

TACTICAS DE MANTENIMIENTO

José Andrés Jiménez Vergara

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
MEDELLIN
2010

TACTICAS DE MANTENIMIENTO

José Andrés Jiménez Vergara

Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Mecánico

Asesor

Ingeniero Juan David Caro

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
MEDELLIN
2010

DEDICATORIA

El proyecto está dedicado a todas las personas que lograron de este un desarrollo exitoso y que de una u otra forma están involucrados en su formación y en su ejecución.

Expreso mi gratitud a mis padres y hermanos quienes siempre me apoyaron y respaldaron durante mi vida en la universidad; sin importar la adversidad siempre encuentro en ellos el respaldo y el aliento para seguir adelante.

A Natalia Torrenegra, quien me acompañó en este capítulo de mi vida. A mis amigos y compañeros de la universidad quienes siempre estuvieron dispuesto a brindarme su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Al ingeniero Juan David Caro y al Dr. Luis Alberto Mora por orientarme en la realización de este trabajo y en mi formación durante este último semestre de mi carrera.

A mis padres, hermanos y novia quienes nunca me dejaron solo a pesar de la distancia y siempre me apoyaron en mis decisiones: Erasmo Jimenez, Nhora Vergara, Cristian y Carmen Jimenez y Natalia Torrenegra.

A mis compañeros quienes me acompañaron en esta travesía: Sebastián Munera, Sebastián Bernal, Juan Esteban Ospina, Julio Cesar Betancourt, David Restrepo, entre otros.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION.....	11
1 DEFINICION CLARA Y CONCRETA DEL PROBLEMA.....	13
2 JUSTIFICACION.....	14
3 IMPORTANCIA DEL TEMA DENTRO DE LA CARRERA.....	15
4 OBJETIVOS.....	16
4.1 GENERAL.....	16
4.2 ESPECIFICOS.....	16
4.2.1 OBJETIVO 1.....	16
4.2.2 OBJETIVO 2.....	16
4.2.3 OBJETIVO 3.....	16
4.2.4 OBJETIVO 4.....	16
4.2.5 OBJETIVO 5.....	16
5 ESTADO DEL ARTE.....	18
5.1 OBJETIVO 1.....	18
5.2 INTRODUCCION.....	18
5.3 IMPLICACIONES DE LAS DIFERENTES CLASES DE TÁCTICAS DE MANTENIMIENTO.....	18
5.4 ENFOQUE SISTEMICO KANTIANO DEL MANTENIMIENTO.....	19
5.5 NIVEL INSTRUMENTAL DE MANTENIMIENTO.....	20
5.6 NIVEL OPERACIONAL DE MANTENIMIENTO.....	21
5.7 NIVEL TACTICO DE MANTENIMIENTO.....	21
5.8 NIVEL ESTRATEGICO DE MANTENIMIENTO.....	22
5.9 <i>TPM</i> – MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	22
5.9.1 PILARES DEL <i>TPM</i>	23
5.10 <i>RCM</i> – MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD.....	24

5.11	TPM & RCM (COMBINADOS)	28
5.12	MANTENIMIENTO PROACTIVO	29
5.13	TACTICA PMO – PLANNED MAINTENANCE OPTIMIZATION	32
5.14	MANTENIMIENTO REACTIVO	33
5.15	MANTENIMIENTO ORIENTADO A RESULTADOS	34
5.16	MANTENIMIENTO DE CLASE MUNDIAL – (<i>WORLD CLASS MAINTENANCE – WCM</i>)	36
5.17	MANTENIMIENTO CENTRADO EN HABILIDADES Y COMPETENCIAS (<i>CORE COMPETENCES MAINTENANCE</i>)	38
5.18	CONCLUSION	39
6	CRITERIOS DE SELECCIÓN	40
6.1	OBJETIVO 2	40
6.2	INTRODUCCION	40
6.3	INSTRUMENTOS DE MEDICION	40
6.3.1	PASOS DE LA INVESTIGACION BAJO EL METODO CIENTIFICO	41
6.3.2	FORMAS DEL METODO CIENTIFICO	42
6.3.2.1	Método histórico científico	42
6.3.2.2	Método descriptivo científico	43
6.3.2.3	Método descriptivo experimental	44
6.4	CALCULO PARA DETERMINAR EL TAMAÑO MUESTRAL	45
6.4.1	CALCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL	45
6.4.1.1	Población	45
6.4.1.2	Muestra	45
6.4.1.3	Media	45
6.4.1.4	Desviación estándar	46
6.4.1.5	Proposición positiva y negativa	46
6.4.2	METODOLOGIA DE CALCULO PARA POBLACION INFINITA	46
6.4.3	RESULTADO CALCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL	48

6.5	FORMATO INSTRUMENTO DE MEDICION	50
6.6	ANALISIS DE DATOS	52
6.6.1	ANALISIS DE UNA SOLA VARIABLE.....	52
6.6.1.1	Histograma frecuencial de cada uno de los criterios evaluados	52
6.6.2	ANALISIS MULTIVARIABLE	57
6.6.2.1	Coeficiente alfa de Cronbach	57
6.6.2.2	Análisis del coeficiente de Cronbach para noventa y siete (97) encuestados.....	57
6.6.2.3	Análisis del coeficiente de Cronbach para once (11) criterios ...	57
6.6.3	SELECCION DE CRITERIOS	58
6.7	CONCLUSION	59
7	CUADRO COMPARATIVO CON CRITERIOS EMPRESARIALES	60
7.1	OBJETIVO 3	60
7.2	INTRODUCCION	60
7.3	CUADRO COMPARATIVO PARA ESCOGER UNA TACTICA DE MANTENIMIENTO	60
7.4	CONCLUSIONES.....	71
8	CUADRO COMPARATIVO CON VENTAJAS, LIMITACIONES Y CONDICIONES EMPRESARIALES	72
8.1	OBJETIVO 4	72
8.2	INTRODUCCION	72
8.3	CUADRO COMPARATIVO PARA CONOCER VENTAJAS, LIMITACIONES Y CONDICIONES EMPRESARIALES DE CADA TACTICA.....	72
8.4	CONCLUSIONES.....	79
9	CONCLUSIONES	80
9.1	OBJETIVO 5	80
10	BIBLIOGRAFIA.....	82
10.1	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS TOMADAS DE LIBROS	82

10.2	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS TOMADAS DE INTERNET	87
11	APENDICE	91

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1 - Árbol de Objetivos	17
Ilustración 2 Elementos de un sistema bajo el enfoque sistémico kantiano.....	19
Ilustración 3 Aplicación de tácticas acorde a los indicadores CMD	22
Ilustración 4 - <i>RCM</i> en la empresa.....	25
Ilustración 5 - Estructura Proactiva empresarial.....	30
Ilustración 6 - Ciclos de vida y actividades de la táctica proactiva	31
Ilustración 7 - Pasos del PMO.....	32
Ilustración 8 - Líneas de acción de la táctica por resultados.....	35
Ilustración 9 - Capital intelectual de la Empresa	38
Ilustración 10 Formas del método científico.....	42
Ilustración 11 Tareas del investigador método histórico	43
Ilustración 12 Cálculo realizado utilizando MACRO en CD de Pronósticos de Demanda e Inventarios de Luis Mora Gutiérrez	48
Ilustración 13 Formato Instrumento de Medición	51
Ilustración 14 Histograma frecuencial criterio Respaldo de alta gerencia.....	52
Ilustración 15 Histograma frecuencial criterio Mejoramiento de la calidad del producto terminado	53
Ilustración 16 Histograma frecuencial criterio Tiempo de implementación de la táctica	53
Ilustración 17 Histograma frecuencial criterio Compatibilidad con sistemas de información	54
Ilustración 18 Histograma frecuencial criterio Recursos intelectuales para la implementación.....	54
Ilustración 19 Histograma frecuencial Disminución de consumo de energía	55
Ilustración 20 Histograma frecuencial Costo de implementación de la táctica.....	55
Ilustración 21 Histograma frecuencial criterio Impacto emocional del personal de mantenimiento, producción y administrativo	56

Ilustración 22 Histograma frecuencial criterio Reducción de paros de máquinas ..	56
Ilustración 23 Resultado cálculo coeficiente de Cronbach para 97 encuestados utilizando el software DYANE versión 2	57
Ilustración 24 Resultado cálculo coeficiente de Cronbach para 11 criterios utilizando el software DYANE versión 2	57
Ilustración 25 Grafico Media de Medias.....	58
Ilustración 26 Cuadro comparativo con criterios empresariales.....	62
Ilustración 27 Cuadro comparativo con ventajas, limitaciones y condiciones empresariales	73

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Táctica hacia resultados.....	34
Ecuación 2 Cálculo del tamaño muestral para poblaciones infinita	46

INTRODUCCION

La revolución industrial desencadena el inicio de un acelerado desarrollo técnico-industrial de la humanidad, el cual logra su máximo estado a finales del siglo XIX con la mecanización de las industrias, con lo que surgen las primeras necesidades de reparaciones y con ello el paso al mantenimiento industrial.

El surgimiento de la segunda guerra mundial, hace que se sienta la necesidad de aumentar la rapidez de la producción, por lo que la alta administración en las empresas se preocupa, no solo de corregir las fallas, sino de evitar que estas ocurriesen, con lo cual se da paso al mantenimiento preventivo y el comienzo a una madurez del área del mantenimiento.

El fin de la guerra deja en las empresas la experiencia para el manejo real y conceptual de las acciones posibles del mantenimiento, lo que posibilita que comiencen a adoptar una estructura para el desarrollo secuencial, lógico y organizado del conjunto de acciones de mantenimiento que aplican, dando paso al desarrollo de las tácticas de mantenimiento (Rey, 1996).

Las tácticas de mantenimiento se refieren a las diferentes formas de organización que pueden adoptar las empresas para manejar y operar mantenimiento; es decir, la táctica es la forma en que las diferentes compañías organizan la ejecución y la administración del mantenimiento de una forma coherente, lógica y sistémica. La implementación de una táctica implica la existencia de normas, leyes, reglas que gobiernan la forma de actuar (Smith, 1998).

Las industrias hacen uso de diferentes tácticas, entre las que sobresalen internacionalmente: *TPM* (Mantenimiento Productivo Total), *RCM* (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), *TPM & RCM* combinados, *PMO* (*Planned Maintenance Optimization*), Proactiva, Reactiva, Habilidades y Competencias, entre otras (Mora, 2008).

Las diferentes tácticas no son por sí mismas buenas ni malas, serán exitosas o no en la medida que logren alcanzar las metas de la compañía acorde a su visión y misión, con rangos atractivos de *CMD* (Confiabilidad Mantenibilidad Disponibilidad), bajos costos *LCC* (*Life Cycle Cost*) y un gran desarrollo tecnológico y de mercado importante (Rey, 1996).

La opción de seleccionar alguna o varias de las tácticas existentes de mantenimiento se debe basar en las expectativas y nivel de desarrollo de la empresa.

El proyecto en desarrollo apunta entonces a realizar un comparativo entre las diferentes tácticas más relevantes de mantenimiento, mostrando sus ventajas y desventajas y formas de aplicación en los diferentes tipos de industria existentes según su nivel de desarrollo.

¹ *Total Productive Maintenance* – Mantenimiento Productivo Total.

² *Reliability Centered Maintenance* – Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

1 DEFINICION CLARA Y CONCRETA DEL PROBLEMA.

El sector industrial colombiano busca, cada vez de manera más fuerte, la necesidad de ser competitivos a nivel nacional e internacional; de ahí factores como la calidad, el impacto ambiental, el servicio, el precio, la disponibilidad y la confiabilidad toman mayor relevancia.

La introducción de un mantenimiento con un enfoque acorde a las necesidades y características específicas de la industria, facilita la implementación de una herramienta metodológica que permite aprovechar las cualidades y eliminar o disminuir las desventajas de la misma (Mora, 2008).

Las tácticas de mantenimiento que necesitan un estudio importante y que actualmente son de gran relevancia son: *TPM*, *RCM*, *TPM & RCM*, Mantenimiento Proactivo, Mantenimiento Reactivo, Habilidades y Competencias; con el fin de identificar las fortalezas y debilidades de cada una de ellas.

El desarrollo de este trabajo arroja como resultado un cuadro comparativo que facilita el uso de tácticas de mantenimiento en una empresa particular del sector industrial.

2 JUSTIFICACION

El mantenimiento es el área encargada de la conservación de la función de equipos para las personas, departamentos o industrias que producen bienes o servicios, mediante los recursos que disponen.

Las empresas para poder realizar sus funciones básicas requieren de maquinarias, las cuales con el uso y el transcurrir de los años requieren mayor mantenimiento para lograr la misión para la que fueron diseñadas; por lo tanto el mantenimiento es pieza fundamental en las industrias, por lo que debe ser solido, fuerte y efectivo (Moblely, y otros, 2008).

Las industrias destinan en los países desarrollados entre el 7 y el 18% de sus ingresos anuales en actividades de mantenimiento, en los países como el nuestro, la cifra supera el 25% anual (Mora, 2008).

Las tácticas de mantenimiento se refieren a diferentes formas que pueden adoptar las empresas para manejar y operar el mantenimiento, mejorando su efectividad y con esto aumentando la disponibilidad y confiabilidad en los equipos a la par que se disminuyen costos por mantenimiento (Gil, y otros, 2006).

El proyecto pretende ser una guía para las industrias en desarrollo, o que quieran llevar el mantenimiento a un nivel táctico, en la cual se puede encontrar las principales tácticas de mantenimiento y su aplicación industrial.

3 IMPORTANCIA DEL TEMA DENTRO DE LA CARRERA.

El mantenimiento es de gran importancia para la formación integral de un estudiante de ingeniería mecánica; ya que le muestra, de una manera muy general, la industria y sus exigencias técnicas. Asimismo, la demanda actual de ingenieros mecánicos se centra especialmente en el área de mantenimiento y gestión de activos.

La crisis mundial que azota las economías más poderosas del mundo, hacen del mantenimiento una herramienta importante para disminuir los costos, puesto que el objetivo no es adquirir nuevos equipos sino hacer más eficientes y funcionales los que se tienen y así darle un mejor soporte al área de producción (Portafolio, 2009).

4 OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Comparar las tácticas de mantenimiento más relevantes.

4.2 ESPECIFICOS

4.2.1 OBJETIVO 1

Registrar las tácticas más relevantes de mantenimiento, tales como: *TPM (Total Productive Management)*, *RCM (Reliability Centered Maintenance)*, *TPM & RCM*, Mantenimiento Proactivo, Mantenimiento Reactivo, Habilidades y Competencias, entre otras; con el fin de compararlas. Nivel 1 – Conocer.

4.2.2 OBJETIVO 2

Reconocer los parámetros y criterios empresariales que permitan revisar de forma comparativa las diferentes tácticas de mantenimiento y su aplicabilidad. Nivel 2 – Comprender.

4.2.3 OBJETIVO 3

Esbozar un análisis comparativo entre las diferentes tácticas de mantenimiento a partir de los parámetros y criterios característicos de cada una de ellas con el fin de profundizar en mantenimiento Reactivo, Proactivo y de Habilidades y Competencias. Nivel 3 – Aplicar.

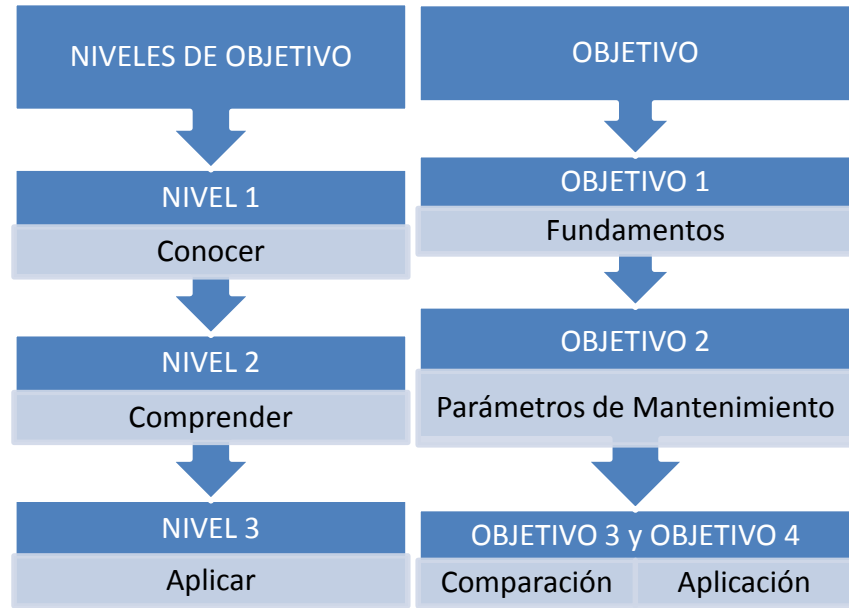
4.2.4 OBJETIVO 4

Plantear ventajas, limitaciones, aplicabilidad y condiciones empresariales relevantes de todos los aspectos requeridos a la hora de utilizar una determinada táctica en una empresa particular. Nivel 3 – Aplicar.

4.2.5 OBJETIVO 5

Concluir los principales logros.

Ilustración 1 - Árbol de Objetivos



5 ESTADO DEL ARTE

5.1 OBJETIVO 1

Registrar las tácticas más relevantes de mantenimiento, tales como: *TPM (Total Productive Management)*, *RCM (Reliability Centered Maintenance)*, *TPM & RCM*, Mantenimiento Proactivo, Mantenimiento Reactivo, Habilidades y Competencias, entre otras; con el fin de compararlas. Nivel 1 – Conocer.

5.2 INTRODUCCION

El capítulo pretende desarrollar los conceptos y definiciones importantes del nivel táctico de mantenimiento para el desarrollo de este proyecto.

DESARROLLO DEL CAPITULO

5.3 IMPLICACIONES DE LAS DIFERENTES CLASES DE TÁCTICAS DE MANTENIMIENTO

La Real Academia Española de la lengua define como táctica al conjunto de artes que enseñan a poner en orden las cosas con el fin de tener un método o sistema para ejecutar o conseguir algo (Real Academia@, 2010). El nivel táctico de mantenimiento se refiere a las diferentes estrategias de organización que pueden adoptar las empresas para el manejo y las operaciones del mantenimiento de una manera lógica y sistémica.

La implementación de una táctica implica la existencia de normas, leyes, reglas que gobiernan la forma de actuar. Existen diferentes alternativas internacionales

de tácticas, entre las que sobresalen: *TPM*, *RCM*, *TPM & RCM* combinados, *PMO*, Proactiva, Reactiva, Clase Mundial, por Objetivos, etc. (Mora, 2008) (Smith, 1998).

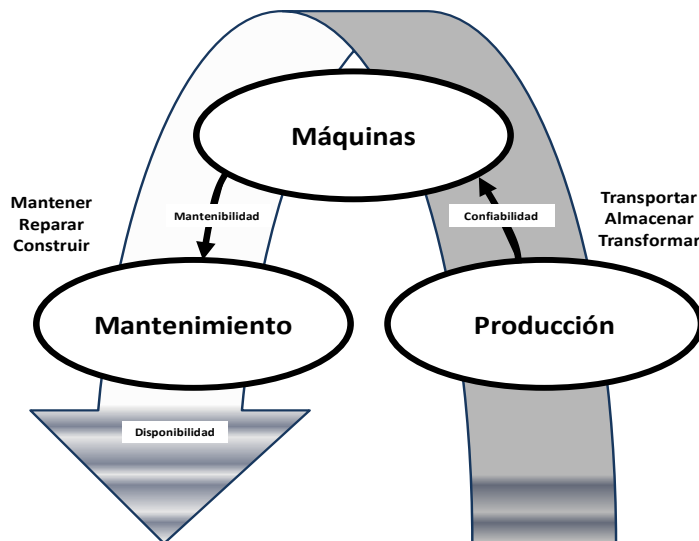
Las tácticas de mantenimiento no son buenas ni malas, cada una es beneficiosa en la medida que sea la más adecuada para las circunstancias y el tiempo que viva la empresa donde se implementa.

5.4 ENFOQUE SISTEMICO KANTIANO DEL MANTENIMIENTO

El enfoque sistémico kantiano plantea la posibilidad de estudiar y entender cualquier fenómeno dado que define que un sistema, está compuesto básicamente por tres elementos: Personas, Artefactos y Entorno.

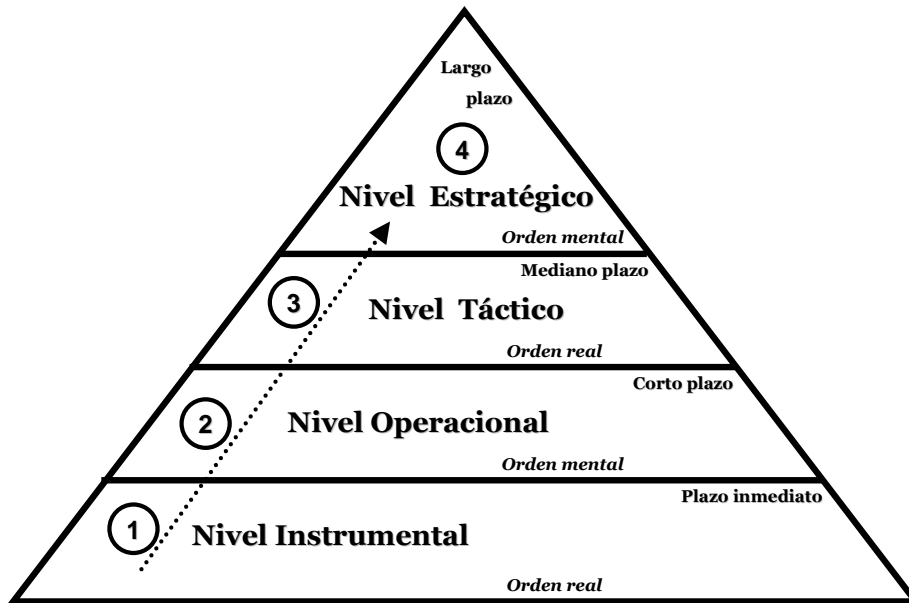
El enfoque kantiano permite visualizar y probar la existencia de relaciones entre diferentes elementos de un sistema real o mental, para el caso del mantenimiento se reconoce la existencia de diferentes elementos que se entrelazan.

Ilustración 2 Elementos de un sistema bajo el enfoque sistémico kantiano



(Mora, 2008)

La categorización del sistema bajo el enfoque sistémico kantiano permite simplificar el tratamiento profundo de los diferentes conceptos que consiente en el análisis de sus diferencias y similitudes, realiza una estructura de los diferentes temas que lo componen.



(Mora, 2008)

5.5 NIVEL INSTRUMENTAL DE MANTENIMIENTO

El nivel instrumental de mantenimiento está compuesto por los elementos reales necesarios, para que el área de mantenimiento funcione.

Los elementos del nivel instrumental de mantenimiento son:

- Sistema de información
- Talento del Recurso Humano
- Herramientas
- Repuestos
- Insumos

- Capital de trabajo
- Espacio Físico
- Tecnología
- Maquinaria
- Recursos naturales
- Poder de negociación
- Carga laboral
- Planeación
- Proveedores
- Terceros y subcontratación
- Otros

(Mora, 2008)

5.6 NIVEL OPERACIONAL DE MANTENIMIENTO

El nivel operativo busca un impacto mental sobre los hombres que pueden desarrollar en la máquina, es imprescindible conocer el tipo de tarea a realizar, si es planeada o no además del tipo de mantenimiento a ejecutar (Correctivo, modificativo, preventivo o predictivo) (Rey, 1996).

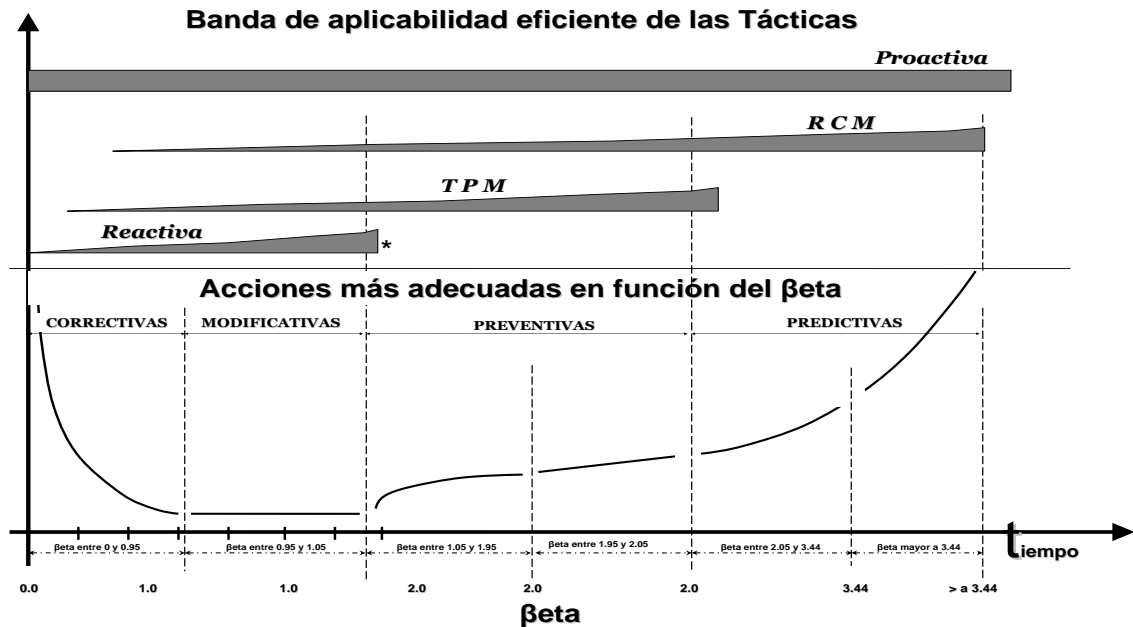
5.7 NIVEL TACTICO DE MANTENIMIENTO

El nivel táctico según el enfoque Kantiano, permite tener un mayor control sobre la ejecución y la gestión del departamento de mantenimiento. Para que una empresa alcance el nivel tres (táctico), debe manejar la mayoría de los instrumentos básicos, avanzados genéricos y específicos de mantenimiento y debe comprender las diferentes acciones factibles de realizar.

La selección de una táctica de mantenimiento debe considerar el estado de en el cual se encuentra la organización con respecto a indicadores CMD.

Ilustración 3 Aplicación de tácticas acorde a los indicadores CMD

$\lambda(t)$ Tasa de fallas en Weibull



(Mora, 2008)

5.8 NIVEL ESTRATEGICO DE MANTENIMIENTO

El nivel estratégico permite medir los logros alcanzados en mantenimiento de todo lo que se realiza en los tres primeros niveles, a través de aceptación a nivel global y con el uso de metodologías soportadas en normalizaciones internacionales.

5.9 TPM – MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Las industrias japonesas, después de la Segunda Guerra Mundial, determinan que para competir eficazmente en el mercado internacional la calidad de sus productos debe mejorar adoptando del continente americano técnicas de manufactura y de administración (Mora, 2007b).

La alta dirección en la empresa debe estar directamente involucrada en la introducción al *TPM*, partiendo de objetivos o metas importantes como la

reducción de las fallas en al menos un 50%, o incrementar el uso de un equipo hasta más de un 80%, entre otras (Mobley, y otros, 2008).

El *TPM* se define como el conjunto de disposiciones técnicas-medias y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas-instalaciones y organización que conforman un proceso básico o línea de producción, puedan desarrollar el trabajo que tienen previsto en un plan de producción en constante evolución por la aplicación de la mejora continua (Rey, 2003).

El *TPM* tiene cuatro objetivos fundamentales que son: satisfacción del cliente, dominio de los procesos y sistemas de producción, implicar a personas a través del mantenimiento autónomo y el aprendizaje y la mejora continua (Smith, 1998).

Los pilares básicos para la implementación del *TPM* son:

5.9.1 PILARES DEL *TPM*

Los ocho pilares del *TPM* permiten que la buena implementación en la empresa sea un éxito (PilaresTPM@, 2006).

- Mejoras Enfocadas – *Kobetsu Kaizen*
- Mantenimiento Autónomo – *Jishu Hozen*.
- Mantenimiento Planificado
- Mantenimiento de la Calidad – *Hinshitsu Hozen*
- Mantenimiento Temprano - Prevención del Mantenimiento
- Mantenimiento de las Áreas Administrativas
- Entrenamiento, Educación, Capacitación y Crecimiento
- Seguridad, Higiene y Medio Ambiente

EL *TPM* tiene gran importancia al momento de progresar del nivel dos operacional al nivel táctico tres, de igual manera el *TPM* sirve como base fundamental para el desarrollo de otras tácticas de mantenimiento, como lo son el *RCM* y la Proactiva, debido a que permite tener una organización con la suficiente preparación para afrontar el cambio. Además se realizan cambios en la organización enfocados al orden, el aseo y la seguridad que sirven para facilitar la implementación de otras tácticas. (Mobley, y otros, 2008) (Tajiri, y otros, 1999)

El *TPM* es una táctica con un perfil humano, favoreciendo la relación entre el recurso humano en producción y en mantenimiento. Además, esta táctica utiliza acciones correctivas, modificativas y preventivas en la mayoría de las intervenciones, ocasionalmente se utilizan acciones predictivas (Mora, 2007b).

5.10 *RCM* – MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

El *RCM* es uno de los procesos desarrollados durante 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas. El principal objetivo del mantenimiento centrado en la confiabilidad es reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, y evitando o quitando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias (Sainz, 2008).

El *RCM* se define como un proceso usado para determinar lo que debe hacerse para asegurar que cualquier recurso físico continúe realizando lo que sus usuarios desean que realice en su producción normal actual (Mora, 2008).

La técnica del *RCM* pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas, poniendo en práctica principalmente dos hechos:

- Integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.
- Manteniendo especial atención en las tareas del mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a aportar (Guide, 2009).

El *RCM* se inscribe, dentro de los procesos de mejora continua, como una herramienta de ciclo proactivo: las mejoras no se producen solamente a partir del aprendizaje de las fallas que ocurren, sino que se generan a la velocidad deseada por la organización, utilizando todo el conocimiento de sus integrantes. El *RCM* es un procedimiento para identificar fallas potenciales y definir acciones de mejora de mantenimiento, operación y diseño de máquinas y equipos (Sainz, 2008).

Ilustración 4 - *RCM* en la empresa



(Mora, 2007b)

La filosofía del RCM se fundamenta en:

- Evaluación de los componentes de los equipos, su estado y su función.
- Identificación de los componentes críticos.
- Aplicación de las técnicas de mantenimiento proactivo y predictivo.
- Chequeo en sitio y en operación del estado corpóreo y funcional de los elementos mediante permanente revisión y análisis.

El RCM tiene numerosas ventajas en cuanto al aumento de la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria; a continuación se mencionan las más importantes:

- Crea un espíritu altamente crítico en todo el personal (operaciones o mantenimiento) frente a condiciones de falla y averías.
- Logra importantes reducciones del costo del mantenimiento.
- Optimiza la confiabilidad operacional, maximiza la disponibilidad y/o mejora la mantenibilidad de las plantas y sus activos.
- Integra las tareas de mantenimiento con el contexto operacional.
- Fomenta el trabajo en grupo (convirtiéndolo en algo rutinario).
- Incrementa la seguridad operacional y la protección ambiental.
- Optimiza la aplicación de las actividades de mantenimiento tomando en cuenta la criticidad e importancia de los activos dentro del contexto operacional.
- Establece un sistema eficiente de mantenimiento preventivo.
- Aumenta el conocimiento del personal tanto de operaciones como de mantenimiento con respecto a los procesos operacionales y sus efectos sobre la integridad de las instalaciones.
- Involucra a todo el personal que tiene que ver con el mantenimiento en la organización (desde la alta gerencia hasta los trabajadores de planta).
- Facilita el proceso de normalización a través del establecimiento de procedimientos de trabajo y de registro

(Mora, 2008)

5.11 *TPM & RCM* (COMBINADOS)

La combinación de varias tácticas de mantenimiento por parte de una empresa, usualmente, ofrece más beneficios para los intereses de la organización que implementar una sola de las tácticas, ya que se extrae de cada táctica las herramientas que puedan ser usadas por el departamento de mantenimiento en pro de la confiabilidad, disponibilidad y Mantenibilidad. Y muestra de ello es la implementación, cada vez, más común de la combinación de *TPM & RCM*.

La combinación *RCM* y *TPM* facilita el trabajo en equipo entre mantenimiento y producción, mejora la confiabilidad de las máquinas y reduce los costos de operación.

El *TPM* Y el *RCM* son tácticas que tienen bases relacionadas, que facilitan su convivencia al interior de la organización, entre los cuales se destacan:

- El *TPM* busca devolver el equipo su estado funcional, mientras que el *RCM* erradica o controla las fallas.
- El *TPM* involucra al operario en la labor de mantenimiento, sin embargo cuando el problema no puede ser identificado y/o controlado por el usuario, se hace necesaria la intervención de un especialista, que basado en *RCM* busca analizar los modos de falla y sus efectos.
- Las dos tácticas buscan el aumento de la eficiencia.
- El *TPM* necesita mejorar las habilidades del equipo de trabajo, mientras el *RCM* donde debe hacerse esa mejora.
- El *TPM* aumenta el mantenimiento preventivo y el *RCM* intensifica el mantenimiento predictivo, es decir, mejoran las prácticas proactivas.
- La utilización conjunta de ambas tácticas permite alcanzar un manejo intensivo y exitoso de los instrumentos básicos y avanzados de

mantenimiento, en especial del recurso humano (*TPM*) y tecnología (*RCM*).
(Mora, 2008)

5.12 MANTENIMIENTO PROACTIVO

El mantenimiento proactivo es una metodología que se encarga del diagnóstico y de las tecnologías predictivas con el fin de lograr aumentos significativos de la vida útil de los equipos, disminuyendo las fallas antes de que estas ocurran. Esta táctica, es la evolución del departamento de mantenimiento, puesto que aplica planes de mantenimiento basados en estudios estadísticos y técnicas predictivas (Oiltech, 1995).

La táctica proactiva disminuye los elevados costos en el departamento de mantenimiento, tanto para la reposición de maquinaria como para el mantenimiento de la misma (Pirret, 1999).

Los ahorros que genera la táctica proactiva debido al cambio de filosofía reactiva a proactiva, permiten que el mundo entero enfoque sus esfuerzos en implementarla (Mofsoovich, 1992). Es así, como se facilita la integración de las herramientas del *TPM* y *RCM*.

Ilustración 5 - Estructura Proactiva empresarial

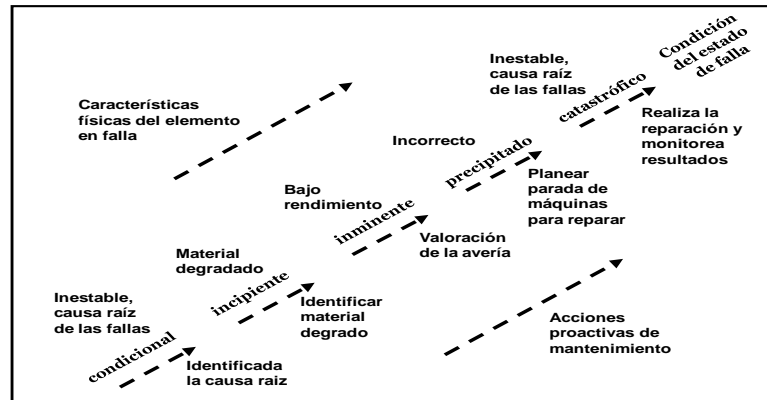
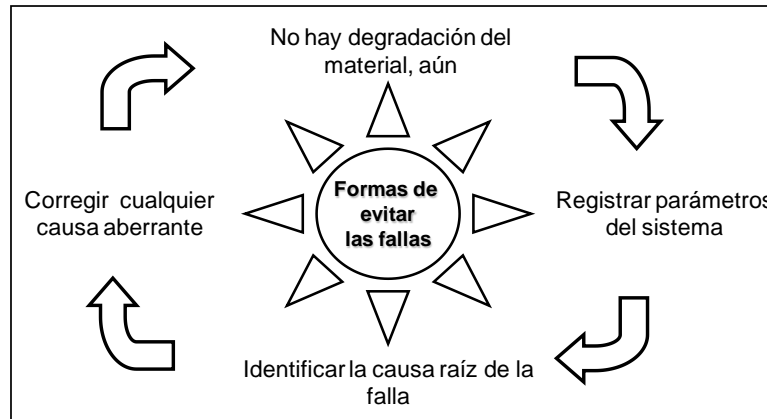
<i>Táctica de Mantenimiento Proactivo</i>		
Filosofía o Táctica de Mantenimiento		
Categorías del Mantenimiento	Acciones Preventivas	Correctivas
Divisiones categóricas del Mantenimiento – Acciones o Tareas	Planificado Predictivo Basado en Condición	Averías Reparaciones
Organización	Planeado	No planeado
Plan presupuestal	Normal	Gastos Extras

(Mora, 2008)

SKF, enumera cuatro pasos en las aplicaciones de la táctica proactiva:

- Establecimiento de un sistema planeado de mantenimiento basado en confiabilidad y en el recurso humano, con utilización intensiva de métodos predictivos y preventivos.
- Diagnósticos y análisis de la causa raíz.
- Mejora a través de Indicadores Clave de Rendimiento (KPI).
- Proceso de medición, revisión y monitoreo integral de la gestión y operación industrial.

Ilustración 6 - Ciclos de vida y actividades de la táctica proactiva



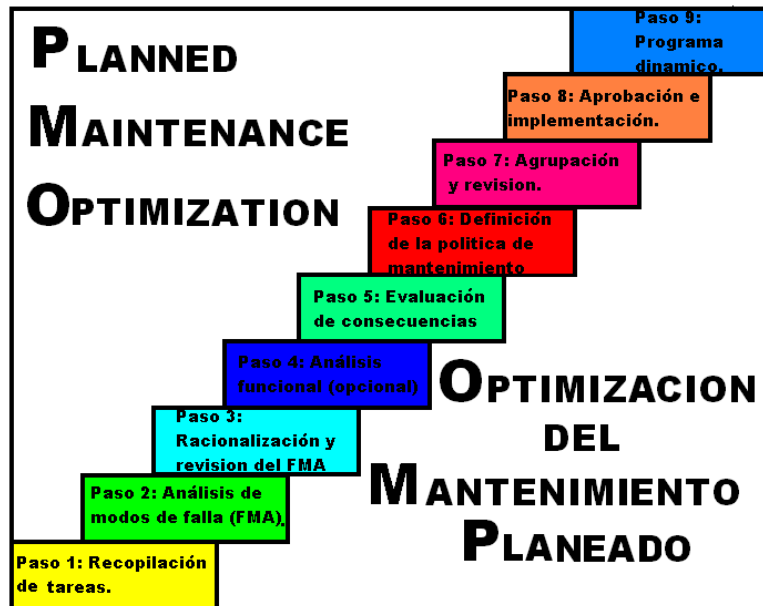
(Mora, 2007b)

La implementación de la táctica proactiva crea en la empresa un cambio de filosofía, facilitando una muy buena política de ahorro que facilita la instauración de la táctica (Mofsovich, 1992) (Gil, y otros, 2006).

5.13 TACTICA PMO – PLANNED MAINTENANCE OPTIMIZATION

El *PMO* es una táctica de mantenimiento que aparece como opción en lugares donde no se ha logrado implementar muy bien el *RCM*; ya que es ideal para equipos o maquinas que están en funcionamiento.

Ilustración 7 - Pasos del PMO



(Mora, 2008)

El *PMO* está basado en la criticidad del equipo o ranking, dicha criticidad se puede obtener revisando la priorización de los planes de mantenimiento, filtrando o subdividiendo la información por sistemas y/o equipos para su análisis, una vez que se determinan los equipos críticos, se dirige el enfoque hacia el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización.

Un equipo crítico es todo aquel equipo que refleje de alguna manera un aspecto negativo en:

- Seguridad y medio ambiente.
- Costos y producción de planta.
- Mano de obra (exceso para ser operados o mantenidos).

La eficacia del *PMO* se fundamenta en los sistemas de gestión y operación del mantenimiento, bajo un enfoque de proceso, lo cual garantiza que no haya: dualidad de funciones en los departamentos, metas comunes, grupos poco efectivos de trabajo, demasiado roles y funciones en el personal de mantenimiento y producción, demasiada especialización en la realización de los análisis, control y eliminación de fallas (donde la mayoría del recurso humano, practica estas metodologías), bases de datos independientes para cada uno de los departamentos (administración, recursos humanos contabilidad, finanzas, inventarios, almacenes, compras, mantenimiento, producción, etc.); sino que todo esté en una misma plataforma de información (Mora, 2008).

En general se puede considerar el *PMO* como opción seria e interesante frente a la robustez del *RCM*, dado que el *PMO* es más efectivo porque solo analiza las fallas y modos de fallas relevantes (y no los insignificantes o indiferenciados), trabaja con equipos en funcionamiento y es mucho más fácil de implementar (Gulati, et al., 2009).

5.14 MANTENIMIENTO REACTIVO

Es aquel mantenimiento que se lleva a cabo sólo después de que la máquina falla o experimenta problemas (TU@, 2008).

La táctica reactiva de mantenimiento es aplicable a organizaciones industriales y de servicios que no permanecen mucho tiempo con los equipos, que consumen o desarrollan tecnología, que sus productos y áreas de negocio cambian constantemente, razón por la cual es una empresa que se ve obligada a desarrollar competencias y habilidades que le permitan intervenir de manera oportuna las necesidades de mantenimiento. (Idhammar, 1997b)

A primera vista es una táctica que podría considerarse como la más económica, pero las empresas pueden tener grandes dificultades a la hora de sustituir o reparar un equipo sin ninguna previsión. Es aquí donde toma importancia asegurar la disponibilidad de los recursos necesarios para implementar el mantenimiento. (Rius@, 2006)

5.15 MANTENIMIENTO ORIENTADO A RESULTADOS

El mantenimiento Orientado a Resultados es comúnmente utilizado por las personas de mejores habilidades dentro de la empresa, utilizando la intuición con el fin de generar soluciones comunes para problemas recurrentes. La inversión que se realiza en esta táctica se puede calcular utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 1 Táctica hacia resultados

$$R = A * Q$$

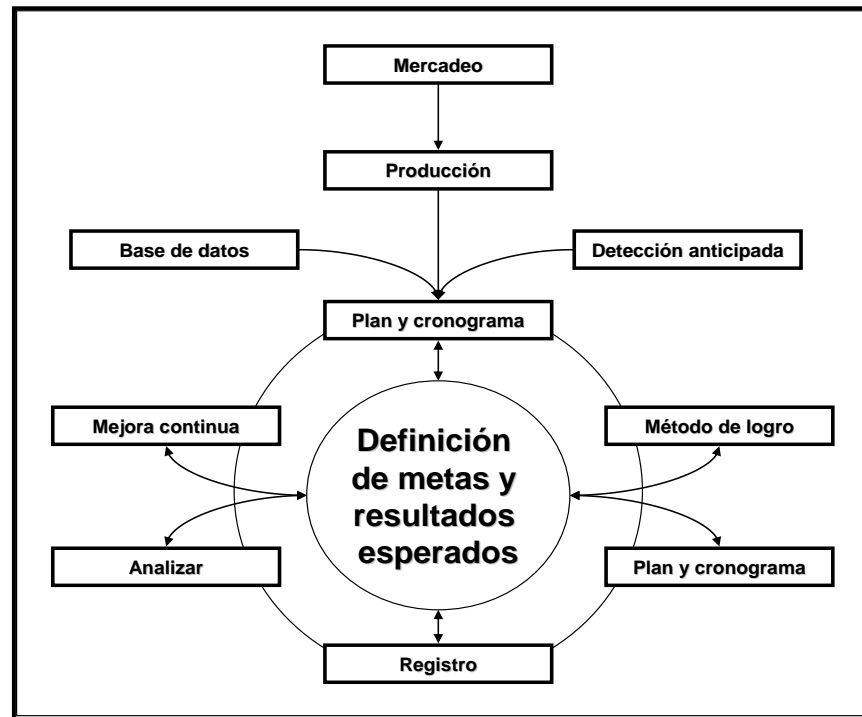
R es el Resultado_o_Producto

Q es la calidad de la idea

A es el nivel de aceptación

(Mora, 2007b)

Ilustración 8 - Líneas de acción de la táctica por resultados



(Mora, 2007b)

La orientación a resultados se debe utilizar en casos de emergencia durante muy poco tiempo, puesto que la planeación integral y el estudio del proceso de mantenimiento es muy sencillo. La ventaja que representa es que centra la atención en las necesidades finales del cliente.

5.16 MANTENIMIENTO DE CLASE MUNDIAL – (*WORLD CLASS MAINTENANCE – WCM*)

El mantenimiento de clase mundial, es un conjunto de ideas-fuerza dirigidas a reorientar la estrategia de mantención hacia un enfoque de mantenimiento pro-activo, disciplinado en prácticas estandarizadas, gestión autonómica, competitivo y con índices de desempeño clase mundial.

El mantenimiento de clase mundial se basa en anticiparse a lo que pueda suceder en el futuro. Su función básica es convertir cualquier clase de reparación o modificación en actividades planeadas que eviten fallas a toda costa.

La orientación de la gestión de mantenimiento hacia clase mundial exige cambiar de actitud y de cultura en la organización; requiere que se tenga un alto nivel de prevención y planeación, soportado en un adecuado sistema gerencial de información de mantenimiento (CMMS), orientado hacia las metas y objetivos fijados previamente y realizando las cosas que haya que hacer en la forma más correcta posible con el mayor grado de profundidad científica (Mora, 2008).

Los pasos fundamentales para implementar una táctica de clase mundial son: planeación, prevención, programación, anticipación, fiabilidad, análisis de pérdidas de producción y de repuestos, información técnica y cubrimientos de los turnos de operación, todo ello soportado en una organización adecuada y apoyada por sistemas de información computarizado, con un cambio de actitud y cultura hacia el cliente (producción o cualquier departamento interno o externo que añada valor agregado) (Mora, 2008).

Los principios estratégicos más relevantes que se deben tener en cuenta en la táctica de clase mundial, son:

- Es un proceso de largo plazo, no se deben esperar resultados inmediatamente.
- Implementar el mantenimiento de clase mundial sobre la situación real de la empresa.
- Los sistemas que se basan en cambios estructurales, culturales y organizaciones de la empresa, duran más tiempo y son de mediano y largo plazo.
- Un modelo bien estructurado simple es más efectivo que uno complejo, ya que es más duradero y necesita menos entrenamiento.
- Los cambios de actitud y cultura requieren mucha capacitación, entrenamiento y práctica por parte de las personas de la empresa.
- Mientras mejor sea la estrategia, mejores serán los resultados.
- Ninguna iniciativa de clase mundial debe ser lanzada de forma imprevista, urgente y con apremio.
- La táctica de clase mundial se centra en las normas y en la solución de problemas.
- El WCM requiere la estratificación del mercado objetivo en función de continentes, países, regiones, normas y costumbres.
- Debe haber un alto compromiso de los empleados y un alto nivel de apropiación de todas las personas que forman parte del proceso de clase mundial. Todas las personas que participan en la implementación de la táctica de clase mundial lo hacen en forma voluntaria, impulsados más por la motivación que por obligación.

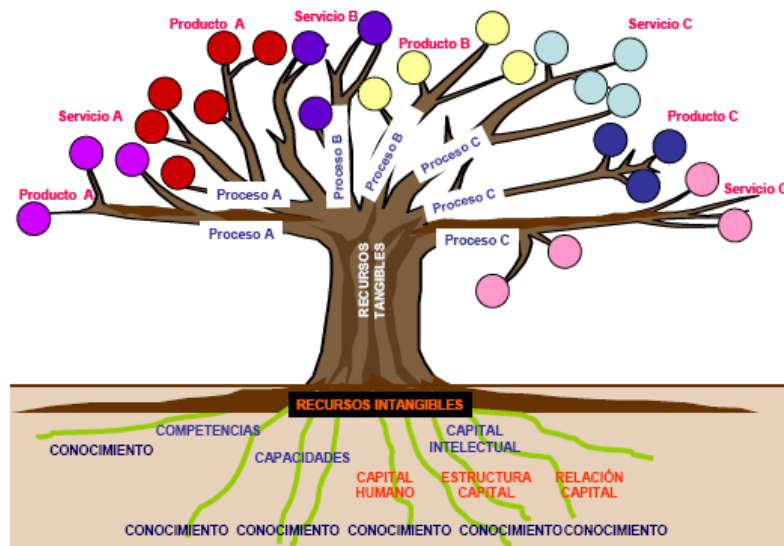
(Ingalls, 13 March)

5.17 MANTENIMIENTO CENTRADO EN HABILIDADES Y COMPETENCIAS (CORE COMPETENCES MAINTENANCE).

“El eslabón más débil de un sistema de producción, el hombre, es a su vez el que tiene en sus manos la garantía y la confiabilidad de su funcionamiento.”
(Amendola@,2002)

“Material intelectual, conocimiento, información, propiedad intelectual, experiencia, que puede utilizarse para crear valor”. (Smith, 1998)

Ilustración 9 - Capital intelectual de la Empresa



(Amendola@,2002)

Las organizaciones buscan que el recurso humano de la compañía gane habilidades y competencias de forma tal que se pueda prestar un mejor servicio en las áreas que componen la empresa, lo cual en últimas logra que avance la compañía. Es entonces cuando se hace cada vez más común departamentos de

mantenimiento cada vez más reducidos, pero con un mayor grado de habilidad, que logre tener un dominio extenso de las actividades de mantenimiento que afectan de una forma más directa y notoria los equipos críticos. Sin embargo se debe hacer claridad sobre las demás actividades que antes realizaban los otros miembros del departamento de mantenimiento, no es que éstas ya no se hagan, simple y llanamente se hace uso de la subcontratación ya que no son actividades diferenciadoras en los procesos de la empresa. (Mora, 2009)

Al lograr el desarrollo de habilidades y competencias al interior de la empresa se logra también convertirse en elementos más competitivos; que es como hoy en día se maneja el mercado mundial, debido a que ese continuo desarrollo se transfiere en últimas al usuario. Y desde esta perspectiva se hace más prioritario un desarrollo de la ciencia y el conocimiento que de los productos que se comercializan (Ejemplo de esto es el modelo de desarrollo japonés)

Para aplicar esta técnica de mantenimiento se hace necesario tener un buen clima organizacional y un recurso humano motivado hacia el aprendizaje individual y colectivo.

5.18 CONCLUSION

El capítulo registra los conceptos básicos del nivel táctico de mantenimiento que son fundamentales para el desarrollo de este proyecto.

6 CRITERIOS DE SELECCIÓN

6.1 OBJETIVO 2

Reconocer los parámetros y criterios empresariales que permitan revisar de forma comparativa las diferentes tácticas de mantenimiento y su aplicabilidad. Nivel 2 – Comprender.

6.2 INTRODUCCION

El capítulo desarrolla un instrumento de medición que buscará encontrar los criterios que consideran las empresas al momento de seleccionar una táctica de mantenimiento. Incluye la explicación de los pasos para la investigación del medio.

El desarrollo de una investigación del medio tiene como necesidad diseñar una herramienta de medición que permita recopilar y analizar datos donde el interesado pueda tomar decisión.

DESARROLLO DEL CAPITULO

6.3 INSTRUMENTOS DE MEDICION

La medición consiste en asignar números o numerales a los objetos, cuentas o variables según las reglas. Las reglas son los componentes más significativos de la medición. El proceso de medición es significativo cuando posee una correspondencia empírica con la realidad. (Namakforoosh, 2005)

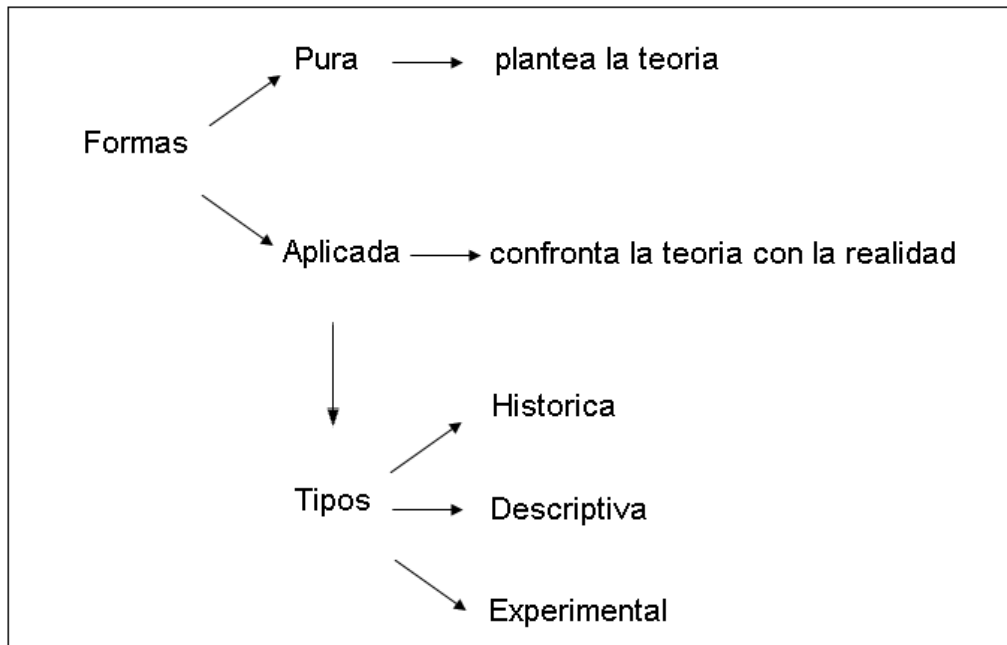
Los instrumentos de medición deben ser correctos o que indiquen con facilidad la eficiencia. Las tres características principales que debe tener un instrumento de medición deben ser:

- *Validez*: Se refiere al grado en que la prueba está midiendo lo que en realidad se desea medir.
- *Confiabilidad*: Se refiere a la exactitud y a la precisión de los procedimientos de medición.
- *Factibilidad*: Se refiere a los factores que determinan la posibilidad de realización que son tales como: factores económicos, conveniencia y el grado en el que los instrumentos de medición son interpretables. (Thorndike, et al., 1969)

6.3.1 PASOS DE LA INVESTIGACION BAJO EL METODO CIENTIFICO

La investigación científica es el proceso más formal y sistemático que desemboca generalmente en una especie de reseña formal de los procedimientos y en un informe formal de los resultados y conclusiones.

Ilustración 10 Formas del método científico



(Tamayo, 2003)

6.3.2 FORMAS DEL METODO CIENTIFICO

La investigación se apoya dentro de un contexto teórico y su propósito fundamental es el de desarrollar teoría mediante el descubrimiento de amplias generalizaciones o principios.

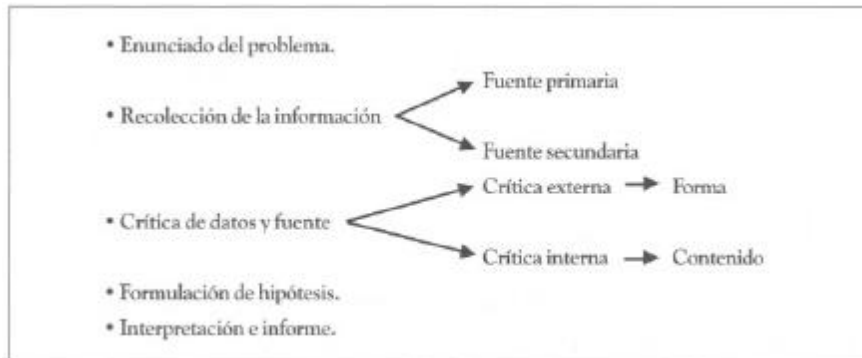
El desarrollo de este trabajo se apoya en las formas aplicadas del método científico; por lo tanto se tienen estos tres tipos de metodologías:

- *Histórico*
- *Descriptiva*
- *Experimental*

6.3.2.1 Método histórico científico

La investigación histórica trata de la experiencia pasada, se presenta como una búsqueda crítica de la verdad que sustenta los acontecimientos del pasado.

Ilustración 11 Tareas del investigador método histórico



(Tamayo, 2003)

El investigador puede llevar a cabo su trabajo de buscar la autenticidad con mayor éxito si posee conocimientos históricos y de carácter general; además debe tener sentido de la cronología, sentido común y capacidad para comprender el comportamiento humano. (Tamayo, 2003)

6.3.2.2 Método descriptivo científico

El método descriptivo comprende la descripción, registro, análisis e interpretaciones de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre como una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente.

La tarea del investigador para desarrollar este tipo de investigación tiene las siguientes etapas:

1. Descripción del problema
2. Definición y formulación de hipótesis

3. Supuestos en que se basan las hipótesis
4. Marco Teórico
5. Selección de técnicas de recolección de datos
 - a. Población
 - b. Muestra
6. Categorías de datos, a fin de facilitar relaciones
7. Verificación de validez de instrumentos
8. Descripción, análisis e interpretación de datos

(Tamayo, 2003)

6.3.2.3 Método descriptivo experimental

El método experimental se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por que causa se produce una situación o acontecimiento particular.

La tarea del investigador en este tipo de investigación presenta las siguientes etapas:

1. Presencia de un problema para el cual se ha realizado una revisión bibliográfica.
2. Identificación y definición del problema.
3. Definición de hipótesis y variables.
4. Diseño del plan experimental. Tiene cinco aspectos:
 - a. Diseño de la investigación.
 - b. Determinación de la población y muestra.
 - c. Selección de instrumentos de medición.
 - d. Elaboración de instrumentos y procedimientos para la obtención de datos.

5. Prueba de confiabilidad de datos.
6. Realización de experimentos.
7. Tratamientos de datos. Aquí, en este punto, hay que tener en cuenta que una cosa es el dato bruto, otro el dato procesado y otro el dato que hay que dar como definitivo.
(Tamayo, 2003)

6.4 CALCULO PARA DETERMINAR EL TAMAÑO MUESTRAL

El tamaño muestral en estadística, corresponde al número de sujetos que componen la muestra de una población con el fin que sean representativos de la población. Se determina para obtener una estimación apropiada de un determinado parámetro poblacional. (Wikipedia, 2010)

6.4.1 CALCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL

La estimación de los parámetros para el cálculo del tamaño muestral considera los siguientes conceptos.: Muestra, Desviación estándar, Población, Proporción positiva y negativa y el error de muestreo.

6.4.1.1 Población

La población estadística es el conjunto de ingenieros mecánicos que laboran en Colombia en áreas de mantenimiento. En este caso son 50.000 personas según (Mora, 2008)

6.4.1.2 Muestra

La muestra es un subconjunto de la población de ingenieros mecánicos que laboran en áreas de mantenimiento en Colombia, con la intención de obtener información representativa de la población.

6.4.1.3 Media

El promedio de la evaluación de cada uno de los criterios realizado por la muestra estadística es la media aritmética.

6.4.1.4 Desviación estándar

La distancia que tienen los datos de su media aritmética se le llama desviación estándar y es considerada como una medida de dispersión.

6.4.1.5 Proposición positiva y negativa

El resultado muestra cuales la cantidad de ocasiones en las que se afirma o no la implementación de una táctica de mantenimiento dentro de una empresa cualquiera. Se calcula realizando la división de la cantidad de veces en que se cumple cada una de las proposiciones en la cantidad de la muestra.

6.4.2 METODOLOGIA DE CALCULO PARA POBLACION INFINITA

El método del cálculo del tamaño muestral para población infinita se utiliza cuando el tamaño de muestra es inferior al 5% del universo (se considera un universo de 50000 ingenieros involucrados con el área de mantenimiento), de lo contrario se debería realizar el cálculo para una población finita.

La expresión para calcular el tamaño muestral para una población infinita es:

Ecuación 2 Cálculo del tamaño muestral para poblaciones infinita

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \times p \times q}{\phi - \pi}$$

(Cabrejos, 1989)

Los términos descritos en la anterior ecuación son:

- $Z_{\alpha/2}^2$ es el nivel de confianza deseado, el cual para este caso es de 1.47
- $p - \pi$ es el error permitido el cual se estima en 7%.
- p es la proporción positiva arroja como resultado 67.74%
- q es la proporción negativa arroja como resultado 32.26%.

El resultado del cálculo del tamaño muestral da como resultado noventa y siete (97) personas, quienes desarrollan el instrumento de medición propuesto anteriormente.

Los resultados se presentan en el cuadro a continuación.

6.4.3 RESULTADO CALCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL

Ilustración 12 Cálculo realizado utilizando MACRO en CD de Pronósticos de Demanda e Inventarios de Luis Mora Gutiérrez

CRITERIOS	Reducción de paros de máquinas	Respaldo de Alta Gerencia	Reducción de costos de producción	Estándares de seguridad industrial y protección al medio ambiente	Costo de implementación de la táctica	Mejoramiento de la Calidad del producto terminado	Impacto emocional del personal de mantenimiento, producción y administrativo	Compatibilidad con Sistemas de información	Recursos intelectuales para la implementación	Tiempo de implementación de la táctica	Disminución de consumo de energía	Implementación de una táctica?
1	8	7	10	5	8	7	5	5	3	6	7	Si
2	7	10	5	10	8	7	8	8	7	1	5	Si
3	8	10	9	9	9	9	7	7	8	5	8	No
4	10	10	10	7	3	8	7	10	6	8	5	Si
5	10	10	10	10	10	8	10	8	9	9	7	Si
6	10	5	6	9	10	4	4	5	4	10	1	No
7	10	10	9	9	10	7	10	7	10	8	8	No
8	10	3	9	5	2	8	7	8	4	6	1	Si
9	10	10	10	10	10	6	10	9	10	5	4	Si
10	9	7	5	10	5	8	8	8	4	8	5	Si
11	9	10	9	9	8	8	7	8	7	8	8	No
12	9	10	9	7	8	10	5	9	8	8	7	Si
13	5	9	5	9	10	9	9	9	7	8	1	Si
14	8	10	8	7	10	10	8	8	10	3	8	Si
15	9	10	7	8	9	8	9	10	10	8	6	No
16	10	10	10	10	10	8	5	8	8	10	10	Si
17	9	10	10	7	8	10	7	7	6	10	7	Si
18	9	10	9	9	7	10	8	5	9	5	9	Si
19	10	10	7	5	9	4	9	8	7	8	6	Si
20	9	10	6	10	8	7	8	8	8	6	7	Si
21	10	10	6	6	10	7	7	6	6	6	5	Si
22	8	10	6	5	10	2	8	6	6	8	6	Si
23	10	8	10	10	7	10	10	10	10	8	10	Si
24	8	8	10	9	6	10	7	6	4	8	10	No
25	10	7	10	10	9	6	7	10	8	8	6	Si
26	10	8	8	10	10	10	6	5	8	7	10	Si
27	9	7	10	8	10	9	5	8	7	6	6	No
28	10	10	10	9	7	10	6	5	6	6	6	No
29	8	8	10	10	8	10	7	4	6	6	7	Si
30	10	10	10	6	9	8	9	8	10	8	7	Si
31	9	7	9	10	8	10	9	7	10	5	6	No
Media	8,7742	8,6129	8,1613	8,0000	8,0000	7,6774	7,1935	7,1935	6,9677	6,7742	6,2258	
Desviación estándar σ de la muestra	1,172	1,768	1,832	1,799	2,067	2,033	1,654	1,716	2,074	1,983	2,445	

Proportión positiva												67.74%	Proportión positiva	
Proportión negativa												32.26%	Proportión negativa	
	Población o Universo	Población o Universo	Población o Universo	Población o Universo	Población o Universo	Población o Universo	Población o Universo	Población o Universo	Población o Universo	Población o Universo	Población o Universo	Población o Universo	Población o Universo	
Población o Universo	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	Error
Error de precisión máximo deseado	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	7%	Error
Rango de error permisible más o menos	0,877	0,861	0,816	0,800	0,800	0,768	0,719	0,719	0,697	0,677	0,623			
	8,77 más o menos 0,88	8,61 más o menos 0,86	8,16 más o menos 0,82	8 más o menos 0,8	8 más o menos 0,8	7,68 más o menos 0,77	7,19 más o menos 0,72	7,19 más o menos 0,72	6,97 más o menos 0,7	6,77 más o menos 0,68	6,23 más o menos 0,62			
Probabilidad (distribución normal)	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	93%	Probabilidad (distribución normal)
Nivel Z deseado	1,6449	1,6449	1,6449	1,6449	1,6449	1,6449	1,6449	1,6449	1,6449	1,6449	1,6449	1,6449	1,4758	Nivel Z deseado
n con población infinita	5	11	14	14	18	19	14	15	24	23	42	97		
Validación de si n es igual o mayor al 5%	Cumple la n de infinita	Cumple la n de infinita	Cumple la n de infinita	Cumple la n de infinita	Cumple la n de infinita	Cumple la n de infinita	Cumple la n de infinita	Cumple la n de infinita	Cumple la n de infinita	Cumple la n de infinita	Cumple la n de infinita	Cumple la n de infinita	Cumple la n de infinita	
n con población finita	5	11	14	14	18	19	14	15	24	23	42	97		
	Valores	Valores	Valores	Valores	Valores	Valores	Valores	Valores	Valores	Valores	Valores	Valores	Proportiones	
n final estimada	Se toma infinita con n igual a	Se toma infinita con n igual a	Se toma infinita con n igual a	Se toma infinita con n igual a	Se toma infinita con n igual a	Se toma infinita con n igual a	Se toma infinita con n igual a	Se toma infinita con n igual a	Se toma infinita con n igual a	Se toma infinita con n igual a	Se toma infinita con n igual a	Se toma infinita con n igual a	Se toma infinita con n igual a	
	5	11	14	14	18	19	14	15	24	23	42	97		

Tamaño Muestral Mínimo 97

6.5 FORMATO INSTRUMENTO DE MEDICION

El método de medición se realiza mediante encuesta escrita estructurada y prediseñada, se aplica a gerentes, jefes o personal encargado del área de mantenimiento en diferentes empresas con diversos sectores productivos.

Las preguntas se diseñan mediante los parámetros expuestos en el desarrollo del capítulo 2 teniendo en cuenta las teorías recopiladas en el capítulo 1, las cuales permiten realizar una investigación sustentada en el método científico.

Los medios que utiliza el investigador para la aplicación del instrumento es la vía del correo electrónico y llamadas telefónicas.

Ilustración 13 Formato Instrumento de Medición

CRITERIOS PARA LA ELECCION DE UNA TACTICA DE MANTENIMIENTO INSTRUMENTO N° 1	
<p>UNIVERSIDAD EAFIT <small>Escuela de Ingeniería</small></p> <p>Dada su amplia experiencia y conocimiento en el área de mantenimiento, deseamos solicitarle el favor de responder las siguientes preguntas.</p> <p>1. * ¿Se han implementado algunas tácticas de mantenimiento en su empresa? <i>(RCM, TPM, WCM, Reactivo, Proactivo, PMO)</i></p> <p>Si: _____ No: _____</p> <p>2. * Dada su amplia experiencia y conocimiento en el área de mantenimiento deseamos solicitarle el favor de categorizar del 1 al 10 (1 poco importante y 10 muy importante) los criterios que Ud. considera son importantes a la hora de seleccionar una táctica de mantenimiento <i>(RCM, TPM, WCM, Reactivo, Proactivo, PMO)</i></p>	
CRITERIOS	EVALUACION
Respaldo de Alta Gerencia	
Mejoramiento de la Calidad del producto terminado	
Tiempo de implementación de la táctica	
Compatibilidad con Sistemas de información	
Recursos intelectuales para la implementación	
Estándares de seguridad industrial y protección al medio ambiente	
Disminución de consumo de energía	
Costo de implementación de la táctica	
Impacto emocional del personal de mantenimiento, producción y administrativo	
Reducción de paros de máquinas	
Reducción de costos de producción	
<p>Enuncie por favor otros criterios que Usted considere importantes que no estén en la lista anterior:</p> <p>1 - _____</p> <p>2 - _____</p> <p>* Empresa: _____</p> <p>* Sector: _____</p> <p>* Nombre: _____</p> <p>* Teléfono: _____</p> <p>* E-mail: _____ <i>* Información necesaria</i></p> <p>GRACIAS</p> <p>José Andrés Jimenez – jjimenez@eafit.edu.co – Celular: 314 5959924 Universidad EAFIT</p> <p>Ing. Juan David Caro – juandavid.car@gmail.com – Celular: 300 6098281 Universidad EAFIT</p>	

(Fuente propia)

6.6 ANALISIS DE DATOS

El análisis de los datos, busca validar los datos y conocer el comportamiento de los datos para así seleccionar, a partir de los resultados de las encuestas, aquellos criterios de mayor peso y al mismo tiempo que sean representativos.

6.6.1 ANALISIS DE UNA SOLA VARIABLE

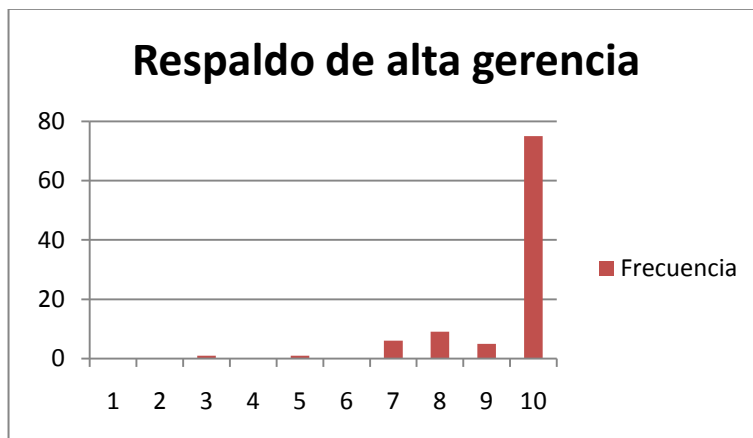
El análisis de una sola variable se usa para conocer la describir y explorar la información. Las técnicas más utilizadas para el análisis de una sola variable es la distribución de frecuencias la cual se puede realizar a través de un histograma frecuencial (Ruiz de Rada, 2009)

6.6.1.1 Histograma frecuencial de cada uno de los criterios evaluados

El histograma de frecuencias es una gráfica de barras que muestra con cuanta frecuencia ocurre la calificación dada por los encuestados.

6.6.1.1.1 *Respaldo de alta gerencia*

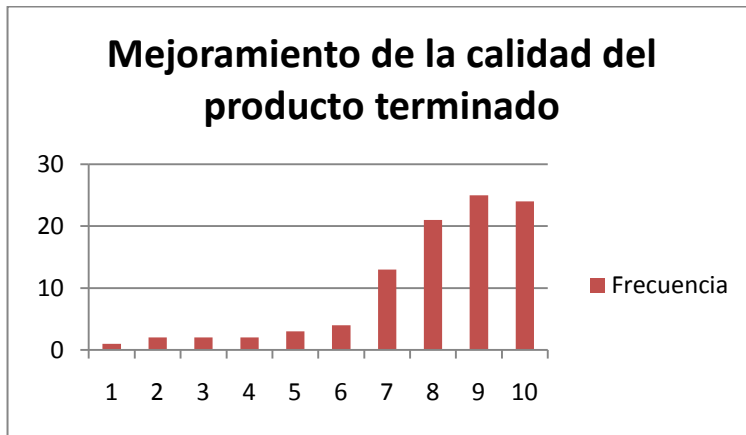
Ilustración 14 Histograma frecuencial criterio Respaldo de alta gerencia



(Fuente propia)

6.6.1.1.2 *Mejoramiento de la calidad del producto terminado*

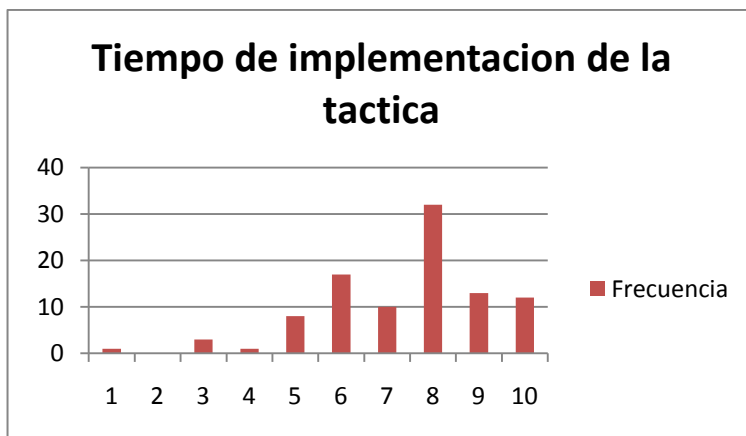
Ilustración 15 Histograma frecuencial criterio Mejoramiento de la calidad del producto terminado



(Fuente propia)

6.6.1.1.3 *Tiempo de implementación de la táctica*

Ilustración 16 Histograma frecuencial criterio Tiempo de implementación de la táctica



(Fuente propia)

6.6.1.1.4 Compatibilidad con sistemas de información

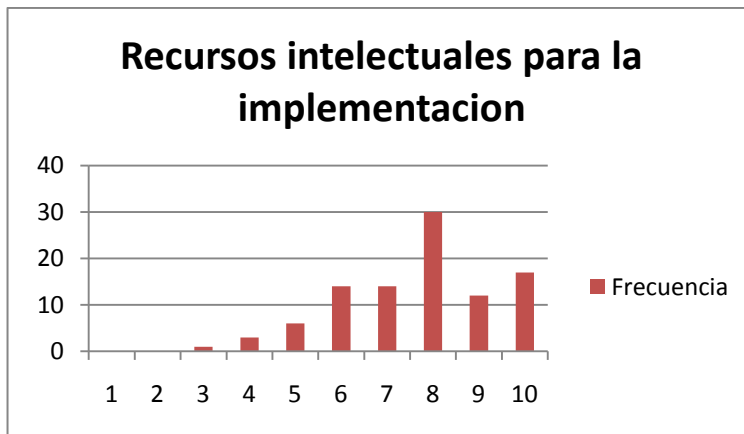
Ilustración 17 Histograma frecuencial criterio Compatibilidad con sistemas de información



(Fuente propia)

6.6.1.1.5 Recursos intelectuales para la implementación

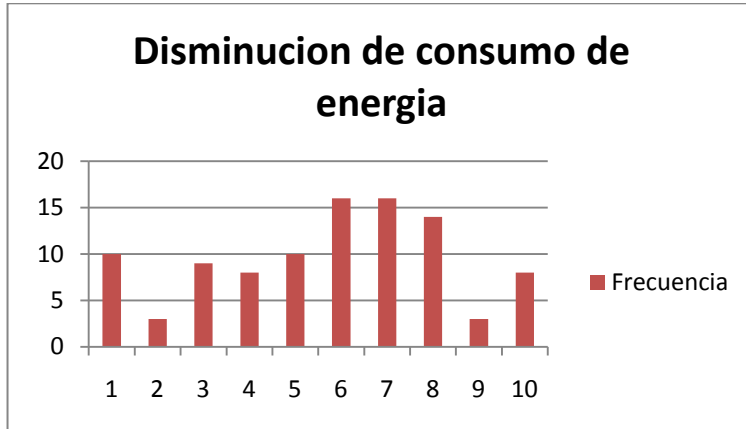
Ilustración 18 Histograma frecuencial criterio Recursos intelectuales para la implementación



(Fuente propia)

6.6.1.1.6 *Disminución de consumo de energía*

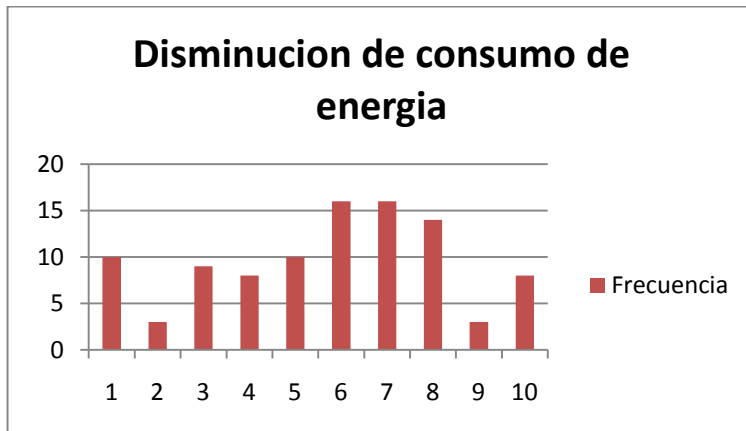
Ilustración 19 Histograma frecuencial Disminución de consumo de energía



(Fuente propia)

6.6.1.1.7 *Costo de implementación de la táctica*

Ilustración 20 Histograma frecuencial Costo de implementación de la táctica



(Fuente propia)

6.6.1.1.8 *Impacto emocional del personal de mantenimiento, producción y administrativo*

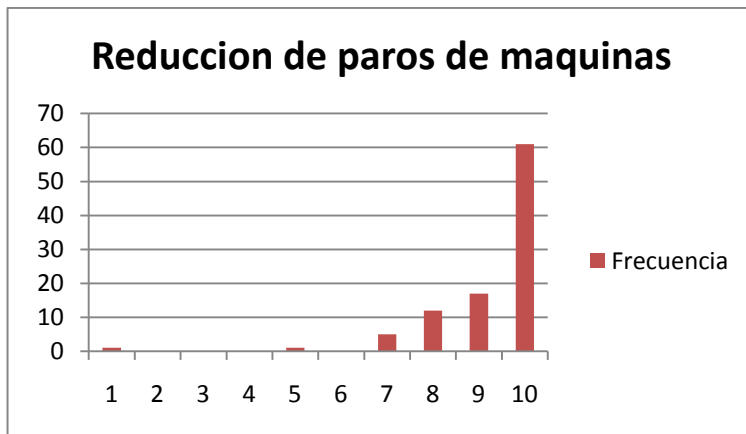
Ilustración 21 Histograma frecuencial criterio Impacto emocional del personal de mantenimiento, producción y administrativo



(Fuente propia)

6.6.1.1.9 *Reducción de paros de maquinas*

Ilustración 22 Histograma frecuencial criterio Reducción de paros de máquinas



(Fuente propia)

6.6.2 ANALISIS MULTIVARIABLE

El análisis multivariable consigue mayor consistencia en la inferencia estadística, desarrollo de conceptos más adecuados y concluyentes del estudio.

6.6.2.1 Coeficiente alfa de Cronbach

El coeficiente alfa de cronbach es un coeficiente de fiabilidad entre observadores y es una medida específica de la varianza relativa explicada por una proporción explícita y específica de una variable dependiente explicada por una variable independiente (Bakeman, et al., 1986).

6.6.2.2 Análisis del coeficiente de Cronbach para noventa y siete (97) encuestados

Ilustración 23 Resultado cálculo coeficiente de Cronbach para 97 encuestados utilizando el software DYANE versión 2

```
COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH
=====
Número de casos: 11
Número de ítems: 97
Coeficiente alfa de cronbach = 0,9717
```

(Fuente propia)

6.6.2.3 Análisis del coeficiente de Cronbach para once (11) criterios

Ilustración 24 Resultado cálculo coeficiente de Cronbach para 11 criterios utilizando el software DYANE versión 2

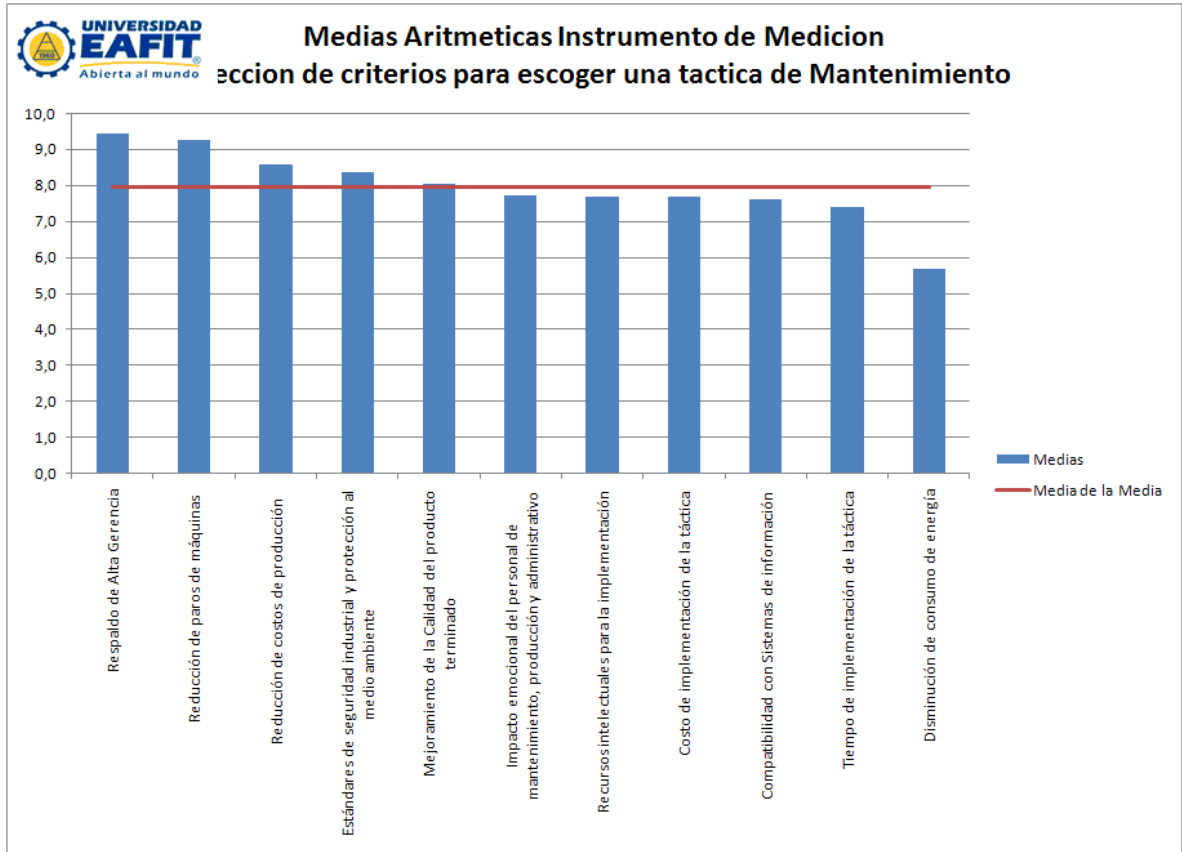
```
COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH
=====
Número de casos: 97
Número de ítems: 11
Coeficiente alfa de cronbach = 0,656
```

(Fuente propia)

6.6.3 SELECCION DE CRITERIOS

Los criterios con mayor peso son aquellos que poseen una media por encima de la media aritmética general de todos los criterios.

Ilustración 25 Grafico Media de Medias



(Fuente propia)

El grupo de encuestados tuvo gran cantidad de nuevas sugerencias en donde convergían en conocer los indicadores CMD con los que cuenta el departamento de mantenimiento. Se puede basar en la Ilustración 3 en el capítulo 1.

6.7 CONCLUSION

El análisis de una sola variable permite conocer la manera en que los datos se distribuyen y su comportamiento. De esta manera se puede afirmar que el tipo de distribución de los datos de cada uno de los criterios es aleatoria, debido a que la evaluación es subjetiva y atribuida al criterio de cada encuestado. Dado esta situación no se puede realizar pronósticos o algún método futurístico.

El análisis multivariable contempla que los datos son lo suficientemente confiables para el error que se supuso en el cálculo del tamaño muestral. Por lo tanto se puede afirmar que los datos son lo suficientemente fiables.

El análisis de los datos del instrumento de medición realizado a distintas empresas de diversos sectores productivos, arroja que los criterios más importantes que se consideran al momento de seleccionar una táctica de mantenimiento, son:

- Respaldo de alta gerencia
- Reducción de paros de maquinas
- Reducción de costos de producción
- Estándares de seguridad industrial y protección al medio ambiente
- Mejoramiento de la calidad del producto terminado

7 CUADRO COMPARATIVO CON CRITERIOS EMPRESARIALES

7.1 OBJETIVO 3

Esbozar un análisis comparativo entre las diferentes tácticas de mantenimiento a partir de los parámetros y criterios característicos de cada una de ellas con el fin de profundizar en mantenimiento Reactivo, Proactivo y de Habilidades y Competencias. Nivel 3 – Aplicar.

7.2 INTRODUCCION

El capítulo busca realizar un cuadro comparativo de todas las tácticas de mantenimiento utilizando los criterios seleccionados en el capítulo.

La selección de una táctica de mantenimiento debe partir de todas aquellas necesidades de la empresa y de las fortalezas que tenga la táctica a implementar para mejorar y cumplir las expectativas deseadas.

DESARROLLO DEL CAPITULO

7.3 CUADRO COMPARATIVO PARA ESCOGER UNA TACTICA DE MANTENIMIENTO

El desarrollo del cuadro comparativo se basa en los criterios obtenidos de la industria para escoger una táctica de mantenimiento y del estado del arte del nivel táctico de mantenimiento comprendido en el capítulo 1.

Los parámetros característicos de cada táctica son consignados en el cuadro comparativo haciendo énfasis en mantenimiento reactivo, proactivo y de habilidades y competencias.

La utilización del cuadro comparativo debe estar precedida por un análisis de la situación y necesidades de la organización en la cual se piensa implementar una táctica de mantenimiento. Luego se pueden analizar las características más importantes de cada táctica a partir de criterios empresariales definidos por el sector industrial.

Ilustración 26 Cuadro comparativo con criterios empresariales

	RESPALDO DE ALTA GERENCIA	REDUCCION DE PAROS DE MAQUINAS	REDUCCION DE COSTOS DE PRODUCCION	ESTANDARES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE	MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO
TPM	El TPM es un sistema de gerencia que busca la mejora continua del proceso productivo involucrando a todo el personal de la empresa. (TPM, 2009)	Busca disminuir los paros de maquina utilizando: * Capacitación y entrenamiento * Mejoras Orientadas * Mantenimiento Autónomo * Mantenimiento Planificado (Suzuki, 1996)	Debido a la planeación de las paradas de mantenimiento se tiene un mayor control en los recursos y la efectividad del mismo. Asimismo, se busca afrontar y corregir la falla en vez de convivir con ella, generando mayor eficiencia, mejores estándares de calidad y mayores niveles de utilidad. (Willmott, et al., 2001)	Se centra en la reducción de riesgos creando una cultura de seguridad en todo el personal de la organización utilizando herramientas visuales y capacitación adecuada. Esta táctica a través de las 5'S busca crear un cambio de mentalidad en el personal de la empresa con la finalidad de disminuir riesgos y emisiones al ambiente. (Willmott, et al., 2001)	La calidad del producto mejora a partir del incremento en la eficiencia de las maquinas, el entrenamiento de los operadores y personal de planta, mejorando las relaciones con los proveedores y entregando al cliente lo que necesita, en el tiempo en que lo necesita. (Willmott, et al., 2001)

(Fuente propia)

	RESPALDO DE ALTA GERENCIA	REDUCCION DE PAROS DE MAQUINAS	REDUCCION DE COSTOS DE PRODUCCION	ESTANDARES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE	MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO
RCM	El RCM es muy técnico y no busca un impacto en la organización, por lo cual su nivel de gestión solo se limita al impacto real del RCM en la mejora de la confiabilidad de los equipos y en los recursos utilizados para ello. (Moubray, 1991)	El RCM busca todos aquellos requerimientos de mantenimiento que tiene un activo físico en su etapa de operatividad utilizando procedimientos de ejecución que busquen disminuir los modos de falla, optimizar los recursos y realizar las tareas de forma segura. (Moubray, 1991)	La optimización y planeación de los recursos para realizar acciones de mantenimiento genera un ahorro en el presupuesto. Permite prolongar la vida útil de maquinas altamente costosas y disminuye el tiempo de ejecución en labores de mantenimiento hasta en un 70%. (Moubray, 1991)	El RCM busca mayor seguridad en la realización de tareas por parte de los operadores y mantenedores (Trabajo en equipo) y disminución del impacto ambiental a través de la estandarización de procesos. (Mora, 2008)	Debido a que se escoge el mejor tipo de mantenimiento para cada uno de los activos, se puede tener un mejor comportamiento de los equipos durante la producción por lo cual los estándares de calidad serán mas altos. (Moubray, 1991)

(Fuente propia)

	RESPALDO DE ALTA GERENCIA	REDUCCION DE PAROS DE MAQUINAS	REDUCCION DE COSTOS DE PRODUCCION	ESTANDARES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE	MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO
TPM & RCM	Al igual que el RCM y el TPM la combinación de las dos tácticas debe estar respaldada por un nivel de gestión que comprometa a toda la organización .	El mantenimiento productivo total intensifica el uso del mantenimiento preventivo mientras que el mantenimiento centrado en la confiabilidad lo complementa haciendo uso del mantenimiento predictivo ayudando a identificar como y cuando actuar a través del análisis del modo de falla.	La combinación de ambas tácticas evita crisis y fallas en el proceso productivo, se minimizan considerablemente los costos y se mejoran los procesos de planta.	Crea una cultura de prevención de riesgos a través de análisis soportados en las técnicas del RCM.	La combinación de ambas tácticas estriba en que sus principios claves de organización y confiabilidad se combinan para garantizar una excelente operación y gestión del mantenimiento, mejorando consigo los procesos de planta y por ende el producto final.

(Fuente propia)

	RESPALDO DE ALTA GERENCIA	REDUCCION DE PAROS DE MAQUINAS	REDUCCION DE COSTOS DE PRODUCCION	ESTANDARES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE	MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO
PROACTIVO	Los directivos deben estar constantemente informados del avance de la implementación. Este proceso debe llevarse a cabo por lo menos una vez por semana mientras se pone en marcha la táctica proactiva. Asimismo, deben realizar estrategias de motivación a los empleados para que adquieran sentido de pertenencia y de participación dentro de la implementación. (Mora, 2008)	El grupo proactivo se encarga de prevenir las fallas en los equipos de la planta mediante acciones planeadas y acciones predictivas. En el caso en el que se presenten fallas, este grupo de encontrar en el menor tiempo posible el componente afectado para evitar el aumento de la criticidad del problema. (Mora, 2008)	La reducción se obtiene a partir de la relación costo beneficio al momento de ejecutar acciones predictivas y preventivas, las cuales buscan prevenir fallas que tengan un mayor nivel de criticidad e impacto económico en la compañía. (Mora, 2008)	El mantenimiento proactivo busca fortalecer el entrenamiento y capacitación de personal en análisis y detección de fallas y en la ejecución de acciones de mantenimiento de manera segura y eficaz. Debido a tener la mentalidad de anticipación a la falla, permite controlar las fallas que atenten contra el medio ambiente, sin embargo se considera que muchas ocasiones el mantenimiento preventivo atenta contra el ambiente aumentando el consumo de sustancias nocivas como el aceite.	Aunque no esta enfocado directamente con el área de producción el objetivo de la táctica es detectar y controlar las fallas potenciales antes que el equipo entre en modo de falla, con el fin de aumentar la vida útil de componentes y disminuir costos de mantenimiento, asimismo mejorar la imagen frente a los clientes y la confiabilidad de los equipos. (Mora, 2008)

(Fuente propia)

	RESPALDO DE ALTA GERENCIA	REDUCCION DE PAROS DE MAQUINAS	REDUCCION DE COSTOS DE PRODUCCION	ESTANDARES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE	MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO
PMO	<p>La revisión y aceptación de la implementación por parte de la alta dirección juega un papel importante ya es fundamental para la ejecución.</p> <p>Sin embargo no se recomienda implementar en personal con alta rotación y en organizaciones conservadoras. (Mora, 2008)</p>	<p>Se busca realizar un análisis de modos de fallas mas específico, concreto y menos complicado que el RCM al eliminar las fallas irrelevantes del estudio.</p> <p>Steve Turner afirma que el PMO facilita la planeación y programación de acciones de mantenimiento bajo una política revisada. (Turner, 2009)</p>	<p>El PMO es mas flexible y efectivo que el RCM por lo tanto permite tener mejor control de los costos del mantenimiento sin afectar los costos de producción.</p> <p>Además permite realizar análisis de fallas con equipos en funcionamiento, evitando paros innecesarios en los equipos. (Mora, 2008)</p>	<p>Busca actuar frente a equipos críticos en la empresa los cuales son aquellos que atentan contra la seguridad, la productividad y el medio ambiente.</p>	<p>Permite obtener un control estadístico de los procesos a partir de los monitoreos por condición. (Turner, 2009)</p>

(Fuente propia)

	RESPALDO DE ALTA GERENCIA	REDUCCION DE PAROS DE MAQUINAS	REDUCCION DE COSTOS DE PRODUCCION	ESTANDARES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE	MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO
REACTIVO	Desde el punto de vista operativo el mantenimiento reactivo es muy cómodo ya que no considera la prevención y monitoreo de las fallas y los costos que esto implica, por lo tanto la administración adquiere la mentalidad de <i>Run to fail</i> .	No busca reducir los paros de maquinas, solo reacciona al momento en que se presenta la falla. (Mora, 2008)	La disminución de costos es significativa en el área de mantenimiento sin afectar el área de producción, ya que la estrategia de Run to fail no genera costos en seguimientos y monitoreo de fallas. Esta táctica debe considerarse en organizaciones de alta tecnología que necesiten estar a la vanguardia y que les permita reaccionar rápidamente ante situaciones adversas. (Mora, 2008)	La protección del medio ambiente no es considerada debido que no puede anticiparse a fallas que atenten contra el mismo. Los correctivos deben ser realizados contemplando un análisis de riesgo (Mora, 2008)	No busca mejorar la calidad del producto terminado.

(Fuente propia)

	RESPALDO DE ALTA GERENCIA	REDUCCION DE PAROS DE MAQUINAS	REDUCCION DE COSTOS DE PRODUCCION	ESTANDARES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE	MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO
MANTENIMIENTO ORIENTADO A RESULTADOS	Es de gran utilidad para aquellas empresas que no tienen tiempo para organizarse. Debido a que es una solución temporal, facilita la planeación integral .	La relación con el cliente debe ser mejorada a través del mercadeo y de un mejoramiento continuo de las actividades de mantenimiento.	El mercadeo de la empresa mejora debido a buen comportamiento de la producción y el mantenimiento (Satisfacer necesidades del cliente)	El mantenimiento orientado a resultados busca mejorar la ejecución de procedimientos para que sean amables con el ambiente y la integridad del equipo de mantenedores.	Uno de los objetivos es "hacer las cosas que se deben, como se deben". Mantenimiento mundial

(Fuente propia)

	RESPALDO DE ALTA GERENCIA	REDUCCION DE PAROS DE MAQUINAS	REDUCCION DE COSTOS DE PRODUCCION	ESTANDARES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE	MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO
WCM	<p>Exige un cambio de actitud y de cultura en la organización. Requiere que se tengan altos niveles de planeación y prevención al igual que un sistema de información gerencial de mantenimiento para poder realizar auditorias periódicamente.</p> <p>Se orienta hacia las metas y objetivos fijados previamente y busca desarrollar las acciones de mantenimiento bajo la mayor profundidad científica. (Mora, 2008)</p>	<p>A través de los índices de mantenimiento se trazan metas y objetivos para ser cumplidos en un periodo de tiempo estipulado.</p> <p>Esto ayuda a fomentar mejores practicas de mantenimiento y prevención de fallas. (Carvajal Brenes, 2003)</p>	<p>Se implanta un sistema de control de costos de manera que sea un sistema de análisis de las actividades para determinar los verdaderos costos de operación y mantenimiento. (Carvajal Brenes, 2003)</p> <p>Además a través del benchmarck se pueden desarrollar competencias y habilidades que permitan mejorar la competitividad de la organización. (Wireman)</p>	<p>A través de la identificación de las maquinas criticas se puede controlar y prever las fallas que atenten contra la seguridad de los empleados al igual que contra el medio ambiente bajo el cumplimiento de estándares de seguridad y protección ambiental internacionales. (Carvajal Brenes, 2003)</p>	<p>El objetivo principal es satisfacer todas las necesidades del cliente, por lo cual el mantenimiento busca satisfacer los requerimientos de producción.</p> <p>Además debido a que gran parte de las actividades se encuentran bajo normas internacionales se garantiza la calidad del producto.</p>

(Fuente propia)

	RESPALDO DE ALTA GERENCIA	REDUCCION DE PAROS DE MAQUINAS	REDUCCION DE COSTOS DE PRODUCCION	ESTANDARES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE	MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO
HABILIDADES Y COMPETENCIAS	Se debe tener un buen clima organizacional ya que busca centrar el mantenimiento en pocas personas con altos niveles de capacitación y ejecución. (Mora, 2008)	La insistencia se enfoca en la prestación del servicio y no en equipos específicos sino en conocimientos y habilidades enfocadas alrededor de las ciencias que imperan en el servicio de mantenimiento. (Mora, 2008)	Utiliza la subcontratación para realizar las actividades que no son claves dentro de la empresa, disminuyendo costos en mano de obra. (Mora, 2008)	Debido a las frecuentes capacitaciones se crea un ambiente de competencia basado en principios científicos y en normalizaciones internacionales. (Mora, 2008)	Los mantenedores deben ser capacitados en habilidades para prestar servicios particulares del mantenimiento (lubricación, electricidad, hidráulica, etc.) con la intención de fomentar competencias profesionales que mejoren los estándares de calidad de la organización. (Mora, 2008)

(Fuente propia)

7.4 CONCLUSIONES

El capítulo describe las características más importantes de las tácticas de mantenimiento en estudio bajo los criterios más significativos tomados del estudio comprendido en el capítulo 2.

El cuadro comparativo es una herramienta importante para las organizaciones que piensen implementar una táctica de mantenimiento ya que describe las características más importantes de cada táctica a través de los ojos de las exigencias de la industria.

8 CUADRO COMPARATIVO CON VENTAJAS, LIMITACIONES Y CONDICIONES EMPRESARIALES

8.1 OBJETIVO 4

Plantear ventajas, limitaciones, aplicabilidad y condiciones empresariales relevantes de todos los aspectos requeridos a la hora de utilizar una determinada táctica en una empresa particular. Nivel 3 – Aplicar

8.2 INTRODUCCION

El capítulo busca realizar un cuadro comparativo de todas las tácticas de mantenimiento teniendo en cuenta las ventajas, limitaciones y condiciones empresariales.

DESARROLLO DEL CAPITULO

8.3 CUADRO COMPARATIVO PARA CONOCER VENTAJAS, LIMITACIONES Y CONDICIONES EMPRESARIALES DE CADA TACTICA

El cuadro comparativo debe ser utilizado luego de tener en cuenta el cuadro comparativo del capítulo anterior con el fin de complementar la información acerca de la táctica escogida por una empresa particular.

Ilustración 27 Cuadro comparativo con ventajas, limitaciones y condiciones empresariales

	VENTAJAS	LIMITACIONES	CONDICIONES EMPRESARIALES
TPM	<ul style="list-style-type: none"> * El tener maquinas y equipos mas limpios permite identificar e intervenir en fallas mas fácil. * El resultado de un mejor mantenimiento traduce en menores costos y mayor utilidad. * Al adquirir los operadores mayor conocimiento del principio de operación de la máquina, cualquier anomalía que pudo derivar en un problema mayor, será detectada y resuelta en sus etapas iniciales 	<ul style="list-style-type: none"> * Su implementación representa un alto costo y un cambio de actitud organizacional. * El tiempo de implementación es largo, por lo cual no se pueden esperar resultados inmediatos. 	<p>El TPM debe ser enfocado a empresas con serios problemas en el manejo del recurso humano de producción y mantenimiento. Es una metodología importante para empresas con crecimientos rápidos y con deficiencias en el clima organizacional.</p>

(Fuente propia)

	VENTAJAS	LIMITACIONES	CONDICIONES EMPRESARIALES
RCM	<p>* Puede disminuir la cantidad de tiempo invertido en un mantenimiento rutinario entre un 40% y un 70% en empresas que ya tengan definido un plan de mantenimiento preventivo.</p> <p>* El RCM en empresas que no tienen un plan de mantenimiento preventivo establecido puede disminuir la cantidad de horas hombre requeridas en comparación si se utilizara un método convencional.</p> <p>* Logra crear un lenguaje sencillo para todas aquellas personas involucradas en la prestación de servicios de mantenimiento dentro de la organización.</p>	<p>La buena selección del grupo de RCM es altamente importante ya que puede resultar falta de objetividad y de alcance ocasionando un análisis muy extenso que posiblemente no esta dentro de los objetivos del mantenimiento de la empresa.</p>	<p>El RCM debe implementarse en empresas que exijan altos niveles de confiabilidad, especialmente la industria aeronáutica, alimenticia, farmacéutica, entre otros; y que al mismo tiempo tengan la suficiente madurez para emprender un proceso basado en la organización y planificación.</p>

(Fuente propia)

	VENTAJAS	LIMITACIONES	CONDICIONES EMPRESARIALES
TPM & RCM	La combinación de ambas tácticas fortalece las debilidades de cada una.	Su implementación representa un alto costo, cambio de actitud en el recurso humano y sus resultados son a largo plazo.	Se debe implementar en empresas que exijan altos niveles de confiabilidad en algunos equipos y con serios problemas en el clima organizacional.
PROACTIVO	<p>Sus técnicas son una extensión del programa de mantenimiento predictivo y se pueden agregar fácilmente al programa establecido en la empresa.</p> <p>Elimina las fallas de equipos a través del tiempo y como resultado se alcanza una prolongación importante de la vida útil del equipo. Asimismo evita la compra de repuestos y maquinas con altos costos de inversión.</p> <p>Sirve de puente para la implementación de otras tácticas de mantenimiento.</p>	<p>Inversión importante en capacitación y en entrenamiento en análisis de fallas en el personal encargado de las tareas de mantenimiento.</p> <p>No genera buenos resultados si no esta acompañado por un plan de mantenimiento predictivo.</p>	<p>Orientado a empresas que buscan un mantenimiento de clase mundial y una cultura organizacional basada en la planeación, utiliza el <i>benchmark</i> como herramienta para conocer mejores practicas a nivel internacional.</p>

(Fuente propia)

	VENTAJAS	LIMITACIONES	CONDICIONES EMPRESARIALES
PMO	<p>Es una táctica ágil, por lo cual los resultados pueden ser visibles en un corto periodo de tiempo.</p> <p>Busca analizar solo los modos de falla significativos para la organización teniendo equipos en funcionamiento, facilitando la labor.</p> <p>Según Steve Turner el PMO puede implementarse en una sexta parte del tiempo que el RCM</p>	<p>La buena selección del grupo de PMO es altamente importante ya que debe buscar los modos de falla verdaderamente importantes y no contemplar los insignificantes.</p>	<p>Se diseña para operaciones de mantenimiento existentes dentro de una empresa y que busquen mejorar sus programas de mantenimiento involucrando solo las rutinas importantes.</p>
REACTIVO	<p>Evita los costos generados por la prevención de fallas, es decir mano de obra excesiva, análisis predictivos y preventivos debido a que permite que la maquina funcione hasta que falle.</p> <p>Necesita que el equipo de trabajo este lo suficientemente capacitado para actuar rápido y corregir las fallas que se presenten en el menor tiempo posible.</p>	<p>No se anticipa a danos que puedan causar lesiones al personal de mantenimiento o al medio ambiente.</p>	<p>Esta táctica se recomienda a empresas del sector informático, que se encuentren en un ambiente científico y de altos niveles de crecimiento.</p>

(Fuente propia)

	VENTAJAS	LIMITACIONES	CONDICIONES EMPRESARIALES
MANTENIMIENTO ORIENTADO A RESULTADOS	La táctica busca que el mantenimiento siempre se encuentre en un proceso de mejora continua, orientado siempre a las necesidades del cliente.	No posee bases cognitivas importantes ya que se basa en la intuición de los mantenedores mas experimentados dentro de la organización.	Es recomendada para empresas con poco tiempo para organizarse y que necesitan una táctica temporal de transición mientras se escoge otra que brinde mayor estabilidad.
WCM	<p>Utiliza el benchmarck como una herramienta para disminuir costos, mejorar productividad y competitividad.</p> <p>Es una táctica que se centra en las normas internacionales para la solución de problemas.</p> <p>El mantenimiento reactivo es mínimo y se involucra el mantenimiento con el departamento de diseño.</p>	<p>Es una táctica que arroja resultados a largo plazo.</p> <p>Debe ser aplicada en organizaciones con un buen <i>CMMS</i>.</p>	<p>Se utiliza en multinacionales que se apoyan en leyes de clase mundial en mantenimiento como: OREDA, AFNOR, BRITISH STANDARDS, SAE, ISO, DIN, ASME, entre otras.</p> <p>Asimismo la utilizan organizaciones que exportan gran parte de sus productos o servicios y se tienen que acoger a las normas de los países a los cuales exporten.</p>

(Fuente propia)

	VENTAJAS	LIMITACIONES	CONDICIONES EMPRESARIALES
HABILIDADES Y COMPETENCIAS	<p>Busca preservar el conocimiento y el buen servicio de mantenimiento.</p> <p>Busca que los mantenedores se especialicen en un área de mantenimiento específico, brindando mayor calidad en el servicio.</p>	<p>La falta de motivación por parte del recurso humano puede afectar el buen desarrollo de la táctica.</p>	<p>Se puede implementar en cualquier organización sin tener en cuenta el nivel de mantenimiento en el que se encuentre debido a que se centra en la prestación del servicio , la profundidad científica y no en la reparación de los equipos.</p>

(Fuente propia)

8.4 CONCLUSIONES

El cuadro comparativo permite a las empresas conocer las ventajas, limitaciones y condiciones empresariales de las tácticas que cumplen con los criterios desarrollados en el capítulo anterior. Además es un buen complemento a la hora de tener la obligación de determinar los beneficios que traería la implementación de una táctica o de varias.

Las tácticas de mantenimiento pueden ser acomodadas a las exigencias de la organización a implementar, seleccionando aquellas con las cuales se tengan la mayor cantidad de beneficios.

9 CONCLUSIONES

9.1 OBJETIVO 5

Concluir los principales logros.

- Las tácticas de mantenimiento se refieren a las diferentes formas de organización que pueden adoptar las empresas para manejar y operar mantenimiento; es decir, la táctica es la forma en que las diferentes compañías organizan la ejecución y la administración del mantenimiento de una forma coherente, lógica y sistémica.
- De acuerdo a los resultados del instrumento de medición, para la implementación de cualquier táctica se debe contar con el respaldo de la gerencia. No se debe visualizar el área de mantenimiento como un departamento externo a la empresa, a menos que no esté involucrada en su negocio. Todas las decisiones que busquen un cambio en la gestión del mantenimiento deben ser discutidas por la alta dirección de la misma.
- Las empresas consideran importante que al implementar una táctica de mantenimiento se reduzcan los paros de maquinas, con el fin de mejorar los indicadores de confiabilidad y disponibilidad, sin embargo cada táctica tiene un objetivo diferente, por lo cual no se puede asegurar que al implementar una táctica cualquiera se logrará
- La cultura de seguridad y de protección al medio ambiente debe ser prioritaria en cualquier organización que genere productos o servicios.

- El departamento de mantenimiento debe ser visto dentro de la organización como un proveedor de servicios que ayuda al departamento de producción a mejorar los procesos de planta, mejorar el lugar de trabajo y capacitar el recurso humano con el fin de ofrecer un producto final de calidad.
- Todas las tácticas de mantenimiento exigen capacitar y entrenar al recurso humano involucrado en las actividades del departamento de mantenimiento.
- La selección de una táctica de mantenimiento no puede sustentarse en argumentos ambiguos sin fundamentos, es necesario conocer detalladamente el organigrama de la compañía, las líneas productivas, los equipos críticos, el estado emocional y cognitivo del recurso humano y la estructura física con la que se cuenta.
- El cuadro comparativo realizado es una herramienta importante para que los departamentos de mantenimiento y la gerencia de la compañía tengan bases suficientes para seleccionar la táctica de mantenimiento que más se acomode a sus exigencias. No se debe utilizar si no se conoce previamente las exigencias y las condiciones de la organización en la que se piensa implementar una táctica de mantenimiento.
- El recurso humano en cualquiera de las tácticas juega un papel importante ya que se enfatiza en la capacitación y entrenamiento constante con la finalidad de disminuir los tiempos de intervención y la ubicación rápida de las fallas.

10 BIBLIOGRAFIA

10.1 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS TOMADAS DE LIBROS

Bakeman R. y Gottman J.R

Observacion de la interaccion: introduccion al analisis secuencial [Libro]. - Madrid : Ediciones Morata S.A, 1986. - Vol. I. - ISBN 84-7112-333-9.

Cabrejos, Belisario

Investigación de mercadeo [Libro] - Medellín - Segunda Edición - 1989 - ISBN 9041-19-1

Carvajal Brenes Julio

Experiencias en la implementacion del mantenimiento de clase mundial, caso real. [Conferencia] // 1 Congreso Mexicano de confiabilidad y Mantenimiento. - Leon (Guanajuato) : [s.n.], 2003.

Gil Daniel - Arbelaez y Ramirez Yañez Carlos Andres

Proactivo ¿Táctica o Acción de Mantenimiento? [Sección del libro] // Artículos de los Proyectos de grado realizados por los estudiantes de ingeniería mecánica que se graduaron en el año 2005 / aut. libro EAFIT Universidad. - Medellín : Universidad EAFIT, 2006. - ISSN 1692-0694.

Gulati Rameshi, O'Hanlon Terrence y Smith Ricky

Maintenance and Reliability Best Practices [Libro]. - New York : Industrial Press Inc., 2009. - Vol. I. - ISBN 978-0-8311-3377-5.

Idhammar Christer

Results Oriented Maintenance™ Management Book [Informe] = Results Oriented Maintenance™ Management Book - USA . - 1997b.

Klusman Robert A

Establishing Proactive Maintenance Management – Review Journal - Water / Engineering & Management [Libro]. - USA : [s.n.], 1995. - págs. 18 - 20.

Marks John

Combining TPM and reliability-focused maintenance (RCM), reliability centered maintenance, electric maintenance & repair [Libro]. - USA : [s.n.], 1997. - Vol. Volumen 211 : págs. 49 - 52. - ISSN 0013-4457.

Mobley Keith R, Higgins Lindley R y Wikoff Darrin J

Maintenance Engineering Handbook 7th Edition [Libro]. - USA : McGraw-Hill, 2008.

Mofsovich Martin

Máquinas y Equipos [Publicación periódica]. - Buenos Aires : Edigar S.A, 1992. - 0387 : Vol. 000. - págs. 114 - 115. - ISSN0025-2719.

Mora Alberto - Gutiérrez

Mantenimiento Estratégico Empresarial [Libro] = Mantenimiento Estratégico Empresarial. - Medellín : Fondo Editorial FONEFIT, 2007b. - Primera : pág. 345. - ISBN 978-958-8281-46-9.

Mora Luis Alberto - Gutiérrez

Mantenimiento Industrial Efectivo [Libro]. - Medellín : COLDI LTDA, 2008. - ISBN 978-958-98902-0-2.

Moubray Jhon

Reliability Centered Maintenance [Libro]. - Oxford : Butterworth & Heinemann, 1991. - Vol. I. - 0-7506-3358-1.

Moubray John Mitchell

RCM Reliability Centered Maintenance - Industrial Press Inc [Libro] / ed. Biddles Limited Guilford and Rob Lockhart / trad. Ellman Sueiro y Asociados - Argentina. - Leicestershire : Aladon Limited, 2004. - Primera en castellano : pág. 433. - ISBN 09539603-2-3.

Nakajima Seiichi [y otros]

Introducción al TPM Programa Para El Desarrollo [Libro] = Introducción al TPM Programa Para El Desarrollo / trad. Alvarez Traducido por Antonio Cuesta. - Madrid : Editorial Fundación REPSOL Publicaciones e Impreso en Gráficas del Mar, 1991. - ISBN: 84-87022-81-2.

Namakforoosh Mohammad Naghi

Metodologia de la Investigacion [Libro]. - Mexico : Limusa, Noriega Editores, 2005. - 2a ed. : Vol. I. - ISBN-968-18-5517-8.

Oiltech

Mantenimiento Proactivo de sistemas mecánicos lubricados - Oiltech Analysis S.L. [Publicación periódica] = Mantenimiento Proactivo // Fluídos, olehidráulica, neumática y automatización. - Madrid : [s.n.], 1995. - 208 y 209 : Vol. 24. - págs. 361-362. - ISSN 0211-1136.

Pirret Richard

Proactive calibration helpsdrive productivity higher [Libro]. - Everett, WA USA : [s.n.], 1999.

Rey Sacristán Francisco

Hacia la excelencia en Mantenimiento [Libro] = Hacia la excelencia en MANTENIMIENTO / ed. Tgp Hoshin S.L.. - Madrid : Tgp Hoshin, S.L., 1996. - pág. 411. - ISBN 84-87022-21-9.

Rey Sacristán Francisco

TPM - Mantenimiento Total de la Producción [Libro] = TPM - Mantenimiento Total de la Producción / ed. Confemetal Fundación. - Madrid : Fundación Confemetal, 2003. - pág. 311. - 9788495428493.

Ruiz de Rada Vidal

Análisis de datos de encuestas. Desarrollo de una investigación completa utilizando SPSS [Libro]. - Barcelona : Editorial UOC, 2009. - Vol. 1. - ISBN 978-84-9788-832-S.

Smith K

Modern concepts and methods in maintenance [Libro]. - USA : [s.n.], 1998.

Suzuki Tokutaro

Vision general del TPM en las industrias de proceso [Sección del libro] // TPM en industrias de proceso. - [s.l.] : Taylor and Francis, 1996. - Vol. I. - 8487022189.

Tajiri Masaji y Fumio Gotoh

Autonomous Maintenance in seven steps: Implementing TPM on the shop floor. [Libro]. - 1999.

Tamayo Mario

El proceso de la investigación científica [Libro]. - Mexico : Editorial Limusa, 2003. - 4a ed : Vol. I. - ISBN-968-18-5872-7.

Thorndike L. Robert and Hagen Elizabeth

Measurement and evaluation in Psychology and Education [Book]. - New York : John Wiley & Sons, 1969. - Vol. 3rd ed.

Tsuchiya Seiji

Mantenimiento de Calidad: Cero Defectos a través de la gestión del equipo [Libro] = Mantenimiento de Calidad. - USA : Productivity Press Inc, 1995. - págs. 2 - 4. - ISBN 8487022162, ISBN - 13 9788487022166.

Wakefield Colin

Quality assurance in maintenance - En: The South African Mechanical Engineer. [Libro]. - USA : [s.n.], 1985. - Vol. Vol 35 : pág. 68.

Willmott Peter y McCarthy Dennis

TPM a route to world class performance [Libro]. - Oxford : Butterworth & Heinemann, 2001. - Vol. I. - 0-7506-4447-8.

Yamashina Hajime

Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance TPM - Journal of Quality in Maintenance Engineering [Libro] = Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance TPM. - West Yorkshire : [s.n.], 1995. - Vol. Volumen 1 : Número 1. - ISSN: 1355-2511.

10.2 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS TOMADAS DE INTERNET

Amendola Luis José

www.mantenimientomundial.com. [En línea]. - 2002. - 12 de 03 de 2009.

Diagnetics@

What is Proactive Maintenance? [En línea]. - 1998.. -
<http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/OilAnalysis/oa-what.htm>.

Fitch@ Jim

Proactive Maintenance's Unruly Cousin - Machinery Lubrication Magazine [En
línea]. - 2002. -
http://www.machinerylubrication.com/article_detail.asp?articleid=335&relatedbookgroup=ContaminationControl.

Guide Whole Building Design

National Institute of Building Sciences (NIBS [En línea]. - 37 de 01 de 2009. - 12 de
03 de 2009. - <http://www.wbdg.org/resources/rcm.php?r=om>.

Idcon@

IDCON Inc. USA [En línea] = Mantenimiento orientado por resultados // IDCON -
Rayleigh - North Caroline - USA / prod. Philosophy IDCON - Approach &. - 2000. -
20 de Diciembre de 2008. - <http://www.idcon.com/article-prevopti.htm>. -
<http://www.idcon.com/IDCON-Corp-Broch.pdf>.

Ingalls Preston

TPM online [En línea]. - 2009 de 03 de 13 March. - 2009 de 03 de 16. - http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/newpracticesSpanish.htm.

Nakajima5S@

Total Productive Maintenance [En línea]. - Alexander Witt - Dietrich Kuss - Florenz Lammert - Michael J. Garbade - Alexander Reinbold - Gruppe Nakajima III, 2005. - http://iswww.bwl.uni-mannheim.de/Lehre/veranstaltungen/pm/Uebung/Nakajima_III_TPM.

PilaresTPM@

Action Group [En línea] = Los Pilares del TPM (Una estrategia de implementación Lean) // Mejora Continua + RRHH + Desarrollo Organizacional. - Action Group, 2006. - 18 de Diciembre de 2008. - http://www.actiongroup.com.ar/implementar_tpm.htm.

Piotrowski@ John

Why Shaft Misalignment Continues to Befuddle and Undermine Even the Best CBM and Pro-Active Maintenance Programs [En línea]. - 2001. - <http://www.turvac.com/>.

Portafolio

Portafolio [En línea]. - 16 de Febrero de 2009. - 17 de Marzo de 2009. - <http://www.portafolio.com.co>.

Rath@ Ron - Moore, Ron

Ingeniería y gestión del mantenimiento - Fiabilidad, Mantenibilidad y Mantenimiento Proactivo [En línea] = La combinación del TPM y del RCM // La

combinación del TPM y del RCM / ed. Dialnet. - Dialnet - Universidad de la Rioja - España, Julio Agosto de 1999. - 18 de Diciembre de 2008. - www.alcion.es/Download/ArticulosPDF/gai/gratis/04articulo.pdf . - ISSN: 1695-3754.

Real Academia@ Española

Real Academia Española [En línea]. - 29 de Enero de 2010. - 07 de Marzo de 2009. - http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=tactica.

Rius@ Johan

[En línea]. - 15 de 08 de 2006. - 18 de Marzo de 2009. - <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/Articulo.asp?A=14763>.

Sainz Juan Carlos

Solo Mantenimiento [En línea] // Portal de empresas, servicios y suministros. Manuales, libros y foro técnico. Empresas de España y países latinos.. - 27 de 03 de 2008. - 12 de 03 de 2009. - http://www.solomantenimiento.com/m_confiabilidad_crm.htm.

TPM Especialistas en equipo pesado

TPM Especialistas en equipo pesado - Nuestros servicios [En línea] // TPM Especialistas en equipo pesado. - 2009. - 08 de Mayo de 2010. - http://www.tpm.com.bo/nuestros_servicios.php.

TU@ Tooling University

<http://www.toolingu.com/> [En línea]. - 2008. - 14 de 03 de 2009. - <http://www.toolingu.com/>.

Turner Steve

PM Optmization [En línea] // PM Optmization website. - CORE,Inc., 2009. - 08 de 05 de 2010. - <http://www.pmoptimization.com/>.

University Tooling

<http://www.toolingu.com/definition-901120-33719-mantenimiento-reactivo.html> [En línea]. - 2008. - 14 de 03 de 2009.

11 APENDICE

Datos personas encuestadas.

	Nombre	Empresa	Correo	Telefono	Ciudad	Pais
1	Jairo Ortiz	Shell Colombia	ortizjairo1@yahoo.com	3017355232	Medellin	Colombia
2	Mario Alberto Gallo	Isagen S.A	mariogallo21@yahoo.com	Sin informacion	Medellin	Colombia
3	Cesar Calao	Monomeros Colombo-Venezolano	cesarcalao@hotmail.com	301 3656752	Barranquilla	Colombia
4	Rafael Pinedo	Cerromatoso S.A	rafael.d.pinedo@bhpbilliton.com	3157060458	Montelibano	Colombia
5	Hederson Pava	Carbones del Cerrejon	hederson.pava@cerrejoncoal.com	310 3538350	Albania	Colombia
6	Juan David Caro	Quarrico Pty	juandavid.caro@gmail.com	3006098281		Australia
7	Carlos A Cuello	Marval	carlosacuello@hotmail.com	315 8690628	Medellin	Colombia
8	David Velandia	Carbones del Cerrejon	david.velandia@cerrejoncoal.com	316 7436744	Albania	Colombia
9	Flor Emilse Garcia	Colcafe	fgarcia@colcafe.com.co	Sin informacion	Medellin	Colombia
10	Yovan Sepulveda	Cerromatoso S.A	yovan.p.sepulveda@bhpbilliton.com	3007822655	Montelibano	Colombia
11	Andres F Vargas	Terpel	andres.vargas@terpel.com	3162974692	Medellin	Colombia
12	Jose Bechara	Cerromatoso S.A	jose.u.bechara@bhpbilliton.com	3164528817	Montelibano	Colombia
13	Luis A Mora	Sin Informacion	lmora@eafit.edu.co	3122874586	Medellin	Colombia
14	Rogelio Cardenas	Noel	rdjcardena@noel.com.co	3168554675	Medellin	Colombia
15	Oriando Perez	Acesco	operezcorrales@gmail.com	315 8980551	Barranquilla	Colombia
16	Luis Martinez	Cimelco Ltda	lualmav@hotmail.com	318 4900868	Barranquilla	Colombia
17	Oscar Emilio Plaza	Universidad EAFIT	oplazasi@eafit.edu.co	3015292990	Medellin	Colombia
18	Luis Bonet	Gelco S.A	bonetting@yahoo.es	301 2416339	Barranquilla	Colombia
19	Mauricio de la Hoz	SAB Miller	mauricio.delahoz@bav.sabmiller.com	301 5011990	Barranquilla	Colombia
20	Jose M Uparela	Wood group Colombia	joseuparela@gmail.com	3004913405	Medellin	Colombia
21	Pablo A Romero	Argos	pabloaromerol@gmail.com	300 2120195	Barranquilla	Colombia
22	Ignacio Munoz	SKF	munoz.ignacio@gmail.com	300 6775030	Medellin	Colombia
23	Jaime A Londono	Fabrica de Licores de Antioquia	jlondo47@eafit.edu.co	Sin informacion	Medellin	Colombia
24	Ricardo Castro	Andes International Tooling	rblue45@hotmail.com	Sin informacion	Medellin	Colombia
25	Luis Fernando Mira	Coldeplast Ltda	lmira@coldeplast.com.co	370 00 34	Medellin	Colombia
26	Jorge Villareal	Carbones del Cerrejon	jorge.villareal@cerrejoncoal.com	3505474	Albania	Colombia
27	Francisco Diaz	Carbones del Cerrejon	francisco.diaz@cerrejoncoal.com	3505967	Albania	Colombia
28	Miled Chicre	Chaneme Comercial	miledch@hotmail.com	3174397218	Albania	Colombia
29	Julio Ariza Frayle	Carbones del Cerrejon	julio.ariza@cerrejoncoal.com	3103566104	Albania	Colombia
30	Ernesto Villa	Chaneme Comercial	evilla@chanememinas.com	3157773155	Albania	Colombia
31	Fabian Marquez	Chaneme Comercial	fmarquez@chanememinas.com	3185684259	Albania	Colombia
32	Oscar Julian Valencia	Colcafe	oivalencia@colcafe.com.co	312 807 90 26	Medellin	Colombia
33	Mauricio Enrico Palacio	Metro de Medellin	mpalacio@metrodedemedellin.gov.co	4548988	Medellin	Colombia
34	Cristian David Jimenez	FABPCO S.A.S	fabpco@gmail.com	3145959926	Montelibano	Colombia
35	Esteban Builes	Cerromatoso S.A	esteban.u.builes@bhpbilliton.com	7723916	Montelibano	Colombia
36	Mercedes Parra	Constructora JC	mercedes.a.parra@bhpbilliton.com	7723696	Montelibano	Colombia
37	Luis C Jimenez	Cerromatoso S.A	luis.p.jimenez@bhpbilliton.com	7723774	Montelibano	Colombia
38	Rivelino Tuiran	Cerromatoso S.A	rtuiran@cmatoso.com	77473211	Montelibano	Colombia
39	Fredy Luna	Cerromatoso S.A	Freddie.t.luna@bhpbilliton.com	Sin informacion	Montelibano	Colombia
40	Jose G Hurtado	Morelco	josehurtado@morelco-sa.com	3166904818	Sin informacion	Colombia
41	Marco Hernandez	Cerromatoso S.A	marco.b.hernandez@bhpbilliton.com	3157399566	Montelibano	Colombia
42	Luis G Ramirez	Cerromatoso S.A	Luis.v.ramirez@bhpbilliton.com	7723664	Montelibano	Colombia
43	Ernesto Erazo	Cerromatoso S.A	Ernesto.R.Erazo@bhpbilliton.com	7723622	Montelibano	Colombia
44	Uriel Diaz	Cerromatoso S.A	udiaz@hotmail.com	3147341180	Montelibano	Colombia
45	Ivan Pupo	Cerromatoso S.A	ivan.m.pupo@bhpbilliton.com	3157060464	Montelibano	Colombia
46	Hans Bartel	Ismocol de Colombia S.A		Sin informacion	Sin informacion	Colombia
47	Andres A Gulfo	Ismocol de Colombia S.A	andresgulfo@hotmail.com	3188176712	Sin informacion	Colombia
48	Julian Cano	Siemens	julian_a.cano@siemens.com	4253626	Albania	Colombia
49	Andres Arredondo	Procter & Gamble Colombia	arredondoandres@aol.com	3006113984	Medellin	Colombia
50	Francisco Rivas	Sumicol - Corona	frivas@corona.com.co	3058209	Sabaneta	Colombia

51	Juan David Echeverria	Sumicol - Corona	jdecheve@corona.com.co	Sin informacion	Sabaneta	Colombia
52	Juan David Perez	Sumicol - Corona	jdperéz@corona.com.co	3058348	Sabaneta	Colombia
53	Juan David Rivas	Sumicol - Corona	jdriwas@corona.com.co	3058200	Sabaneta	Colombia
54	Hernando Nieto	Acesco	hnieto@acesco.com	3106538934	Barranquilla	Colombia
55	Wulfran Navarro	Acesco	wnavarro@acesco.com	3718100-221	Barranquilla	Colombia
56	Victor Mejia	Gecolsa	victor_mejia@gecols.com.co	95 3361200	Barranquilla	Colombia
57	Ricardo Mejia	Cerromatoso S.A	ricardo.b.mejia@bhpbilliton.com	3157060474	Montelibano	Colombia
58	Oscar Jose Lozano	Colanta Ltda	ojoloar@msn.com	3014676322	Planeta Rica	Colombia
59	Julio Cesar Betancourt	Auteco	jbetancur@auteco.com.co	3068181 EXT: 8369	Itagui	Colombia
60	Augusto Gallardo	Acesco	agallardo@acesco.com	5-3718100	Barranquilla	Colombia
61	Juan Ignacio Gutierrez	Andercol S.A	jigutierrez@andercol.com.co	4700700	Medellin	Colombia
62	Fredy Torres	Colauto	torresf7@hotmail.com	3116001865	Itagui	Colombia
63	Javier Echeverri	Chaneme Comercial	jecheverri@chanememinas.com	320211777	Albania	Colombia
64	Edwin Schroeder	Carbones del Cerrejon	erwin.schroeder@cerrejoncoal.com	3505679	Albania	Colombia
65	Jose Lugo	Hitachi	jlugo@hitachitruck.com	7775078	Albania	Colombia
66	Oscar Torres	Carbones del Cerrejon	oscar.torres@cerrejoncoal.com	3505678	Albania	Colombia
67	Juan Schettinni	Carbones del Cerrejon	Juan.Schettinni@cerrejoncoal.com	3505598	Albania	Colombia
68	Ricardo Montoya	Chaneme Comercial	rmontoya@chanememinas.com	7775094	Albania	Colombia
69	Ronnie Monroy	Siemens	ronnie.monroy@gmail.com	4253626	Albania	Colombia
70	Jhon McGloan	Hitachi	JMacGloan@hitachitruck.com	7775078	Albania	Colombia
71	Gabriel Escobar	Carbones del Cerrejon	Gabriel.Escobar@cerrejoncoal.com	3505236	Albania	Colombia
72	Leonardo Salcedo	Carbones del Cerrejon	leonardo.salcedo@cerrejoncoal.com	3505856	Albania	Colombia
73	Eduardo Nieto	Carbones del Cerrejon	eduardo.nieto@cerrejoncoal.com	3505233	Albania	Colombia
74	William Gonzalez	Drummond Ltda	WGonzalez@drummondLtd.com	3165224727	Albania	Colombia
75	Alfredo Beltran	Siemens	alfredo.beltran@siemens.com	4253626	Albania	Colombia
76	Karen Gonzalez	Chaneme Comercial	kgonzalez@chanememinas.com	7775094	Albania	Colombia
77	Fernando Sanabria	Chaneme Comercial	Fsanabria@chanememinas.com	7775094	Albania	Colombia
78	Carmen Jimenez	FABPCO S.A.S	fabpco@gmail.com	3145959922	Montelibano	Colombia
79	Sergio Petro	Carbones del Cerrejon	sergio.petro@cerrejoncoal.com	3157347827	Albania	Colombia
80	Gabriel Correa	Carbones del Cerrejon	gabriel.correa@cerrejoncoal.com	3157791382	Albania	Colombia
81	Carlos Montenegro	Chaneme Comercial	cmontenegro@chanemecomercial.com	3344994	Albania	Colombia
82	David Valencia	Gases de Antioquia	dvalencia333@yahoo.es	3002203674	Albania	Colombia
83	Julian Eslait	BHP BILLITON	julian.eslait@cerrejoncoal.com	3505077	Albania	Colombia
84	Ramon Palomino	Chaneme Comercial	rpalomino@chanememinas.com	7775078	Albania	Colombia
85	Etelvina Villa	Serviparamo	etevilla@hotmail.com	3116820003	Albania	Colombia
86	Juan Carlos Posada	Carbones del Cerrejon	juancarlos_posada@yahoo.com	3505848	Albania	Colombia
87	Sally Manga	BHP BILLITON	Sally.manga@cerrejoncoal.com	3506783	Albania	Colombia
88	Carolina Barrios	Carbones del Cerrejon	carolina.barrios@cerrejoncoal.com	3505478	Albania	Colombia
89	Josue Rodriguez	Chaneme Comercial	jrodriguez@chanememinas.com	7774694	Albania	Colombia
90	Francisco Escobar	Alico S.A	fescobar@alico-sa.com	2854413	Medellin	Colombia
91	Juan Esteban Ospina Berrio	Sumicol - Corona	jeospinab@corona.com.co	3058355	Sabaneta	Colombia
92	Daniela Lara Escobar	Nacional de Chocolates	practicamentenimient@chocolates.com.co	5655331	Rionegro	Colombia
93	Juan Rios	Chaneme Comercial	jsriosb@hotmail.com	2308464	Medellin	Colombia
94	Edinson Echavarria	Cerromatoso S.A	Edison.A.Echavarria@bhpbilliton.com	Sin informacion	Montelibano	Colombia
95	Jair Romero	Industrias plasticas del caribe S.A	pmantto@ipcaribe.com	3473555 Ext 124	Barranquilla	Colombia
96	Carolina Ossa	Nacional de Chocolates	cossa@chocolates.com.co	Sin informacion	Rionegro	Colombia
97	Gabriel Arango	SOFASA S.A	garango@sofasa.com.co	2760022 ext 9929	Envigado	Colombia