máxima es 0,130685. Los demás estadísticos comparan la función de distribución empírica con la FDA ajustada, en diferentes formas.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es menor a 0,05, se puede rechazar la idea de que TEA TOS 2012 proviene de una distribución exponencial con 95% de confianza.

Gráfico de Densidad Suavizada para TEA TOS 2012  
(X 0,0001)



Histograma para TEA TOS 2012



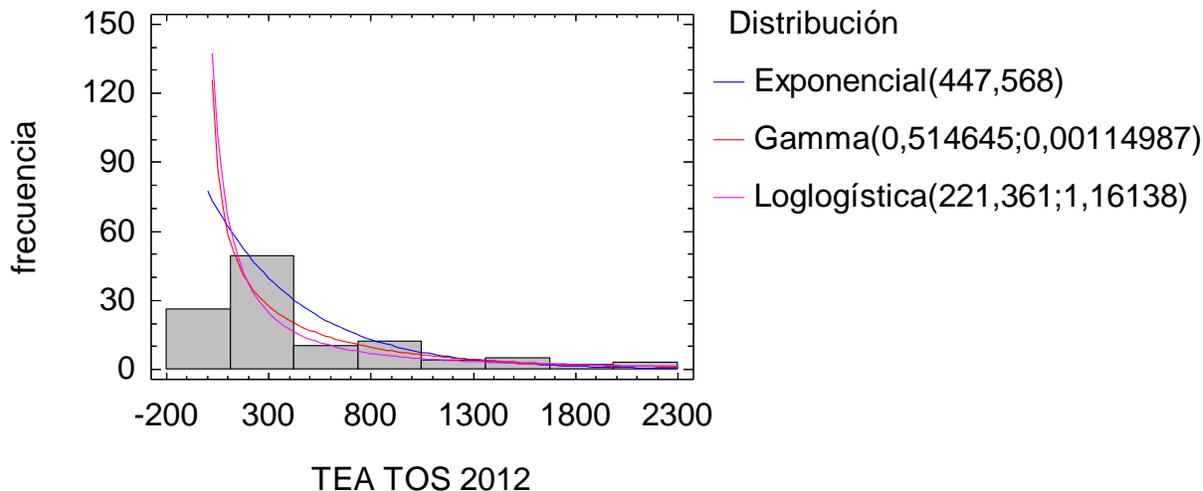
### Comparación de Distribuciones Alternas

Distribución	Parámetros Est.	Log Verosimilitud	Chi-Cuadrada P
Exponencial	1	-788,525	0,0997693
Gamma	2	-766,8	0,000253077
Weibull	2	-772,838	0,000232092
Loglogística	2	-792,578	2,28928E-7
Valor Extremo Más Grande	2	-821,055	1,77047E-8
Laplace	2	-837,223	1,48215E-12
Lognormal	2	-822,256	0,0
Normal	2	-849,021	0,0
Logística	2	-842,946	0,0
Pareto	1	-1,E9	0,0
Uniforme	2	-851,003	0,0
Gaussiana Inversa	2	-1190,66	0,0
Valor Extremo Más Chico	2	-879,302	0,0
Birnbaum-Saunders	<sin ajuste>		

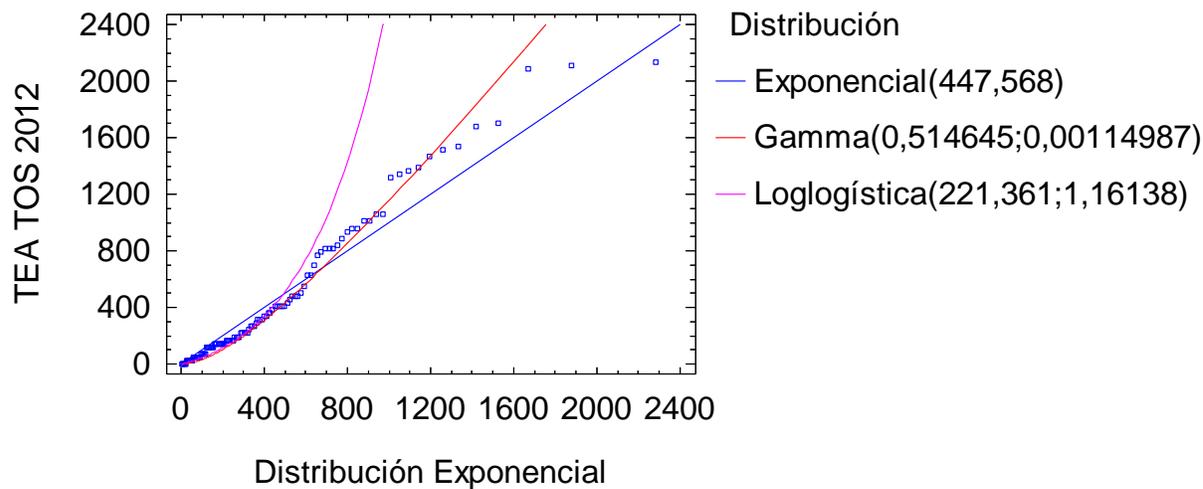
Distribución	KS D	U <sup>2</sup>	A <sup>2</sup>
Exponencial	0,130685	0,247895	5,04098
Gamma	0,154365	0,24121	3,02494
Weibull	0,143647	0,191561	3,01443
Loglogística	0,136931	0,415425	4,91835
Valor Extremo Más Grande	0,17527	0,681008	5,07762
Laplace	0,26832	0,448715	9,72938
Lognormal	0,254338	1,87685	13,0994
Normal	0,206599	1,29126	8,27637
Logística	0,203138	0,912733	6,54277
Pareto	0,430883	-27,7492	
Uniforme	0,496002	-27,7492	
Gaussiana Inversa	0,923835	8,93888	356,088
Valor Extremo Más Chico	0,277912	2,08127	11,4951
Birnbaum-Saunders			

De acuerdo con el estadístico chi-cuadrada la distribución de mejor ajuste es la distribución exponencial. Esta es la distribución actualmente seleccionada.

Histograma para TEA TOS 2012



Gráfica Cuantil-Cuantil



Fuente: Elaboración propia

### Anexo No. 33. Ajuste de datos no censurados - TPR TOS 2012

Datos/Variable: TPR TOS 2012

52 valores con rango desde 6,39 a 2279,54

Distribuciones Ajustadas

<i>Lognormal</i>
media = 272,944
desviación estándar = 1149,47
Escala log: media = 4,14405
Escala log: desv. est. = 1,71185

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para TPR TOS 2012

Prueba Chi-Cuadrada

	Límite	Límite	Frecuencia	Frecuencia	
	Inferior	Superior	Observada	Esperada	Chi-Cuadrada
menor o igual		3,93968	0	2,74	2,74
	3,93968	7,39356	4	2,74	0,58
	7,39356	11,3227	8	2,74	10,12
	11,3227	15,9061	3	2,74	0,03
	15,9061	21,3138	0	2,74	2,74
	21,3138	27,7492	4	2,74	0,58
	27,7492	35,4741	4	2,74	0,58
	35,4741	44,8376	1	2,74	1,10
	44,8376	56,3199	3	2,74	0,03
	56,3199	70,6019	2	2,74	0,20
	70,6019	88,6821	3	2,74	0,03
	88,6821	112,09	1	2,74	1,10
	112,09	143,294	2	2,74	0,20
	143,294	186,56	3	2,74	0,03
	186,56	249,986	0	2,74	2,74
	249,986	351,178	4	2,74	0,58
	351,178	537,805	2	2,74	0,20
	537,805	1009,29	5	2,74	1,87
mayor	1009,29		3	2,74	0,03

Chi-Cuadrada = 25,4619 con 16 g.l. Valor-P = 0,062086

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Lognormal</i>
DMAS	0,112675
DMENOS	0,090556
DN	0,112675
Valor-P	0,539162

Anderson-Darling A<sup>2</sup>

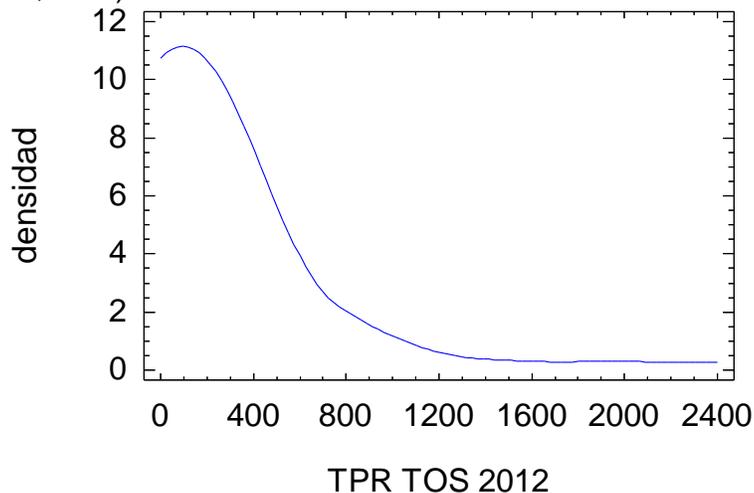
	<i>Lognormal</i>
A <sup>2</sup>	0,927719
Forma Modificada	0,927719
Valor-P	>=0.10

\*Indica que el Valor-P se ha comparado con tablas de valores críticos especialmente construidas para ajustar la distribución seleccionada. Otros valores-P están basados en tablas generales y pueden ser muy conservadores (excepto para la Prueba de Chi-Cuadrada).

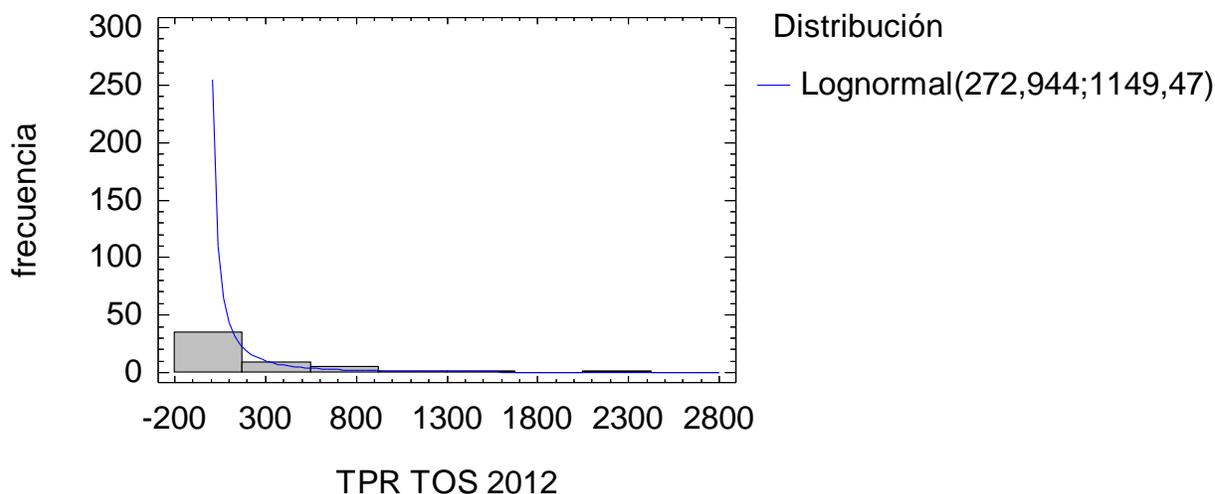
Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si TPR TOS 2012 puede modelarse adecuadamente con una distribución lognormal. La prueba de chi-cuadrada divide el rango de TPR TOS 2012 en intervalos no traslapables y compara el número de observaciones en cada clase con el número esperado con base en la distribución ajustada. La prueba de Kolmogorov-Smirnov calcula la distancia máxima entre la distribución acumulada de TPR TOS 2012 y la FDA de la distribución lognormal ajustada. En este caso, la distancia máxima es 0,112675. Los demás estadísticos comparan la función de distribución empírica con la FDA ajustada, en diferentes formas.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que TPR TOS 2012 proviene de una distribución lognormal con 95% de confianza.

Gráfico de Densidad Suavizada para TPR TOS 2012  
(X 0,0001)



Histograma para TPR TOS 2012



**Comparación de distribuciones alternas**

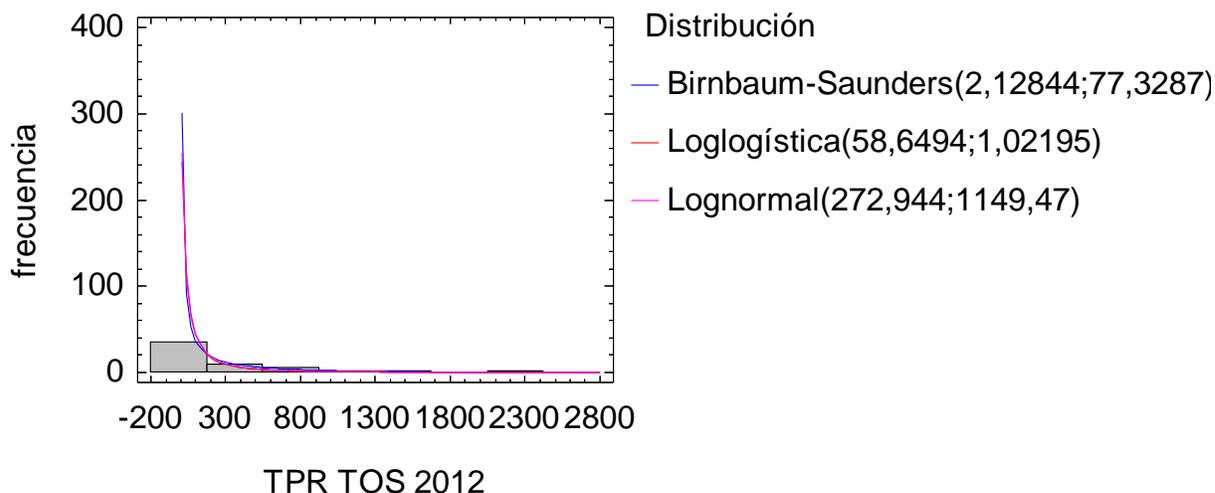
Distribución	Parámetros Est.	Log Verosimilitud	Chi-Cuadrada P
Lognormal	2	-316,729	0,062086
Weibull	2	-320,996	0,0231696
Loglogística	2	-318,84	0,00123555
Birnbaum-Saunders	2	-312,604	0,0000770906
Gaussiana Inversa	2	-313,669	0,0000119346
Gamma	2	-323,724	0,00000692079
Exponencial	1	-336,441	6,47799E-7
Pareto	1	-341,418	5,76197E-10
Valor Extremo Más Grande	2	-363,949	3,76021E-12
Laplace	2	-368,11	3,77476E-15
Normal	2	-388,238	0,0
Logística	2	-377,189	0,0
Uniforme	2	-401,904	0,0
Valor Extremo Más Chico	2	-411,318	0,0

Distribución	KS D	U^2	A^2
Lognormal	0,112675	0,116306	0,927719
Weibull	0,138375	0,183722	1,31317
Loglogística	0,102548	0,115753	0,947144
Birnbaum-Saunders	0,130522	0,0904172	1,08268
Gaussiana Inversa	0,136954	0,146281	1,24338
Gamma	0,168902	0,275191	2,02596
Exponencial	0,329372	0,856766	12,5351
Pareto	0,360818	1,01815	8,15294
Valor Extremo Más Grande	0,275431	0,865075	5,75554
Laplace	0,403873	0,711378	7,64067

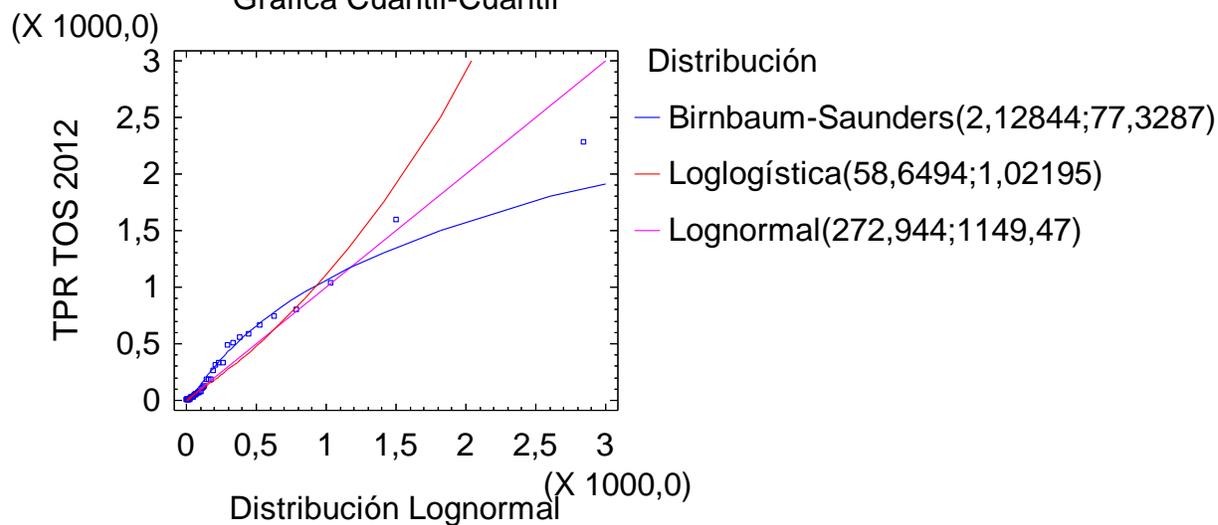
Normal	0,2942	1,2751	7,25362
Logística	0,304086	0,958602	5,67935
Uniforme	0,662924	-12,9983	
Valor Extremo Más Chico	0,388024	1,89018	9,57632

De acuerdo con el estadístico chi-cuadrada la distribución de mejor ajuste es la distribución lognormal.

Histograma para TPR TOS 2012



Gráfica Cuantil-Cuantil



Fuente: Elaboración propia