

**MODELO GERENCIAL PARA LA DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO
TECNOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BASADO EN CONFIABILIDAD**

EVER FRAUTER BUENO CASTELLANOS
CARLOS AUGUSTO VERA ARCINIEGAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2010

**MODELO GERENCIAL PARA LA DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO
TECNOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BASADO EN CONFIABILIDAD**

EVER FRAUTER BUENO CASTELLANOS
CARLOS AUGUSTO VERA ARCINIEGAS

Monografía de grado presentada como requisito para el optar el Título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: José Alejandro Amaya Palacio
MIE en Ingeniería UIS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2010

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

La División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander, por la oportunidad brindada para la elaboración de este proyecto.

Al Ingeniero José Alejandro Amaya Palacio, Director de la División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander y director de este proyecto.

Al cuerpo docente de la Especialización en Gerencia de Mantenimiento, por el conocimiento transmitido.

DEDICATORIA

A DIOS todo poderoso que a través de mis padres Ernesto Bueno y Myriam Castellanos me bendice para seguir creciendo como persona.

A mis hermanos un saludo fraterno.

Ever Frauter Bueno Castellanos

DEDICATORIA

A Dios y a mis padres Álvaro Vera Pedraza y a mi madre Mercedes Arciniegas de Vera, quienes son mi ejemplo de vida.

Carlos Augusto Vera Arciniegas

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO	2
1.1 LOCALIZACIÓN	2
1.2 RESEÑA HISTÓRICA	2
1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	5
1.4 SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	6
1.5 SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	10
1.6 SUBPROCESOS.	12
1.6.1 Subproceso de mantenimiento correctivo	13
1.6.2 Subproceso de mantenimiento preventivo	13
1.6.3 Subproceso de metrología	14
1.7 PROCEDIMIENTOS.	14
1.8 INDICADORES.	14
2. MANTENIMIENTO Y MODELOS GERENCIALES	17
2.1 MANTENIMIENTO	17
2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO.	18
2.2.1 Mantenimiento Correctivo	18
2.2.2 Mantenimiento Preventivo	19
2.2.3 Mantenimiento Predictivo	19
2.3 ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	21
2.3.1 T.P.M. (Mantenimiento Productivo Total)	21
2.3.2 R.C.M. (Mantenimiento centrado en confiabilidad)	23
2.3.3 Mantenimiento Combinado TPM – RCM	29

2.3.4	Mantenimiento Proactivos	30
2.3.5	Mantenimiento Reactivo	32
2.3.6	Mantenimiento orientado a resultados.	32
2.3.7	Mantenimiento de clase mundial World Class Maintenance – WCM	33
2.3.8	Mantenimiento Centrado en habilidades y competencias	36
2.4	ANÁLISIS DE EQUIPOS CRÍTICOS	38
2.4.1	Método de los Coeficientes de ponderación	39
2.4.2	Modelo de criticidad de factores ponderados basado en el concepto	42
2.5	ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD Y MANTENIBILIDAD (C.M.D.)	46
2.5.1	Disponibilidad	51
2.5.2	Opciones de Disponibilidad	51
2.5.3	La Confiabilidad	52
2.5.4	Mantenibilidad – Reparaciones	54
3.	MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	57
3.1	PREPARACIÓN	58
3.1.1	Liderazgo y entrenamiento de la administración	58
3.1.2	Recursos humanos y financieros	58
3.2	IMPLANTACIÓN	59
3.2.1	Análisis de criticidad	59
3.2.2	Pasos para efectuar el análisis de criticidad	62
3.2.3	Selección de equipos para la aplicación de la metodología de criticidad.	62
3.2.4	Generación del listado de equipos a analizar dentro del estudio de criticidad.	63
3.2.5	Selección del grupo de trabajo.	64
3.2.6	Socialización de alcances, objetivos y metodología con el proceso correspondiente.	65
3.2.7	Aplicación de herramientas	66

3.2.8 Pasos para la revisión RCM	73
3.2.9 Funciones	73
3.2.10 Fallas funcionales	74
3.2.11 Análisis de modo de falla y efectos	74
3.2.12 Modos de falla	75
3.2.13 Efectos de falla	75
3.2.14 Planes de mantenimiento	76
3.2.15 ISO 9001 y RCM	78
3.3 Estabilización	79
3.3.1 Indicadores de gestión y auditoría	79
3.3.2 Modelo sostenible	80
4. EJEMPLO DE APLICACIÓN PARA EL PROCESO DE BIENESTAR ESTUDIANTIL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	81
4.1 SELECCIÓN DEL GRUPO NATURAL DE TRABAJO	81
4.2 DETERMINACIÓN DE EQUIPOS DE MAYOR IMPACTO	83
4.3 ENCUESTA DE ANALISIS DE CRITICIDAD	84
4.4 TABULACIÓN DE LA INFORMACIÓN	86
4.5 CALCULO DE LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS	87
4.6 JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS SEGÚN CRITICIDAD	87
4.7 REVISIÓN RCM A EQUIPOS DE MAYOR CRITICIDAD	88
4.8 DISTRIBUCIÓN DE CONFIABILIDAD SOBRE PLANIMETRIA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	91
5. ALCANCES DEL MODELO GERENCIAL	92
5.1 QUE LOGRA EL MODELO PROPUESTO	92
5.1.1 Mayor seguridad e integridad ambiental	93
5.1.2 Mejor funcionamiento operacional	94
5.1.3 Mayor costo eficacia del mantenimiento	94
5.1.4 Mayor vida útil de componentes costosos	96

5.1.5	Una base de datos global	96
5.1.6	Mayor motivación del personal	96
5.1.7	Mejor trabajo de equipo	97
	CONCLUSIONES	98
	BIBLIOGRAFÍA	100
	ANEXOS	

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Plano del campus principal de la Universidad Industrial de Santander.	3
Ilustración 2. Organigrama de la División de Mantenimiento Tecnológico.	5
Ilustración 3. Evolución del mantenimiento preventivo de equipos. (Comparativo correctivo – preventivo: 2007, 2008, 2009)	9
Ilustración 4. Mapa de procesos del Sistema de Gestión de Calidad UIS.	12
Ilustración 5. Subprocesos de Recursos Tecnológicos.....	13
Ilustración 6. Indicadores del proceso Recursos Tecnológicos.....	15
Ilustración 7. Beneficios del mantenimiento centrado en confiabilidad.	26
Ilustración 8. Matriz General de Criticidad.	44
Ilustración 9. Ejemplo de Matriz general de criticidad.	46
Ilustración 10. Equilibrio de disponibilidad	48
Ilustración 11. Tiempos de fallas, de funcionamiento y demás que impiden la funcionalidad o no del sistema o equipo.	49
Ilustración 12. Modelo Gerencial Propuesto.	57
Ilustración 13. Representación de equipos críticos.....	60
Ilustración 14. Representación de las macro etapas de la propuesta.....	61
Ilustración 15. Hoja de información RCM.....	77
Ilustración 16. Hoja de decisión RCM.....	78
Ilustración 17. ISO 9001 y RCM.....	78
Ilustración 18. Conformación del grupo natural de trabajo.....	82
Ilustración 19. Grupo de trabajo para la sección de comedores del proceso de apoyo: Bienestar Estudiantil UIS.....	82
Ilustración 20. Equipos de mayor impacto en la sección de comedores del proceso de apoyo: Bienestar Estudiantil UIS.....	83

Ilustración 21. Encuesta para análisis de criticidad realizada por el jefe del servicio de comedores.	85
Ilustración 22. Tabulación de resultados derivados de la encuesta de criticidad para las estufas a gas y el horno de cadena.	86
Ilustración 23. Cálculo de criticidad para los equipos de mayor impacto de la sección de comedores del proceso Bienestar estudiantil.	87
Ilustración 24. Lista de equipos de alto impacto vs lista de equipos jerarquizados según su nivel de criticidad.	88
Ilustración 25. Hoja de información equipo montacargas.	89
Ilustración 26. Hoja de decisión equipo montacargas.	90
Ilustración 27. Fotografía del campus principal y ubicación del proceso Bienestar Estudiantil con los equipos críticos de la sección de comedores UIS.	91

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Plan anual de mantenimiento preventivo de equipos 2009.....	8
Tabla 2. Aplicación de criterio de coeficiente de ponderación	41
Tabla 3. Factores ponderados a ser evaluados.....	43
Tabla 4 Ejemplo de registro de listado de equipos para análisis de criticidad clasificados por Unidad Académico Administrativa.....	64
Tabla 5. Formato de encuesta para el análisis de criticidad	67
Tabla 6. Ponderación de factores para el análisis de criticidad	69
Tabla 7. Ejemplo de arreglo para la determinación de puntajes de parámetros por encuesta. (Respuestas asignadas por un miembro del grupo de trabajo para un equipo asignado).	70
Tabla 8. Ejemplo de puntajes finales después del cálculo de la media aritmética de los puntajes individuales para un equipo asignado.....	71
Tabla 9. Ejemplo de resultado de análisis de criticidad por Unidad Académico Administrativa.	72

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A.....	102
ANEXO B.....	109
ANEXO C.....	113

RESUMEN

TITULO: MODELO GERENCIAL PARA LA DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER BASADO EN CONFIABILIDAD¹

AUTOR(ES): EVER FRAUTER BUENO CASTELLANOS, CARLOS AUGUSTO VERA ARCINIEGAS²

PALABRAS CLAVES: *RCM, confiabilidad, criticidad, modelo de gestión, método de factores ponderados.*

DESCRIPCIÓN:

Este trabajo presenta una propuesta para la aplicación de la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad, RCM por sus siglas en ingles, en la División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander enfocado como modelo para gestionar los recursos destinados al mantenimiento de los equipos que prestan servicios en los procesos misionales y de apoyo, de manera que sigan cumpliendo las funciones para las cuales fueron adquiridos, se eleve el estándar de calidad de servicio a los beneficiarios, aumente el tiempo medio entre fallas, se disminuyan los costos operacionales de la función mantenimiento y se apoyen los procesos encaminados a la preservación de la seguridad y el medio ambiente.

Esto implica la determinación de los equipos críticos a los cuales se le aplicará la metodología con base en el trabajo conjunto entre la División de Mantenimiento Tecnológico y las Unidades académico-administrativas dueñas de los activos físicos, utilizando el método de factores ponderados.

De igual forma la aplicación permitirá determinar la cantidad mínima de tareas que deben ser hechas para preservar las funciones de los activos y consolidar mayor control sobre proveedores de servicio a la hora de la contratación externa de actividades de mantenimiento.

El documento proporciona una síntesis conceptual práctica sobre los tipos de mantenimiento y modelos gerenciales actuales para abordar la gestión del mantenimiento. Se recopila información real del proceso y se hace uso de información directa de especialistas.

¹ Monografía

² Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en gerencia de Mantenimiento, Director: José Alejandro Amaya Palacio, Magister en Ingeniería Electrónica.

SUMMARY

TITLE: MODEL MANAGEMENT FOR THE TECHNOLOGICAL MAINTENANCE DEPARTMENT OF UNIVERSITY INDUSTRIAL OF SANTANDER BASED RELIABILITY³

AUTHOR(S): EVER FRAUTER BUENO CASTELLANOS, CARLOS AUGUSTO VERA ARCINIEGAS⁴

KEY WORDS: RCM, reliability, criticality, management model, method of weighted factors.

DESCRIPTION:

This paper presents a proposal for the implementation of the methodology of reliability-centered maintenance, RCM by its initials in English, Division of Maintenance Technology Industrial University of Santander focused as a model for managing resources for maintenance of equipment serving in the mission statements and support so they continue to meet the tasks for which they were acquired, to raise the quality standard of service to beneficiaries, increase the average time between failures, operational costs will diminish the role maintenance and support processes aimed at preserving the safety and the environment.

This involves the identification of critical equipment to which the methodology will be applied based on joint work between the Maintenance Division of Technology and the academic and administrative units that own the physical assets, based on the methods: weighted factors or coefficients weighting.

Likewise, the application will determine the minimum number of tasks that must be done to preserve the functions of assets and consolidate more control over service providers when outsourcing maintenance activities.

The paper provides a conceptual synthesis procedures regarding the types of maintenance and management models to address current maintenance management. Actual information is collected in the process and makes use of direct information specialists.

³ Monograph

⁴ School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization.
MANAGER: José Alejandro Amaya Palacio, Master in Electronic Engineering.

INTRODUCCIÓN

Esta monografía propone un modelo gerencial de mantenimiento basado en confiabilidad utilizando la metodología RCM, para la División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander, que es la unidad administrativa encargada de suministrar los servicios de mantenimiento al campus central y a las demás sedes con que cuenta la universidad.

En este documento se describe el estado actual de la División de Mantenimiento Tecnológico, se documenta la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad y se desarrolla la propuesta del modelo gerencial que busca mejorar la calidad, la confiabilidad, disponibilidad, y la efectividad del servicio de mantenimiento prestado por esta unidad administrativa, a su vez deja ver que una adecuada implementación traería un ahorro entre el 40 y el 70% en trabajos rutinarios y costos, además de aumento en la seguridad e integridad ambiental.

La implementación de esta metodología le permitirá a la universidad obtener una clasificación de todos sus equipos según su criticidad, una documentación completa de sus funciones, sus fallas funcionales, modos de falla y efectos de la falla, programas de mantenimiento para cada equipo, procedimientos de operación y una lista de cambios que se deben hacer de requerirse al diseño de los activos.

1. DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO

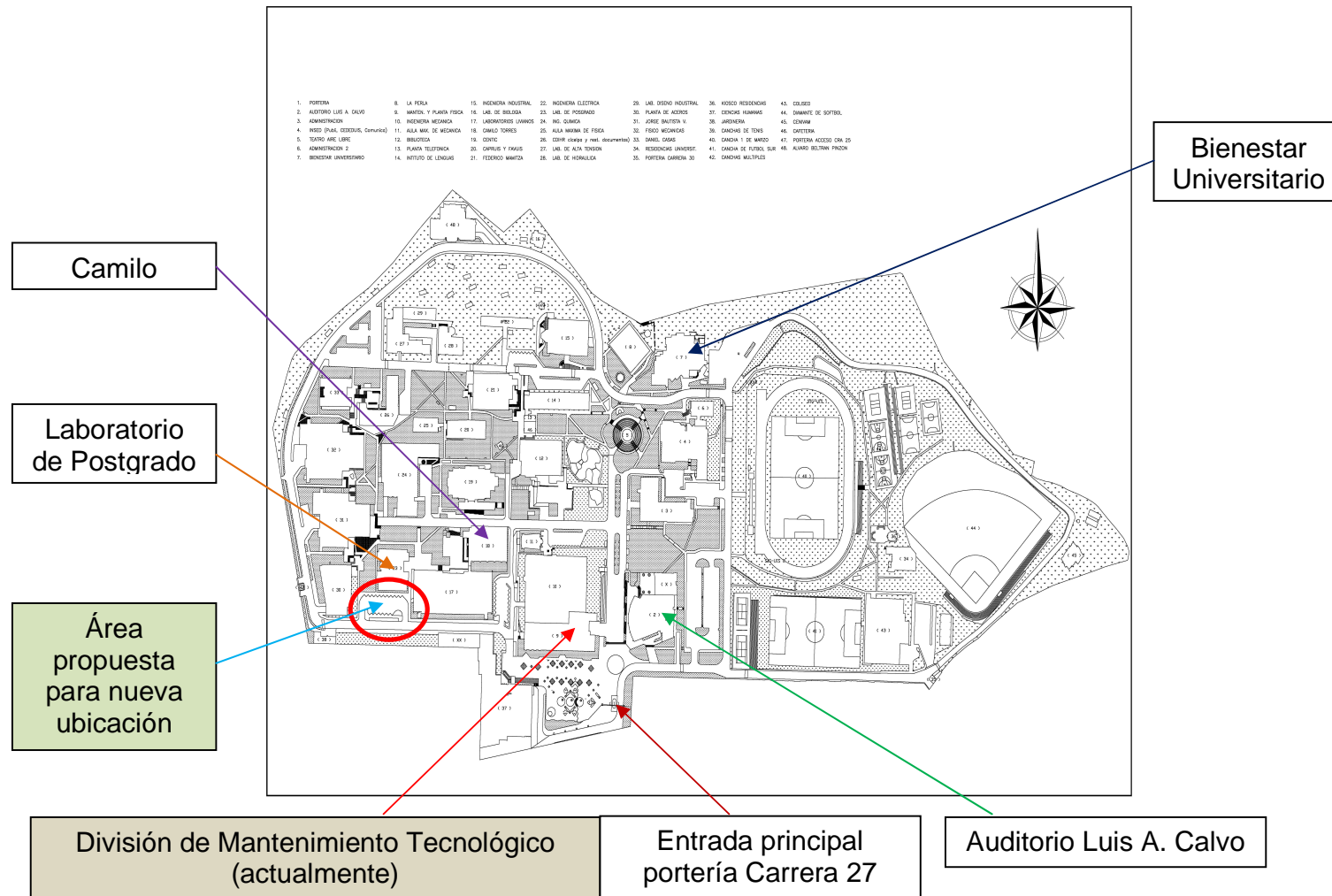
1.1 LOCALIZACIÓN

La División de Mantenimiento tecnológico está ubicada en el campus principal de la Universidad Industrial de Santander en la carrera 27 con calle 9. En el momento de redactar este libro se encuentra ubicada frente al auditorio Luis A. Calvo, al lado sur de las instalaciones del banco Santander. Existe en la actualidad un proyecto liderado por la vicerrectoría administrativa para la construcción de una edificación que albergue tanto la División de Mantenimiento Tecnológico como la División de Planta Física en una nueva área dentro del campus principal.

1.2 RESEÑA HISTÓRICA

La División de Mantenimiento Tecnológico comienza sus labores en Septiembre de 1972 como Sección de Materiales y Equipos adscrita al Departamento de Servicios Generales aprobado por acuerdo No 161 del Consejo Directivo de la Universidad; con el fin de reparar y reconstruir los equipos y maquinaria de las dependencias de la Universidad. Entre los años de 1973 y 1974 mediante un programa del Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior ICFES, ingresa una gran cantidad de equipos a la Universidad procedentes de la República Democrática de Alemania, coordinado la Sección de Materiales y Equipos, pero se presenta la necesidad de ampliar el campo de sus funciones y servicios y con la llegada del Plan de Desarrollo UIS-BID se hace tales requerimientos aún más complejas por lo que se debe reestructurar la Sección, además se comienza a conceptualizar técnicamente la adquisición de nuevos

Ilustración 1. Plano del campus principal de la Universidad Industrial de Santander.



Fuente: División de Mantenimiento Tecnológico

equipos; y posteriormente cambia su nombre por el de Centro de Laboratorios y Equipos dependiendo de la División de Servicios Universitarios en el año de 1975.

En 1980 para dar cumplimiento a la Ley 80 de 1980, sobre reestructuración de Universidades y por acuerdo No. 53 de 1982 emanada del Consejo Superior, cambia de nombre nuevamente por el de Sección de Mantenimiento y Montaje de Equipos⁵ con las mismas funciones adscrita a la División de Servicios Universitarios.

En 1990, dentro del marco de modificación de la estructura académica y administrativa de la Universidad y por acuerdo No. 46 de 1990 del Consejo Superior, la Sección de Mantenimiento y Montajes de Equipos quedó como dependencia de la División de Servicios Generales realizando las mismas actividades técnicas y administrativas.

Después y por resolución 794 de la Rectoría de la Universidad y el acuerdo No. 0517 de 1994 del Consejo Superior, la Sección cambia de nuevo el nombre quedando como División de Mantenimiento Tecnológico, dependiendo de la Vicerrectoría Administrativa con nuevas funciones en cuanto a la responsabilidad sobre la Planta telefónica digital y su nuevo personal de soporte hasta el momento.

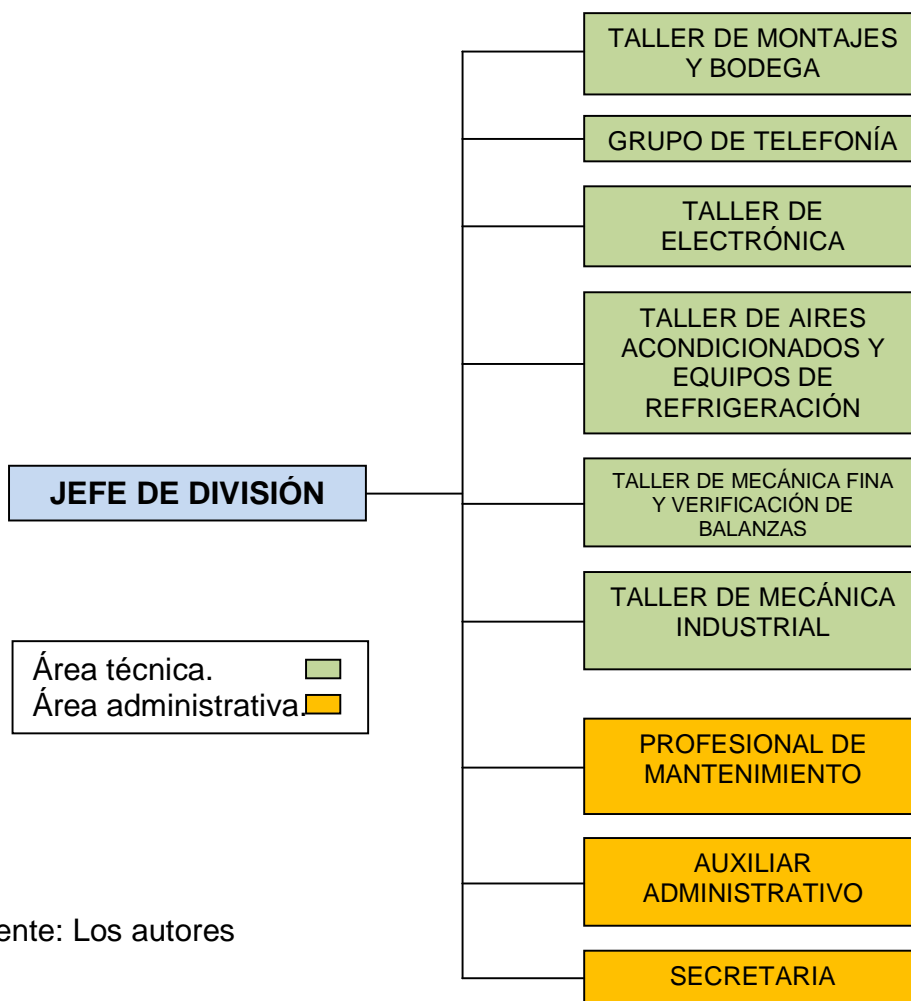
Actualmente la División de Mantenimiento Tecnológico cumple gran parte con las funciones con el fin de contribuir en el mantenimiento y la conservación de la gran mayoría de los equipos y máquinas de los laboratorios y la asesoría técnica de compra de equipos.

⁵CONSEJO SUPERIOR. Acuerdo 53. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 1982.

1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Para el cumplimiento de los compromisos institucionales la División de Mantenimiento Tecnológico cuenta con una estructura organizacional compuesta por un jefe de División, un profesional de mantenimiento, una secretaria y un auxiliar administrativo. Asimismo se cuenta con los siguientes talleres: electrónica, aires acondicionados y refrigeración, mecánica industrial, mecánica fina y verificación de balanzas, montajes y grupo de telefonía para atender los requerimientos de servicio para la red de telefonía IP de la universidad.

Ilustración 2. Organigrama de la División de Mantenimiento Tecnológico.



Fuente: Los autores

- **Jefe de la División.** Es el que lidera la planeación, la organización y el control de las actividades para la gestión del mantenimiento de la División.
- **Profesional de Mantenimiento.** Es el encargado de la programación del mantenimiento preventivo de equipos, desarrollo del sistema de gestión de calidad, y apoyo a los procesos de gestión de la División.
- **Secretaria y auxiliar administrativo:** Son las persona encargadas de diligenciar los actos administrativos de la División.
- **Los Talleres.** Aquí participan el personal técnico en la actividad de mantenimiento correctivo y preventivo para los equipos de infraestructura de la universidad y en actividades de control metrológico para equipos de seguimiento y medición.

1.4 SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

La División de Mantenimiento Tecnológico es una dependencia que pertenece a la Vicerrectoría Administrativa de la Universidad Industrial de Santander, creada con el propósito fundamental de organizar el mantenimiento de los equipos y maquinaria y así contribuir con el buen funcionamiento de los mismos para cada una de las dependencias que presta servicio en los procesos de la universidad.

Las actividades están orientadas hacia el mantenimiento correctivo, se trabaja bajo solicitudes de servicio reportadas por las UAA (Unidades Académicas-Administrativas) en el SIMAT (Sistema de Información de Mantenimiento) y son atendidas por el personal técnico de la División.

En el año 2008 se programó y ejecutó un plan de mantenimiento preventivo de equipos para los laboratorios en vía de acreditación con ocasión de los procesos internos de certificación bajo la norma NTC 17025 emprendidos al interior de los laboratorios, esta actividad resultó en un aumento en los indicadores de desempeño (cumplimiento del servicio) y de calidad (satisfacción del beneficiario) de la División.

De igual forma se realizó servicio adicional para los procesos de apoyo de los procesos misionales (docencia, investigación y extensión) como resultado del proceso de certificación de la universidad bajo las normas ISO 9001:2008 y GP1000.

En el 2009 la red de laboratorios de la facultad de salud con 7 laboratorios adscritos solicitó la inclusión en el plan anual de mantenimiento preventivo de equipos (Tabla 1).

Se pasó en el año 2008 de prestar servicio a 9 unidades académicas administrativas a 16 en el año 2009.

La propuesta de desarrollar un modelo gerencial basado en confiabilidad para la División de mantenimiento Tecnológico UIS sigue una secuencia lógica derivada de la aplicación del programa de mantenimiento preventivo con sus resultados positivos en la comunidad universitaria y en consonancia con la literatura sobre gestión del mantenimiento⁶. Esto con el propósito de asegurar la disponibilidad de forma segura de los equipos clasificados como críticos en la prestación del servicio.

⁶ MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición en español. Lutterworth: Aladon, 2004. 433 p.

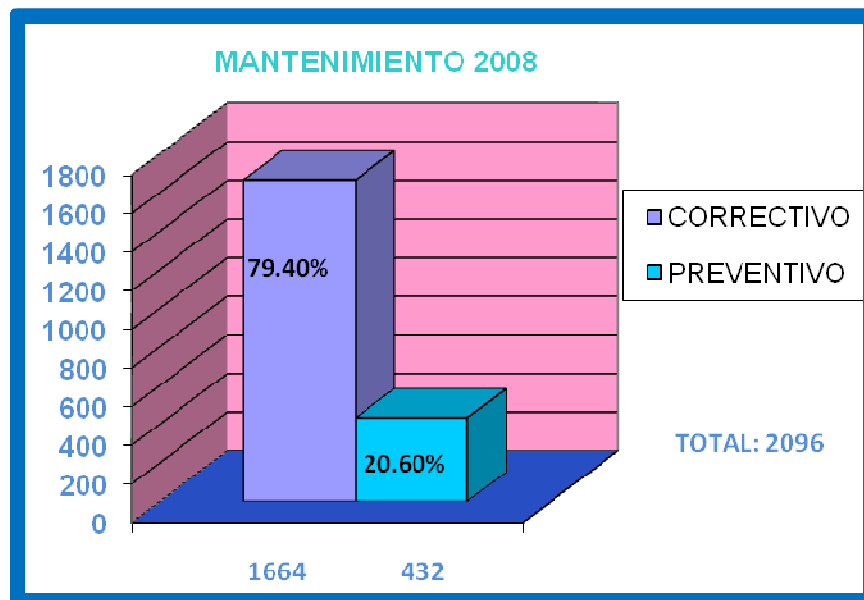
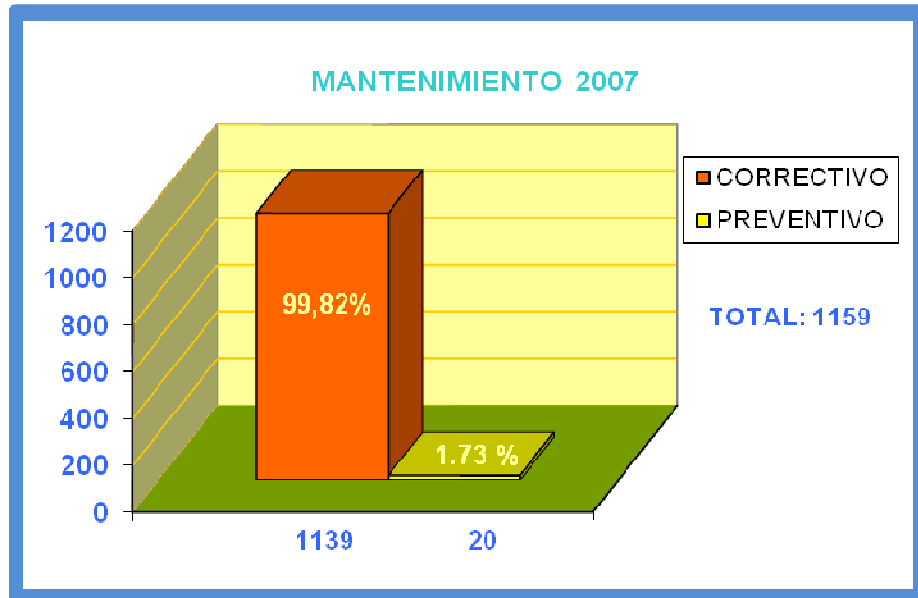
Tabla 1. Plan anual de mantenimiento preventivo de equipos 2009

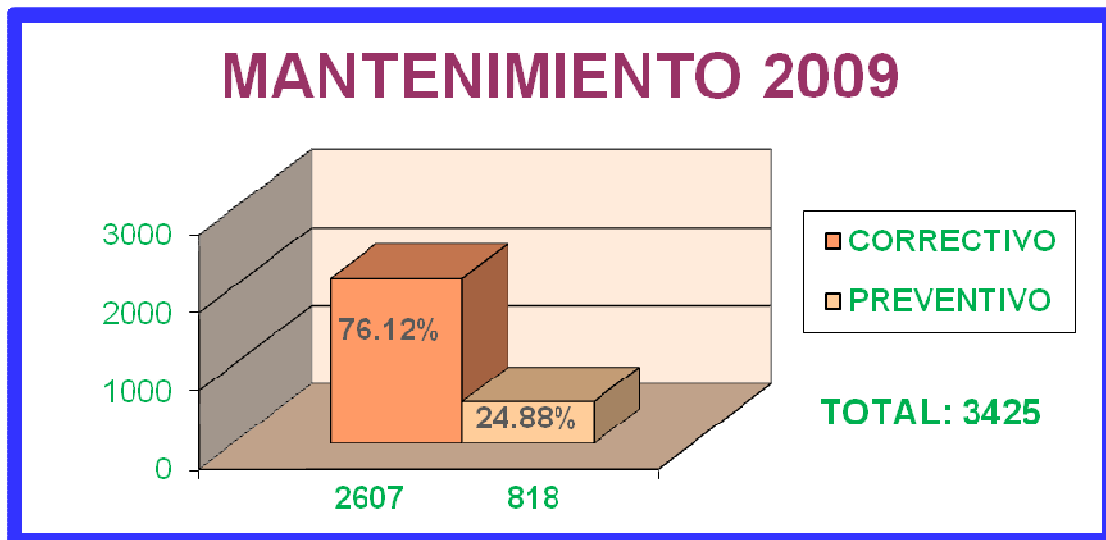
UAA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Laboratorio Clínico		X										
Laboratorio Genética			X									
Laboratorio Inmunología						X						
Laboratorio Cromatografía			X									
CICTA				X								
Difracción de rayos X				X								
Consultas Industriales					X							
Bienestar Estudiantil								X				
Gestión Documental						X						
Laboratorio Simulación en Enfermería							X					
Laboratorio Bioquímica							X					
Central de Investigación								X				
Laboratorio de Preparación y análisis sensorial de alimentos									X			
Laboratorio Patología										X		
Laboratorio Entomología											X	

Red de laboratorios de la facultad de salud

Fuente: Los autores

Ilustración 3. Evolución del mantenimiento preventivo de equipos. (Comparativo correctivo – preventivo: 2007, 2008, 2009)





Fuente: Los autores

1.5 SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

En cumplimiento de lo establecido en el artículo 6° de la Ley 872 de 2003, la Universidad Industrial de Santander certificó en el año 2009, la implementación del sistema de gestión de la calidad para la rama ejecutiva del poder público y otras entidades prestadoras de servicios NTCGP 1000:2004. (Ver anexo A).

“Esta norma está dirigida a todas las entidades, y tiene como propósito mejorar su desempeño y su capacidad de proporcionar productos y/o servicios que respondan a las necesidades y expectativas de sus clientes.

La orientación de esta norma promueve la adopción de un enfoque basado en los procesos, el cual consiste en identificar y gestionar, de manera eficaz, numerosas actividades relacionadas entre sí. Una ventaja de este enfoque es el control continuo que proporciona sobre los vínculos entre los procesos individuales que

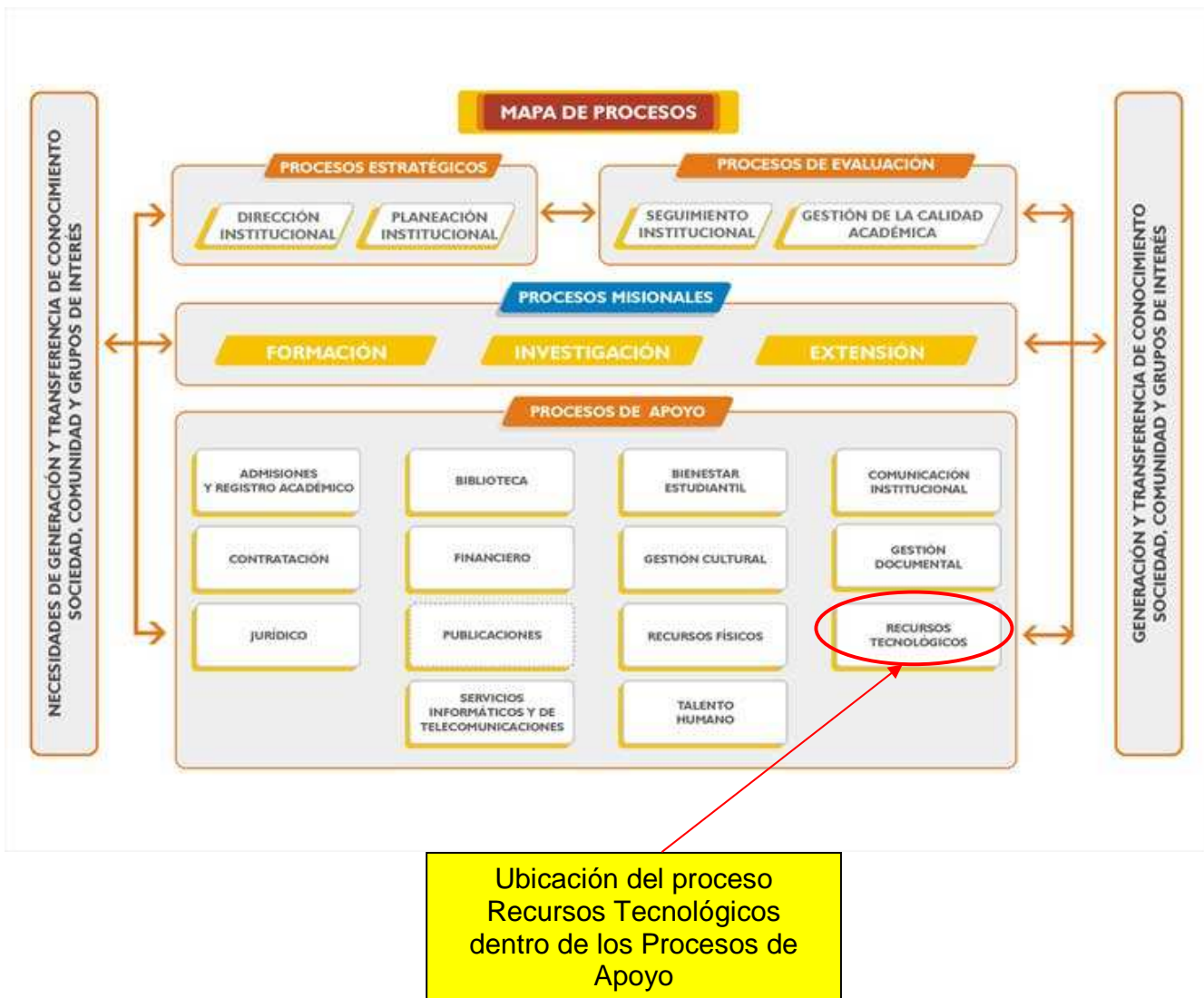
hacen parte de un sistema conformado por procesos, así como sobre su combinación e interacción”⁷.

La División de Mantenimiento Tecnológico está inmersa dentro del mapa de procesos de la Universidad Industrial de Santander como proceso de apoyo a los procesos misionales: formación, investigación y extensión (Ilustración 4).

Con este propósito sus actividades están denominadas proceso de **Recursos Tecnológicos**.

⁷ REPUBLICA DE COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE LA FUNCIÓN PÚBLICA. Norma Técnica de Calidad en la Gestión Pública NTCGP 1000:2004. Bogotá. s.f. p.1

Ilustración 4. Mapa de procesos del Sistema de Gestión de Calidad UIS.



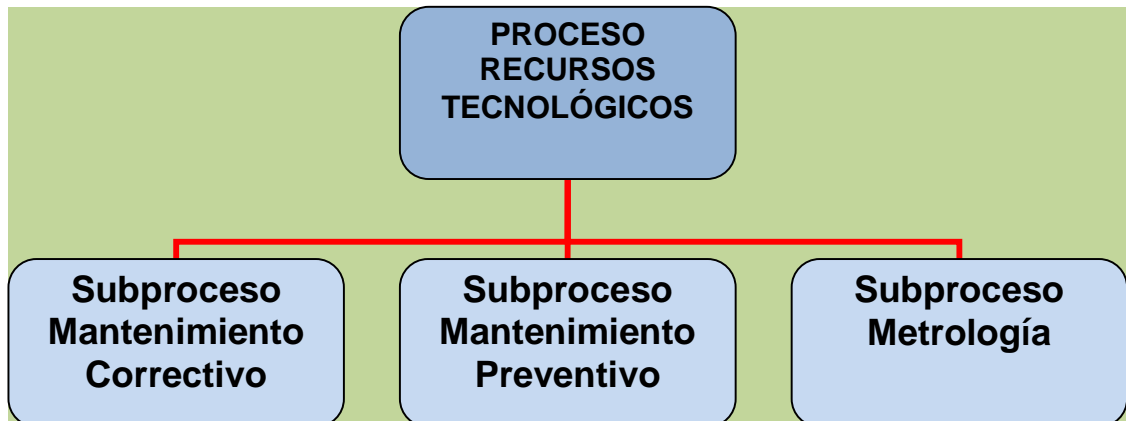
Fuente: <https://www.uis.edu.co>

1.6 SUBPROCESOS

Las actividades que realiza la División de Mantenimiento Tecnológico (Proceso de Recursos Tecnológicos, para el sistema de gestión de calidad) están definidas en

tres subprocesos a saber: subproceso de mantenimiento correctivo, subproceso de mantenimiento preventivo y subproceso de metrología (Ilustración 5).

Ilustración 5. Subprocesos de Recursos Tecnológicos.



1.6.1 Subproceso de mantenimiento correctivo. El objetivo es el de establecer las actividades necesarias para realizar el mantenimiento correctivo de equipos de acuerdo a las solicitudes realizadas por las unidades académico administrativas de la universidad Industrial de Santander. Aplica desde la elaboración de la solicitud del servicio, hasta el cumplimiento dado por los técnicos a la solicitud, una vez realizado el trabajo.

1.6.2 Subproceso de mantenimiento preventivo. El objetivo es el de establecer las actividades necesarias para realizar el mantenimiento preventivo de equipos críticos de acuerdo al plan anual de mantenimiento preventivo establecido por la DMT para las unidades académico administrativas de la Universidad Industrial de Santander. Aplica desde la elaboración de dicho plan hasta la prestación de este servicio.

1.6.3 Subproceso de metrología. Este subproceso establece las actividades para realizar el control metrológico de los equipos de seguimiento y medición de los procesos de la Universidad Industrial de Santander. Aplica desde la elaboración del plan de control de calibración hasta la prestación del servicio de calibración o verificación.

1.7 PROCEDIMIENTOS

El proceso Recursos Tecnológicos tiene establecido los procedimientos correspondientes a cada subproceso. En cada procedimiento se determinan: objetivo, alcance, normatividad aplicable al subproceso, definiciones, consideraciones, la secuencia para realizar las actividades mediante diagrama de flujo, responsables, y documentos de referencia.

Los procedimientos son documentos del sistema de gestión de calidad de la División de Mantenimiento Tecnológico y están codificados de la siguiente forma:

PRT.01: Procedimiento de mantenimiento correctivo.

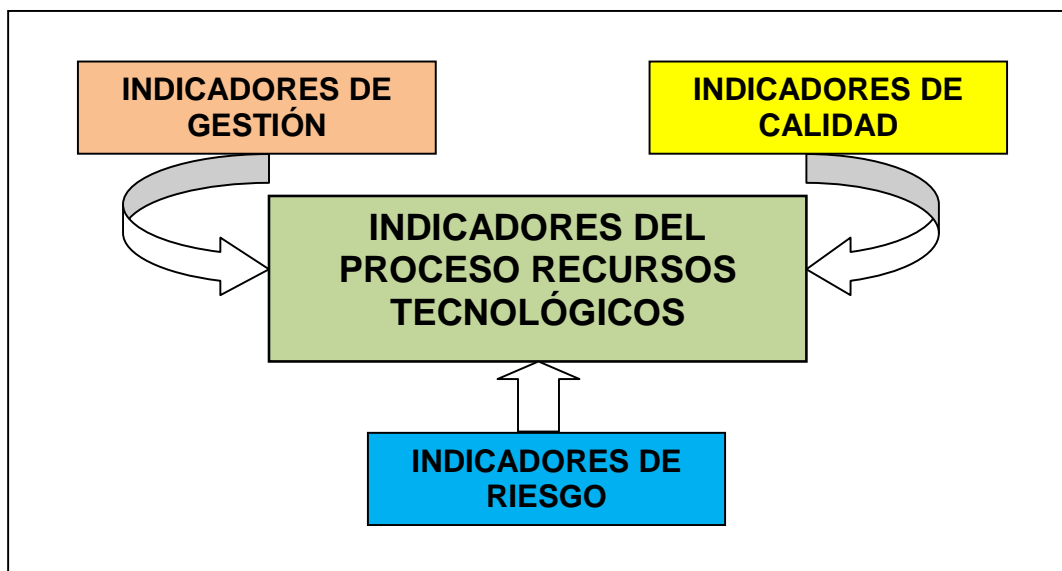
PRT.02: Procedimiento de mantenimiento preventivo.

PRT.03: Procedimiento de metrología.

1.8 INDICADORES

La División de Mantenimiento Tecnológico definió indicadores dentro del sistema de gestión de calidad para monitorear las metas establecidas dentro de cada subproceso. Estos indicadores se clasifican dentro de 3 categorías: indicadores de gestión, indicadores de calidad, e indicadores de riesgo (Ilustración 6).

Ilustración 6. Indicadores del proceso Recursos Tecnológicos.



Fuente: Los autores

Dentro de los indicadores de gestión se definieron los siguientes: cumplimiento del servicio relacionado al subproceso de mantenimiento correctivo, cumplimiento de mantenimientos preventivos programados que tiene relación con el subproceso de mantenimiento preventivo, cumplimiento de calibraciones relacionado con el subproceso de metrología y cumplimiento concepto compra de equipos que apoya la actividad de adquisición de equipos por parte de las unidades académico administrativas de la universidad Industrial de Santander.

En los indicadores de calidad se tienen los siguientes: nivel de satisfacción de los beneficiarios, eficacia del proceso, oportunidad en el servicio y asertividad en la comunicación. La medición de estos indicadores se deriva de encuesta realizada a una muestra tomada del universo de procesos de la Universidad industrial de Santander.

En el indicador de riesgo se tiene definido el indicador: nivel de falla de los equipos que se deriva del evento fallas en el normal funcionamiento de los equipos, el cual

está contenido dentro del estudio del mapa de riesgos de la División de Mantenimiento Tecnológico. El objetivo de este indicador es medir el nivel de fallas repetitivo de los equipos de manera que se propenda por una excelente actividad de mantenimiento correctivo.

Para detalle de los procedimientos, hojas de vida de los indicadores y mapa de riesgos establecidos para el proceso Recursos Tecnológicos remitirse al anexo B.

2. MANTENIMIENTO Y MODELOS GERENCIALES

2.1 MANTENIMIENTO

Mantenimiento se puede definir como: la utilización de un conjunto de recursos físicos y humanos en busca de la conservación, restauración y permanencia funcional de los activos, de acuerdo a un contexto operacional y con esto disminuir las fallas, los paros y aumentar la confiabilidad, disponibilidad, la seguridad y la rentabilidad en una empresa.

“Mantenimiento: asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan”⁸.

Otro autor lo define como: garantizar que el parque industrial esté con la máxima disponibilidad cuando lo requiera el cliente (interno o externo) o usuario, con la máxima confiabilidad y fiabilidad, durante el tiempo solicitado para operar, con las velocidades requeridas de los equipos, en las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas previamente por el demandante, para producir bienes o servicios que satisfagan necesidades, deseos o requerimientos de los compradores o usuarios, con los niveles de calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento oportuno al menor costo posible y con los mayores índices de productividad y competitividad posibles, para optimizar su rentabilidad y generar ingresos, involucrar siempre el mejoramiento continuo en todas las facetas, al utilizar las mejores prácticas internacionales y científicas, centrado en el servicio al cliente con la mayor oportunidad, por razón de la investigación y el desarrollo de la

⁸ MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición en español. Lutterworth: Aladon, 2004. p. 7

tecnología de mantenimiento con base en la ciencia, al establecer habilidades y competencias, con la administración de sistemas de costeo que permitan una facturación adecuada a precios más competitivos que los del medio y tener en cuenta la posibilidad de subcontratación en mantenimiento. Debe analizarse también la capacitación y culturización de los clientes mediante un enfoque integral logístico que utilice una estrategia coherente con la empresa⁹.

2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

2.2.1 Mantenimiento Correctivo. Consiste en la pronta reparación de las fallas, se le considera de corto plazo, las personas encargadas de avisar la ocurrencia de las averías son los propios operarios de las máquinas o equipos y corresponde al personal de mantenimiento las reparaciones de éste. Exige, para su eficacia, una buena y rápida reacción de la reparación (recursos humanos asignados, herramienta, repuestos, elementos de transporte, etc.); la reparación propiamente dicha es rápida y sencilla, así como su control y puesta en marcha. Las tareas de mantenimiento correctivo son las que se realizan con intención de recuperar la funcionalidad del elemento o sistema, tras la pérdida de su capacidad para realizar la función o las prestaciones que se requieren. Una tarea de mantenimiento correctivo típica consta de las siguientes actividades¹⁰:

- Detección de la falla.
- Localización de la falla.
- Desmontaje.
- Recuperación o sustitución.
- Montaje

⁹ MORA, Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. Medellín: AMG, 2009. P. 40

¹⁰ Ibid., p. 259

- Pruebas
- Verificación.

2.2.2 Mantenimiento Preventivo. La programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario; también es conocido como Mantenimiento Preventivo Planificado - MPP. Su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

La característica principal de este tipo de Mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno.

El mantenimiento preventivo se puede clasificar en dos versiones, una de ellas cuando se basa en el tiempo o sea en la frecuencia de inspección y la segunda basada en la condición de desgaste encontrada en la última revisión, ambas metodologías permiten fijar con antelación la próxima inspección a que tuviere lugar en el elemento o máquina. El primero de los métodos conduce al mantenimiento preventivo sistemático y el segundo conlleva al mantenimiento preventivo condicional lográndose con este último maximizar la vida útil del elemento y consiguiendo de esta forma reducir los costos de mantenimiento. Ambas metodologías se basan en la permanente inspección y análisis crítico de las condiciones.

2.2.3 Mantenimiento predictivo. Consistente en la detección y diagnóstico de averías antes de que se produzcan. De tal forma pueden programarse los paros

para reparaciones en los momentos oportunos. La filosofía de este tipo de mantenimiento se basa en que normalmente las averías no aparecen de repente, sino que tienen una evolución. Así pues el Mantenimiento Predictivo se basa en detectar estos defectos con antelación para corregirlos y evitar paros no programados, averías importantes y accidentes. (gestiopolis@,2005)

Algunas de las ventajas del mantenimiento predictivo son:

- Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente que órgano es el que falla.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Realiza la verificación de la condición de estado y monitoreo en tiempo real de la maquinaria, tanto la que se realiza en forma periódica como la que se hace de carácter eventual.
- Maneja y analiza un registro de información histórica vital, a la hora de la toma de decisiones técnicas en los equipos.
- Define los límites de tendencia relativos a los tiempos de falla o de aparición de condiciones no estándares.
- Posibilita la toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Provee el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Aplica el análisis estadístico del sistema.

El principal inconveniente del mantenimiento predictivo es de tipo económico. Para cada máquina es necesaria la instalación de equipos de medición de

parámetros que puedan ser: Presión, pérdidas de carga, caudales, consumos energéticos, caídas de temperatura, ruidos, vibraciones, agrietamientos, etc.

2.3 ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

En la actualidad existen diferentes formas de organizar y ejecutar la administración del mantenimiento, la implementación de una estrategia, implica la existencia de normas, leyes y reglas que rigen la forma de actuar, existen diferentes alternativas internacionales entre ellas: TPM, RCM, TPM & RCM combinados, Proactiva, Reactiva, Clase Mundial, por objetivos, etc.

2.3.1 TPM (Mantenimiento Productivo Total). Surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema destinado a lograr la eliminación de las seis grandes pérdidas de los equipos, a los efectos de poder hacer factible la producción “Just in Time”, la cual tiene como objetivos primordiales la eliminación sistemática de desperdicios.

Estas seis grandes pérdidas se hallan directa o indirectamente relacionadas con los equipos dando lugar a reducciones en la eficiencia del sistema productivo en tres aspectos fundamentales:

- Tiempos muertos o paro del sistema productivo.
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos.
- Productos defectuosos o malfuncionamiento de las operaciones en un equipo.

El TPM es en la actualidad uno de los sistemas fundamentales para lograr la eficiencia total, en base a la cual es factible alcanzar la competitividad total. La tendencia actual a mejorar cada vez más la competitividad, supone elevar al

unísono y en un grado máximo la eficiencia en calidad, tiempo y coste de la producción e involucra a la empresa en el TPM conjuntamente con el Total Quality Management (TQM).

Así pues, entre los sistemas sobre los cuales se basa la aplicación del Kaizen, se encuentra en un sitio especial es TPM, que a su vez hace viable al otro sistema que sostiene la práctica del Kaizen que es el sistema “Just in Time”.

El resultado final que se persigue con la implementación del Mantenimiento Productivo Total es lograr un conjunto de equipos e instalaciones productivas más eficaces, una reducción de las inversiones necesarias en ellos y un aumento de la flexibilidad del sistema productivo.

El TPM adopta cómo filosofía el principio de mejora continua desde el punto de vista del mantenimiento y la gestión de equipos. El Mantenimiento Productivo Total ha recogido también los conceptos relacionados con el Mantenimiento Basado en el Tiempo (MBT) y el Mantenimiento Basado en las Condiciones (MBC).

El TPM constituye un nuevo concepto en materia de mantenimiento, basado este en los siguientes cinco principios fundamentales:

- Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta. Incluir a todos y cada uno de ellos permite garantizar el éxito del objetivo.
- Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos y maquinarias. De tal forma se trata de llegar a la Eficacia Global.
- Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas tal que se facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan y se consigan los objetivos.

- Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.
- Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.
- La aplicación del TPM garantiza a las empresas resultados en cuanto a la mejora de la productividad de los equipos, mejoras corporativas, mayor capacitación del personal y transformación del puesto de trabajo.

Entre los objetivos principales y fundamentales del TPM se tienen:

- Reducción de averías en los equipos.
- Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos.
- Utilización eficaz de los equipos existentes.
- Control de la precisión de las herramientas y equipos.
- Promoción y conservación de los recursos naturales y economía de energéticos.
- Formación y entrenamiento del personal (gestiopolis@,2005).

2.3.2 RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad). “Se puede definir como un proceso 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”¹¹.

¹¹ MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición en español. Lutterworth: Aladon, 2004. p. 3

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 mantenimiento centrado en confiabilidad es una filosofía de gestión de mantenimiento que sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional. Esta no es una fórmula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de las fallas de un determinado contexto operacional, realizado por un equipo de trabajo multidisciplinario, el cual desarrolla un sistema de gestión de mantenimiento flexible que se adapta a las necesidades reales de mantenimiento de la organización, tomando en cuenta la seguridad personal, el ambiente, las operaciones y la razón costo/ beneficio.

El RCM es una técnica de organización de las actividades y de la gestión del mantenimiento para desarrollar programas organizacionales que se basan en la confiabilidad de los equipos en función del diseño y de la construcción de los mismos. El RCM asegura un programa efectivo de mantenimiento que se centra en que la confiabilidad original inherente al equipo se mantenga.

Los objetivos del RCM son los siguientes:

- Eliminar las averías de las máquinas
- Suministrar fuentes de información de la capacidad de producción de la planta a través del estado de sus máquinas y equipos.

- Minimizar los costos de mano de obra de reparaciones, en base a un compromiso por parte de los responsables del mantenimiento en la eliminación de fallas de máquinas.
- Anticipar y planificar con precisión las necesidades de mantenimiento.
- Establecer horarios de trabajo más razonables para el personal de mantenimiento.
- Permitir a los Departamentos de Producción y de Mantenimiento una acción conjunta y sincronizada a la hora de programar y mantener la capacidad de producción de la planta.
- Incrementar los beneficios de explotación directamente mediante la reducción de los presupuestos del departamento de mantenimiento.

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 de mantenimiento
- Optimiza la confiabilidad operacional, máxima 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 (Moubray, 1992).

Ilustración 7. Beneficios del mantenimiento centrado en confiabilidad.

Calidad	Tipo de Servicio	Costo	Tiempo	Riesgo
Aumenta la disponibilidad en al menos un 8%, por el sólo hecho de implementarla.	Proporciona un mejor clima organizacional para el trabajo en equipo.	Reduce los niveles de mantenimiento al menos en un 40%.	Mejora los tiempos medios de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad al menos en un 25%.	Brinda seguridad e integridad ambiental en todo el desarrollo del proceso, a niveles muy superiores de los que se tienen antes de implementarlo.
Elimina las fallas crónicas y elimina las causas raíces.	Ayuda a entender mejor las necesidades y los requerimientos de los clientes.	Optimiza los programas de mantenimiento.	Aumenta los tiempos de funcionalidad de los equipos al menos en un 150% en promedio.	Las fallas con consecuencias sobre el medio ambiente o la seguridad son las que más se atacan y eliminan.
Aumenta la flexibilidad operacional.	Disminuye las paradas imprevistas.	Reduce los costos planeados o no de mantenimiento al menos en un 40%.	Reduce o elimina los tiempos de demora en suministros o búsqueda de recursos o repuestos.	Reduce al mínimo la posibilidad de fallas en cadenas o superpuestas.
La programación de mantenimiento se basa en hechos reales.	Genera un ambiente de investigación y desarrollo alrededor de los análisis de fallas.	Alarga la vida de los equipos para propósitos especiales.	Jerarquiza las actividades de mantenimiento, logrando su reducción en el tiempo.	Su razón de calificación al riesgo la hace como una de las tácticas más seguras.
Proporciona el completo conocimiento de las fallas reales y potenciales de la máquina, así como de sus causas.		Todas las actividades de mantenimiento se analizan en un contexto de costo / beneficio.		

Fuente: MORA, Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. Medellín: AMG, 2009. P. 272

Las limitaciones del RCM radican más que todo en el factor humano con que cuenta la organización, ya que de éste depende el éxito de la metodología. En este punto el equipo natural de trabajo juega un papel muy importante, debido a que será este el único responsable de divulgar de manera correcta y eficiente esta filosofía de manera que las personas involucradas con el RCM no vean este cambio como un problema, sino como una solución a sus problemas. El equipo

natural de trabajo será quien defina a qué equipos y componentes se les aplicara dicha filosofía, ya que no se puede esperar aplicar RCM a toda una planta y a todos sus equipos pues sería un proceso demasiado lento e inoficioso. Por todo lo mencionado anteriormente se debe tener demasiado cuidado a la hora de seleccionar correctamente las personas que conformaran el equipo natural de trabajo (Moubray, 1992).

Las siguientes son algunas acciones que se pueden diferenciar dentro del RCM:

- Acción correctiva: reparación o reemplazo sobre las fallas. El costo de control o detección de fallas excede los beneficios.
- Acción preventiva: reparación o reemplazo sobre tiempos o ciclos.
- Acción Predictiva: se emplean condiciones de monitoreo para detectar fácilmente etapas de falla. Reemplazo o reparación sobre condición.
- Además de estas acciones, el mantenimiento proactivo para detectar y analizar la presencia de algunas causas de falla reduciéndolas en un periodo determinado.

El RCM, es una táctica procedimental que basa su esquema en el permanente cuestionamiento de las actividades de mantenimiento, sigue un proceso lógico y coherente que tiene normas; las preguntas a que da lugar son:

- ¿Funciones y parámetros asociados al equipo en su ambiente operacional normal actual?
- ¿De qué manera puede fallar y no cumplir las funciones anteriores?
- ¿Cuál o cuáles son las causas inmediatas o básicas? - ¿Cuál es su causa raíz?
- ¿Qué pasa y qué impactos genera cada falla funcional?
- ¿Cuál es la importancia de cada falla?
- ¿Cómo se puede predecir, prevenir o eliminar cada falla?

- ¿Qué controles se deben ejecutar para controlar la falla, si no hay tareas que permitan anticiparse a ella o desaparecerla?

Existen varios procedimientos de orden universal que plantean las normas y reglas que rigen la implementación del *RCM*, en sí son procedimientos parecidos, algunos con mayor validez o no, pero en el fondo apuntan a unos propósitos generales comunes.

El desarrollo para la aplicación del *RCM*, tiene en cuenta lo siguiente:

Pasos para la implementación:

1. *Formación del equipo natural de trabajo*
2. *Selección y definición de las áreas y equipos restricción donde se implementará el RCM.*
3. *Definición de criticidad y selección de los sistemas críticos, estableciendo sus Funciones primarias, secundarias, auxiliares y de apoyo logístico.*
4. *Análisis de las fallas funcionales reales o potenciales para cada una de las funciones.*
5. *Realización del análisis de los modos y de los efectos de las fallas, para determinar los modos de fallos a que se tiene lugar en cada falla funcional para cada función (utiliza el procedimiento FMECA)*
6. *Selección de las estrategias y procedimientos de mantenimiento (árbol lógico de decisión).*
7. *Implantación y evaluación del CMD en cada caso.*
8. *Asigna estrategias y los recursos adecuados para el plan general de priorización asignado con base en el RPN (Número de riesgo prioritario) y los costos / beneficios asociados a cada modo de falla.*
9. *Revisión y monitoreo periódico de todo el esquema general y específico¹².*

¹² MORA, Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. Medellín: AMG, 2009. P. 274

2.3.3 Mantenimiento combinado TPM – RCM. La combinación *RCM* y *TPM* tienen la ventaja de mejorar el proceso para facilitar el trabajo en equipo entre mantenimiento y las funciones de producción, mejorar la fiabilidad de las máquinas y bajar los costos de operación. Ambas tácticas son excluyentes y complementarias, mientras el *TPM* mejora la productividad el *RCM* aumenta la confiabilidad y la competitividad.

Los pilares básicos del *TPM* y algunos pensamientos sobre su relación con una estrategia *RCM* son:

- El *TPM* trata de restaurar el equipo a una condición parecida a la nueva. Las buenas prácticas de *TPM* ayudan a reducir al mínimo las fallas que ocurren en la etapa de mortalidad infantil, durante la instalación y puesta en marcha a partir de estas; con la restauración del equipo y el cuidado básico por parte del operador; mientras el *RCM* erradica o controla las fallas.
- El *TPM* contribuye a la participación del operador en el mantenimiento del equipo. Sin embargo, el operador necesita el trabajo de especialistas cuando el problema en la maquinaria implica tecnologías más avanzadas, estos especialistas usan los principios del *RCM* para analizar los modos de fallas y sus efectos, además, usan herramientas de monitoreo de condición como el análisis de vibraciones y otros instrumentos avanzados de mantenimiento que facilitan la identificación de la causa del problema.
- El *TPM* procura mejorar la eficacia y la eficiencia del mantenimiento, al igual que el *RCM*.
- EL *TPM* exige que las personas se entrenen para mejorar sus habilidades de trabajo, mientras que el *RCM* ayuda a identificar las fallas del personal e indica las áreas que requieren entrenamiento.
- El *TPM* usa el control y la prevención del mantenimiento. Esto es inherente en *RCM* que se encarga de identificar y evitar los modos de falla.

- El *TPM* intensifica el uso del mantenimiento preventivo, el *RCM* lo complementa al utilizar intensivamente el predictivo. El *RCM* ayuda a identificar cómo y cuándo usar el mantenimiento preventivo o predictivo a través del análisis de los modos de falla.
- La combinación de ambas modalidades de mantenimiento es una costumbre que se incrementa día a día en las empresas modernas, para mejorar y conservar los equipos y sus funciones. Con la combinación de ambas tácticas complementarias se logra evitar crisis y fallas en el proceso productivo, se minimizan los costos y se mejoraran constantemente los procesos de planta. La relación clave entre *TPM* y *RCM* estriba en que sus principios claves de organización y confiabilidad se combinan para garantizar una excelente operación y gestión de mantenimiento. El *RCM* sirve para determinar los requerimientos de mantenimiento para operaciones físicas con su correspondiente contexto operativo tecnológico y con el *TPM* se logra que estos requerimientos se difundan como los más efectivos y económicos.

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 de la tecnología (*RCM*), su utilización progresiva al iniciar con *TPM* para lograr la superación del recurso humano, y luego el énfasis técnico y logístico del *RCM*, permiten una utilización extensiva de los dos niveles iniciales de mantenimiento. La combinación ideal es implementar el *TPM* y una vez logrado seguir con *RCM*, para posteriormente ingresar en una táctica proactiva (que las cobija a ambas).

2.3.4 Mantenimiento proactivo. El mantenimiento proactivo es una táctica de mantenimiento. Dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no se debe permitir

que éstas continúen presentes en la maquinaria ya que, de hacerlo, su vida y desempeños se ven reducidos. La longevidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de detección y corrección de las desviaciones según el programa de proactivo. Límites aceptables significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio.

El proactivo se define como la metodología en la cual el diagnóstico y las tecnologías de orden predictivo son empleados para lograr aumentos significativos de la vida de los equipos y disminuir las tareas de mantenimiento, con el fin de erradicar o controlar las causas de fallas de las máquinas. Mediante este mantenimiento lo que se busca es la causa raíz de la falla, no sólo el síntoma. El proactivo representa el próximo paso en la evolución hacia un mantenimiento planeado y dentro de este procedimiento el personal de mantenimiento lleva estadísticas específicas sobre los equipos por monitorear para cumplir con los requerimientos necesarios.

Los tres pasos para la implementación de la táctica proactiva, según *Tribology Data Handbook*, con el fin de lograr el éxito de la aplicación y lograr sus inmensos beneficios, son:

- Fijar metas o estándares basados en el análisis de causa raíz de las fallas; ya que por definición proactivo implica constantemente análisis, monitoreo y control de las fallas y de su causa raíz.
- Mantener el control de la causa raíz y conservarla en el tiempo de una manera sostenible es el segundo paso.
- El tercer paso es la permanente vigilancia microscópica de los elementos de control de la causa raíz, manteniéndola dentro de las condiciones estándares y evitando de una manera disciplinada que ésta salga de ella.

2.3.5 Mantenimiento reactivo. Christer Idhammar, en su artículo de la revista *Pima's Papermaker*, en la sección de mantenimiento de julio de 1997, escribe: “en una organización de producción y mantenimiento mal constituida, la organización reacciona frente a los problemas antes de prevenirlos. No hay tiempo para tomar medidas que rompan este esquema. Es más, cuando los equipos trabajan con problemas graves, el mantenimiento se vuelve lento y espera el próximo problema, lo que genera que entre los trabajos reactivos es poco lo que mantenimiento hace. Desde el punto de vista de operación, es una situación cómoda, ya que el mantenimiento puede atender problemas en los equipos de manera rápida”.

No debe entenderse la táctica reactiva como las actividades que desarrolla una empresa para organizar sus acciones correctivas deficientes e inadecuadas, es una táctica interesante para aquellas organizaciones industriales y de servicio, que no permanecen mucho tiempo con sus equipos, que son desarrolladoras o usuarias de tecnologías avanzadas, que sus productos y áreas de negocio cambian constantemente, por lo cual necesitan crear una infraestructura y aprender habilidades y competencias que les permitan reaccionar rápidamente ante las nuevas fallas y situaciones complejas de mantenimiento; son empresas que tienen la particularidad de atender en forma oportuna las necesidades de mantenimiento. Ideal para empresas nuevas que no permanecen mucho tiempo con los mismos equipos.

2.3.6 Mantenimiento orientado a resultados. La táctica de mantenimiento orientado a resultados se basa en la intuición, en soluciones de sentido común para problemas recurrentes; por lo tanto es bastante usada por las personas con más habilidades dentro de la compañía. Cada departamento realiza una inversión en este proyecto, que se puede medir con la siguiente fórmula:

$R = A * Q = \text{Resultado o Producto}$, Q es la calidad de la idea y A es el nivel de aceptación

El concepto central de esta táctica es ver a mantenimiento como una actividad productiva de mejora continua.

Al orientar el mantenimiento a resultados puede resultar conveniente como táctica de mantenimiento, a empresas que no tienen mucho tiempo disponible para organizarse, su uso debe ser de orden temporal mientras se define por una táctica más estable, como las cuatro enunciadas al principio de la sección. Si mantenimiento hace las cosas correctas y se dirige hacia el logro del cambio de la cultura organizacional, entonces la fábrica logra que esas cosas se hagan bien hechas. En otras palabras, lo principal es hacer lo que se debe hacer; después de esto, la empresa debe aprender a hacer bien dichas cosas. Pero, se enfatiza que esta táctica solo se debe usar en casos de emergencia durante un tiempo limitado, ya que es dócil la planeación integral y el estudio completo del proceso de mantenimiento bajo este modelo administrativo de organización de mantenimiento. Su ventaja es que se centra en las necesidades finales del cliente, es decir en mercadeo y desde allí desarrolla las metas o resultados que desea alcanzar.

2.3.7 Mantenimiento de clase mundial - World Class Maintenance – WCM.

Un anhelo de las áreas de mantenimiento es llegar a ser una organización de clase mundial, lo cual denota y se define como el mantenimiento sin desperdicios, donde esta es la diferencia entre cómo se realizan las diferentes acciones en la actualidad y el deber ser óptimo de las mismas. Se basa en anticiparse a lo que suceda en el futuro, su función básica es convertir cualquier clase de reparación o modificación en actividades planeadas que eviten fallas a toda costa. Una organización de clase mundial no sólo se basa en el hacer, también en el pensar.

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), muy orientado hacia las metas y objetivos fijados previamente realizando las cosas que haya que hacer en la forma más correcta posible con el mayor grado de profundidad científica. Utiliza el *benchmarking* como herramienta para alcanzar mejores costos, mejor productividad y máxima competitividad a través del mejoramiento continuo.

Los pasos fundamentales para implementar una táctica de clase mundial son: planeación, prevención, programación, anticipación, fiabilidad, análisis de pérdida 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).

Herman Ellis en su artículo sobre los principios de la transformación de la función de mantenimiento a las normas de categoría mundial de funcionamiento, describe textualmente ELLIS@,199): “El mantenimiento de clase mundial representa los niveles de funcionamiento del mantenimiento. Al transformar el mantenimiento a uno de clase mundial se debe tener en cuenta sus principios básicos, el entrenamiento de la mano de obra enfocado hacia una nueva actitud y la estratificación del mantenimiento. Si se quiere que la función de mantenimiento alcance sus objetivos y se desarrolle en categoría de clase mundial no se deben bajar las finanzas de sus sistemas de apoyo (administración del mantenimiento, instrumentos, piezas de recambio, planificación, control, cultura, etc), ya que de las relaciones entre ellos depende la formación de una acción dinámica para establecer la función de mantenimiento firmemente sobre el camino para hacerla de clase mundial. La transformación de las personas (cambio de actitud) es uno

de los puntos más complejos para implementar el *WCM*, ya que se deben entrenar en las profesiones específicas que se van a desarrollar en el *WCM* y se debe recompensar el esfuerzo hecho por estas personas”¹³.

Algunos principios estratégicos 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 la 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

¹³ ELLIS, Hernan. Principles of the Transformation of the Maintenance Function to World-Class Standards of Performance. <http://www.maintenanceresources.com>

de clase mundial lo hacen en forma voluntaria, impulsados más por la motivación que por obligación.

Las empresas que están ubicadas en varios países o continentes en el mundo son las llamadas a utilizar intensivamente la táctica de clase mundial, esto las obliga a cumplir normas y tratados internacionales. Las organizaciones que siguen esta táctica normalmente se apoyan en leyes de clase mundial en mantenimiento como: OREDA, AFNOR, *British Standard*, EIREDA, SAE, Military Estándar, ESREDA, ISO, DIN, ASME y muchas otras propias de regiones o países; es utilizada también por empresas que exportan gran parte de sus productos o servicios y se tienen que acoger a las normas de las naciones donde llevan sus bienes.

La táctica proactiva se fundamenta en la mayoría de instrumentos básicos, avanzados genéricos y específicos de orden técnico, usa las cuatro tácticas básicas de mantenimiento, pone en práctica las mejores costumbres encontradas a nivel internacional, mediante el *benchmarking*. Lo más aconsejable es que las organizaciones que deseen alcanzar el WCM tengan muy desarrollados los niveles uno y dos de mantenimiento, y al menos hayan en la práctica una de las tácticas básicas de mantenimiento.

2.3.8 Mantenimiento Centrado en Habilidad y Competencias (Core Competences Maintenance). Las organizaciones procuran que su recurso humano gane habilidades y competencias, como una excelente táctica para preservar el conocimiento y el buen servicio de mantenimiento, con el fin de elevar la posibilidad de controlar, erradicar o prevenir fallas en sus sistemas o equipos. La tendencia es a concentrar los departamentos de mantenimiento en pocas personas con muchas habilidades, conocimientos y competencias, con el fin de aumentar la efectividad en mantenimiento y utilizando la subconcentración para

realizar las actividades no diferenciadas que no son claves en los procesos propios de la empresa.

El progreso constante de mantenimiento hacia niveles superiores de servicio con sus clientes internos o externos le permite desarrollar un proceso sostenido de obtención de habilidades, competencias y de generación de productos y servicios esenciales en mantenimiento, centrando la organización en la ciencia y no en la reparación de equipos.

La insistencia en que se enfoque la prestación del servicio no en marcas específicas ni en equipos definidos, sino en plantear el desarrollo de habilidades y conocimientos científicos alrededor de las ciencias que imperan en el servicio de mantenimiento de equipos (robótica, mecatrónica, electrónica, eléctrica, mecánica, hidráulica, lubricación, generación de potencia, neumática, termodinámica, química, etc.), conduce a mejores opciones futuras para el área. Emulando el modelo de desarrollo japonés, donde se da prioridad al desarrollo científico de habilidad y competencias esenciales apoyados en la ciencia como la forma más sólida de alcanzar niveles de competitividad sostenible en el largo plazo y difíciles de imitar por parte de la competencia, el modelo de Japón permite visualizar que más próspero procurar el desarrollo hacia las raíces de la ventaja competitiva que hacia los productos que se comercializan, apoyándose en el avance de la ciencia y en la acumulación específica de conocimientos. Las organizaciones desarrollan las habilidades y competencias esenciales en mantenimiento, que se les traducen en ventajas competitivas, en la capacidad de la dirección para trasladar a todos los niveles de la organización los conocimientos, las metodologías y las tecnologías para generar competencias profesionales que les permitan adaptarse fácil y rápidamente a cada una de las nuevas situaciones del entorno industrial mundial, de los mercados y de la sociedad empresarial en que se está.

La táctica centrada en competencias es también una técnica muy usada en la actualidad por diversas empresas de diferentes sectores, es una práctica que se puede poner en uso indiferente del nivel en que se encuentre en mantenimiento. Se debe tener un buen clima organizacional y un excelente recurso humano motivado hacia el aprendizaje individual y colectivo.

2.4 ANÁLISIS DE EQUIPOS CRÍTICOS

El análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar por su importancia los elementos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el análisis de criticidad ayuda a determinar eventos potenciales indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional, entendiéndose confiabilidad operacional como: la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico en un tiempo determinado. El término “crítico” y la definición de criticidad pueden tener diferentes interpretaciones y van a depender del objetivo que se está tratando de jerarquizar. Desde esta óptica existe una gran diversidad de herramientas de criticidad, según las oportunidades y las necesidades de la organización:

- Flexibilidad operacional (disponibilidad de función alterna o de respaldo)
- Efecto en la continuidad operacional / capacidad de producción
- Efecto en la calidad del producto
- Efecto en la seguridad, ambiente e higiene
- Costos de paradas y del mantenimiento
- Frecuencia de fallas / confiabilidad
- Condiciones de operación (temperatura, presión, fluido, caudal, velocidad)
- Flexibilidad / accesibilidad para inspección & mantenimiento

- Requerimientos / disponibilidad de recursos para inspección mantenimiento
- Disponibilidad de repuestos

2.4.1 Método de los coeficientes de ponderación. Para el análisis de equipos críticos se realiza una evaluación con el objeto de determinar el índice de criticidad de cada equipo.

En este método se elabora una tabla en la cual se establecen un conjunto de criterios, a los que se asigna un valor y un coeficiente de ponderación. La mayor prioridad estará determinada por el mayor resultado obtenido de sumar los puntos, multiplicado por el coeficiente de ponderación.

Inicialmente se establecen los criterios con los cuales se evalúa cada equipo.

- CRITERIO INTRINSECO DEL MATERIAL
 1. Complejidad tecnológica:
 - a. Simple 0
 - b. Complejo 1
 - c. Muy complejo 2
- CRITERIO DE EXPLOTACIÓN
 2. Importancia del equipo en el proceso:
 - a. Secundaria. 0
 - b. Principal. 1
 - c. Vital 2
 3. Funcionamiento (Tasa de marcha)
 - a. Esporádica 0
 - b. Intermitente 1

c. Continúa 2

- CRITERIO DE MANTENIMIENTO

4. Costos directos de mantenimiento.

a. Bajos 0

b. Medios 1

c. Elevados 2

- CRITERIOS ECONOMICOS

5. Valor de reemplazar por uno idéntico

a. Poco costoso 0

b. Costoso 1

c. Muy costoso 2

6. Costos indirectos (Pérdida de producción)

a. Bajos 0

b. Medios 1

c. Elevados 2

Se establecen los siguientes coeficientes de ponderación:

VALOR 1 para: Equipos auxiliar, proceso adjunto, equipos con duplicados.

VALOR 2 para: Equipos de importancia media, de apoyo a la producción, única existencia.

VALOR 3 para: Equipos importancia vital para el proceso, única existencia, sin reemplazo.

En la tabla siguiente se presenta un ejemplo de aplicación para el análisis del índice de criticidad.

Tabla 2. Aplicación de criterio de coeficiente de ponderación

CRITERIO	VALOR ESTIMADO	COEFICIENTE	PUNTOS ESTIMADOS	PUNTOS MAXIMOS
1.Complejidad tecnológica	0	1	0	2
2. Importancia del equipo en el proceso	1	1	1	2
3. Funcionamiento (Tasa de marcha)	0	1	0	2
4. Costos directos de Mantenimiento	0	1	0	2
5. Valor de reemplazo por uno idéntico	2	1	2	2
6. Costos Indirectos (Pérdida de producción)	0	1	0	2
TOTALES		I =	3	12

Fuente: Principio de Mantenimiento – Posgrado en Gerencia de Mantenimiento.

Aún cuando la evaluación es subjetiva permite obtener una primera aproximación de prioridades sobre los equipos que se deben atender y mantener con la mayor confiabilidad posible de operación. La evaluación podría ser más subjetiva en la medida que se utilicen valores más confiables para cada parámetro.

Se consideran prioritarios los equipos con índice superiores a $i > 17$, son catalogados dentro del grupo A.

Los equipos de prioridad media es decir con $12 > i > 16$ son catalogados dentro del grupo B.

Los equipos de poca criticidad son aquellos con $0 < i < 11$, catalogados dentro del grupo C.

2.4.2 Modelo de criticidad de factores ponderados basado en el concepto del riesgo. Este método fue desarrollado por un grupo de consultoría inglesa denominado: The Woodhouse Partnership Limited [Woodhouse Jhon. "Criticality Analysis Revisited", The Woodhouse Partnership Limited, Newbury, England 1994].

Este es un método semicuantitativo bastante sencillo y práctico, soportado en el concepto del riesgo: frecuencia de fallas X consecuencias.

A continuación se presenta de forma detallada la expresión utilizada para jerarquizar sistemas:

Criticidad total = Frecuencia x Consecuencias de fallas..... (I)

Frecuencia = Rango de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)

Consecuencias = ((Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mtto. + Impacto Seguridad, Ambiente e Higiene) (\$US)

Los factores ponderados de cada uno de los criterios a ser evaluados por la expresión del riesgo se presentan a continuación:

Tabla 3. Factores ponderados a ser evaluados.

Criticidad Total = Frecuencia de fallas x Consecuencia

Consecuencia = ((Impacto Operacional x Flexibilidad)+Costo Mtto.+Impacto SAH)

Frecuencia de Fallas:		Costo de Mtto.:	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual a 20000 \$	2
Promedio 1 - 2 fallas/año	3	Inferior a 20000 \$	1
Buena 0.5 -1 fallas/año	2		
Excelente menos de 0.5 falla/año	1		
Impacto Operacional:		Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH):	
Pérdida de todo el despacho	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas.	7	Afecta el ambiente /instalaciones	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Provoca daños menores (ambiente-seguridad)	3
Flexibilidad Operacional:		No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	
No existe opción de producción y no hay opción de repuesto.	4		1
Hay opción de repuesto compartido/almacén	2		
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: Principio de Mantenimiento – Posgrado en Gerencia de Mantenimiento.

Estos factores se evalúan en reuniones de trabajo con la participación de las distintas personas involucradas en el contexto operacional (operaciones, mantenimiento, procesos, seguridad y ambiente). Una vez que se evalúan en consenso cada uno de los factores presentados en la tabla anterior, se introducen en la fórmula de Criticidad Total (I) y se obtiene el valor global de criticidad. Máximo valor de criticidad que se puede obtener a partir de los factores ponderados evaluados = 200.

Para obtener el nivel de criticidad de cada sistema se toman los valores totales individuales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencias,

se ubican en la matriz de criticidad - valor de frecuencia en el eje **Y**, valor de consecuencias en el eje **X**. La matriz de criticidad mostrada a continuación permite jerarquizar los sistemas en tres áreas:

Área de sistemas No Críticos (NC)

Área de sistemas de Media Criticidad (MC)

Área de sistemas Críticos (C)

Matriz General de Criticidad

Ilustración 8. Matriz General de Criticidad.

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Fuente: Principio de Mantenimiento – Posgrado en Gerencia de Mantenimiento.

A continuación se presenta un ejemplo ilustrativo del uso de la metodología de análisis de criticidad:

Planta: Carenero - PDVSA / Sistema: Esferas GLP

Subsistema evaluado: Instrumentación y control

Proceso de evaluación de los factores ponderados (actividad a ser realizada por el equipo natural de trabajo, utilizando los siguientes valores:

Frecuencia de fallas: 2

Impacto Operacional: 7

Flexibilidad: 4

Costos de Mantenimiento: 2

Impacto en SHA: 8

Se sustituyen los valores seleccionados en la expresión de criticidad (I):

Criticidad total = Frecuencia x Consecuencias de fallas

Consecuencias = ((Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mtto. +
Impacto Seguridad, Ambiente e Higiene)

Consecuencias = ((7 x 4) + 2 + 8) = 40

Criticidad Total = 2 X 40 = 80

Luego se ubican los valores obtenidos de frecuencia = 4 (eje **Y**) y consecuencia = 80 (eje **X**) en la matriz de criticidad, con el propósito de obtener la categoría de criticidad correspondiente al subsistema evaluado:

Ilustración 9. Ejemplo de Matriz general de criticidad.

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C	
	3	MC	MC	MC	C	C	
	2	NC	NC	MC	INSTURMENTACIÓN Y CONTROL		C
	1	NC	NC	NC	MC	C	
		10	20	30	40	50	
		CONSECUENCIA					

Fuente: Principio de Mantenimiento – Posgrado en Gerencia de Mantenimiento.

Subsistema evaluado: Instrumentación y Control

Frecuencia = 2

Consecuencias = 40

Categoría de Criticidad = Crítico

2.5 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD Y MANTENIBILIDAD (CMD)

El análisis CDM (Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad), conocido también como análisis RAM (Reliability, Availability and Mantainability) permite pronosticar la producción perdida y la indisponibilidad de un proceso de producción, de acuerdo con su configuración, a la confiabilidad de sus componentes, a las

políticas de mantenimiento, al recurso disponible y a la filosofía operacional. El análisis se sustenta en un modelo de simulación que toma en cuenta:

- La confiabilidad de los equipos.
- La configuración del sistema.
- Las fallas aleatorias y sus reparaciones.
- La influencia del error humano.
- La pérdida de capacidad por degradación.
- El tiempo fuera de servicio por mantenimiento planificado.
- Disponibilidad de recursos humanos y materiales.
- La probabilidad de ocurrencia de eventos especiales no deseados.

El pilar fundamental de este análisis es la construcción de los TPPF y TPPR para los diversos componentes, con base en información provenientes de bases de datos propias, banco de datos genéricos de la industria y opinión de Expertos.

Los objetivos del análisis CMD son los siguientes:

- Prevenir la mayoría de los escenarios de paros o fallas del proceso de producción, modelando las incertidumbres de los procesos de deterioro y fallas que soportaran los equipos, subsistemas y sistemas asociados al citado proceso de producción.
- Identificar las implicaciones económicas de cada escenario probable, considerando la configuración del sistema, confiabilidad del equipo, políticas de mantenimiento y filosofía operacional, para así establecer las estrategias óptimas de mantenimiento.

- Presentar un análisis de sensibilidad con la finalidad de identificar los equipos y sistemas críticos, con el propósito de proponer acciones de mitigación, basados en un análisis de costo y riesgo.

Ilustración 10. Equilibrio de disponibilidad

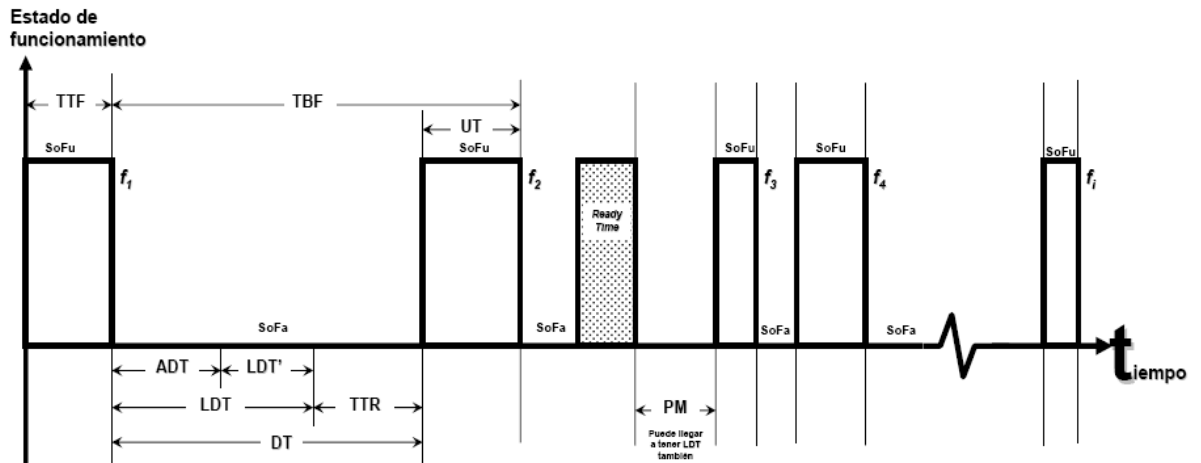


Fuente: Autores

Una vez construido, el modelo CMD trabaja como un simulador “What if....” (qué pasa si....), que permite inferir el impacto que tiene en la disponibilidad y producción diferida del sistema: nuevas políticas de mantenimiento, cambio en la mantenibilidad de los equipos y aplicaciones de nuevas tecnologías, cambio en la configuración de los equipos dentro de los procesos de operación, cambio en las políticas de inventarios e implementación de nuevos métodos de operación.

A continuación mostramos el esquema que muestra el comportamiento de un equipo durante su vida operacional.

Ilustración 11. Tiempos de fallas, de funcionamiento y demás que impiden la funcionalidad o no del sistema o equipo.



Fuente: Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicio.

Donde:

TTF = Time To Failure = Tiempo hasta Fallar (se usa en equipos que solo fallan una vez, no reparables)

fi= Falla i -ésima

m = número de fallas ocurridas en el tiempo que se revisa, desde f_1 hasta f_i .

TTR = Time To Repair = Tiempo que demora la reparación neta, sin incluir demoras ni tiempos logísticos, ni tiempos invertidos en suministros de repuestos o recursos humanos

MTTR = Mean Time To Repair = Tiempo Medio para Reparar = $\Sigma TTR / m$

TBF = Time Between Failures = Tiempo entre Fallas

MTBF = Mean Time Between Failures = Tiempo Medio entre Fallas = $\Sigma TBF / m$

UT = Up Time = Tiempo Útil en el que equipo funciona correctamente.

MUT = Mean Up Time = Tiempo Medio de Funcionamiento entre Fallas = $\Sigma UT / m$

DT = Down Time = Tiempo no operativo

MDT = Mean Down Time = Tiempo Medio de Indisponibilidad o no funcionamiento entre Fallas = $\Sigma DT / m$

ADT = Administrative Delay Time = retrasos administrativos exógenos a la actividad propia de reparación, diferentes al tiempo activo neto de la reparación; ejemplos de estos son: suministro de personal especializado, entrenamiento de recursos humanos requeridos para esa reparación, revisión de manuales de mantenimiento u operación, localización de herramientas, cumplimiento de procesos y/o procedimientos internos, etc.

LDT' = Logistics Delay Time = retrasos logísticos la obtención de insumos para la reparación, en los procesos de mantenimiento o de producción, en los tiempos de suministros, etc. como por ejemplo el tiempo requerido para transporte de repuestos, o el tiempo que hay que esperar a que se construya un repuesto especial por parte de los fabricantes, etc.

LDT = ADT + LDT' = Logistic Down Time = Tiempo total logístico que demora la acción propia de reparación o mantenimiento. Son todos los tiempos exógenos al equipo que retrasan el tiempo activo.

MLDT = Mean Logistics Down Time = Tiempo Medio de Tiempos Logísticos

SoFa = State of Failure = Estado de Falla, el equipo no funciona correctamente

SoFu = State of Functioning = Estado de Funcionamiento correcto

PM = Planned Maintenances = Mantenimientos Planeados, pueden ser preventivos o predictivos.

Ready Time = Tiempo de Alistamiento = el equipo o sistema está disponible, opera pero no produce, no está en carga operativa

La relación entre disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad se puede expresar como:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Confiabilidad}}{\text{Confiabilidad} + \text{Mantenibilidad}}$$

donde interactúan los tiempos útiles UT y los tiempos de fallas debidas a reparaciones (imprevistas) DT, como de otros tiempos relevantes en la disponibilidad o no de las máquinas.

Se puede aproximar la medición de disponibilidad, a la relación entre:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\textit{T tiempo en que el dispositivo opera correctamente y funciona bien}}{\textit{T tiempo en que el elemento o máquina puede operar}}$$

2.5.1 Disponibilidad. Es la probabilidad de que el equipo esté operando satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), tiempo administrativo y tiempo logístico La disponibilidad es una medida importante y útil en casos en que el usuario debe tomar decisiones para elegir un equipo entre varias alternativas. Para tomar una decisión objetiva con respecto a la adquisición del nuevo equipo, es necesario utilizar información que abarque todas las características relacionadas, entre ellas la disponibilidad, que es una medida que suministra una imagen más completa sobre el perfil de funcionalidad.

La disponibilidad está basada únicamente en la distribución de fallas y la distribución de tiempo de reparación. Esta puede ser además usada como un parámetro para el diseño.

2.5.2 Opciones de Disponibilidad. La modelación de la disponibilidad se puede realizar mediante diversas técnicas, desde unas muy simples que se basan en indicadores puntuales e instantáneos que se calculan independientemente de la

estimación de probabilidades y de sus leyes que modelan el CMD, hasta otras más complejas donde sí se tienen en cuenta las distribuciones que simulan el comportamiento de la confiabilidad y de la mantenibilidad, hasta llegar al uso de simulaciones tipo Montecarlo. Al igual existen diferentes disponibilidades de distintos autores y de diferentes instituciones mundiales que tratan el mantenimiento, en el caso particular se usan las cinco: Genérica, Inherente, Alcanzada, Operacional y Operacional Generalizada. Ver Anexo C.

2.5.3 La Confiabilidad. De un equipo es la probabilidad de que desempeñe satisfactoriamente las funciones para las que fue diseñado, durante el período de tiempo especificado y bajo las condiciones de operación dadas.

La confiabilidad es una medida que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un elemento y ayuda en el momento de seleccionar un equipo entre varias alternativas.

La medida de la confiabilidad de un equipo es la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo. Si no hay fallas, el equipo es 100% confiable; si la frecuencia de fallas es muy baja, la confiabilidad del equipo es aún aceptable; pero si la frecuencia de fallas es muy alta, el equipo es poco confiable. Un equipo bien diseñado, perfectamente montado, correctamente probado y apropiadamente mantenido no debe fallar nunca (en teoría); sin embargo, la experiencia ha demostrado que incluso los equipos mejor diseñados, montados y mantenidos fallan alguna vez (Bazovsky,2004).

La confiabilidad está estrechamente relacionada con la calidad de un producto y es con frecuencia considerada un componente de esta. La calidad puede ser definida cualitativamente como la cantidad de satisfacción de los requerimientos de los usuarios de un producto. La confiabilidad se interesa por cuánto tiempo el

producto continúa en funcionamiento después de entrar en operación. Una baja calidad del producto implica una disminución de su confiabilidad, de la misma manera que una calidad alta implica una confiabilidad elevada.

La definición de confiabilidad muestra que existen cuatro características que definen su estructura: probabilidad, desempeño satisfactorio, período y condiciones específicas:

- **Probabilidad.** Las mediciones de CM (Confiabilidad y Mantenibilidad) se hacen en términos de probabilidad, la cual se define en forma clásica como el resultado de dividir el número de veces de los casos estudiados (intentos o eventos, favorables o no) entre el número total posible de casos (intentos o eventos); en la medida que la cantidad de intentos o casos posibles sea mayor la probabilidad se vuelve más exacta y cercana al valor real. Por ejemplo, la probabilidad de un desempeño eficaz durante 80 horas de 0.75 (o 75%), indica que el equipo funciona satisfactoriamente 75 veces de 100 ensayos por al menos 80 horas (Blanchard y otros,1994,14).
- **Desempeño satisfactorio.** Este indica que se deben establecer criterios específicos para describir lo que es considerado como una operación satisfactoria. Una combinación de factores cualitativos y cuantitativos definen las funciones que el sistema (equipo) debe lograr, usualmente son las especificaciones del sistema (Blanchard y otros,1994,14-16). Implica además conocer cuándo el equipo falla y ya no se desempeña satisfactoriamente. Para un automóvil, por ejemplo, un adecuado nivel de satisfacción es que se pueda desplazar, si es así, el auto se desempeña satisfactoriamente, aún si su radio se daña o ciertas luces no funcionan (Leemis,1995,3).
- **Período.** Es la variable aleatoria de la definición de confiabilidad y se refiere a la duración del funcionamiento o duración de vida; no necesariamente tiene

que ser dado en horas, días, meses o años; de acuerdo con el sistema, el tiempo puede ser medido por un reloj, el tiempo exacto de operación, el número de ciclos de operación o incluso en otras medidas como kilómetros recorridos, como es el caso de las llantas de un automóvil (Ebeling,2005) (Ramakumar,1996;3). El análisis de dicha variable aleatoria implica el uso de las distribuciones de probabilidad que deben ser modelos razonables de la dispersión de los tiempos de vida (Nachlas,1995,58).

- **Condiciones de operación.** Son las condiciones en las que se espera que el equipo funcione, y constituyen el cuarto elemento relevante de la definición básica de confiabilidad; incluyen factores como ubicación geográfica donde se espera que el equipo opere, el medio ambiente, vibraciones, transporte, almacenamiento, empaque, cantidad de la carga, etc. (Ramakumar,1996;4).

2.5.4 Mantenibilidad – Reparaciones. Propiedad de un sistema que representa la cantidad de esfuerzo requerida para conservar su funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla. Se dirá que un sistema es "Altamente mantenible" cuando el esfuerzo asociado a la restitución sea bajo. Sistemas poco mantenibles o de "Baja mantenibilidad" requieren de grandes esfuerzos para sostenerse o restituirse. La Mantenibilidad está inversamente relacionada con la duración y el esfuerzo requerido por las actividades de Mantenimiento. Puede ser asociada de manera inversa con el tiempo que se toma en lograr acometer las acciones de mantenimiento, en relación con la obtención del comportamiento deseable del sistema. Esto incluye la duración (horas) o el esfuerzo (horas-hombre) invertidos en desarrollar todas las acciones necesarias para mantener el sistema o uno de sus componentes para restablecerlo o conservarlo en una condición específica.

Depende de factores intrínsecos al sistema y de factores propios de la organización de Mantenimiento. Entre otros muchos factores externos está el personal ejecutor, su nivel de especialización, sus procedimientos y los recursos disponibles para la ejecución de las actividades (talleres, máquinas, equipos especializados, etc.). Entre los factores intrínsecos al sistema está el diseño del sistema o de los equipos que lo conforman, para los cuales el diseño determina los procedimientos de Mantenimiento y la duración de los tiempos de reparación. Un mismo sistema puede poseer una alta "Mantenibilidad" para unos tipos de fallo, pero otra muy baja para otros. (Como en un coche, que respecto del reemplazo de un neumático puede ser catalogado como de alta mantenibilidad, pero no lo es para un reemplazo del cigüeñal por ejemplo.) En estos casos la Figura de Mantenibilidad general provendrá de una ponderación respecto de probabilidad de ocurrencia de los distintos posibles tipos de fallos y el esfuerzo a la actividad de mantenimiento asociada.

En general la forma más clara de medir la mantenibilidad es en términos de los tiempos empleados en las diferentes restauraciones, reparaciones o realización de las tareas de mantenimiento requeridas para llevar nuevamente el elemento o equipo a su estado de Funcionalidad y normalidad. La mantenibilidad expresa la capacidad con que un equipo se deja mantener para ser regresado a su estado de referencia. El mantenimiento son las acciones concretas que se realizan para mejorar la mantenibilidad, siendo esta última la calificación de cómo se realiza el mantenimiento.

En general hasta el momento se puede afirmar que la confiabilidad permite establecer y medir cómo actúa el área de producción en la administración y explotación de los equipos para generar bienes y servicios y, por otro lado la mantenibilidad evalúa la gestión y operación del mantenimiento (Mora,1990c) que se realiza a esos elementos o máquinas. La disponibilidad es el adjetivo calificativo integral de las dos áreas (producción y mantenimiento, actuando

conjuntamente), como de otras divisiones de la empresa; mide la obtención de productos y bienes intangibles de la empresa en general. La confiabilidad es responsabilidad de producción, la mantenibilidad es compromiso de mantenimiento y la disponibilidad es encargo de la gerencia o dirección que está por encima de ambas y que abarca probablemente otras áreas de la compañía.

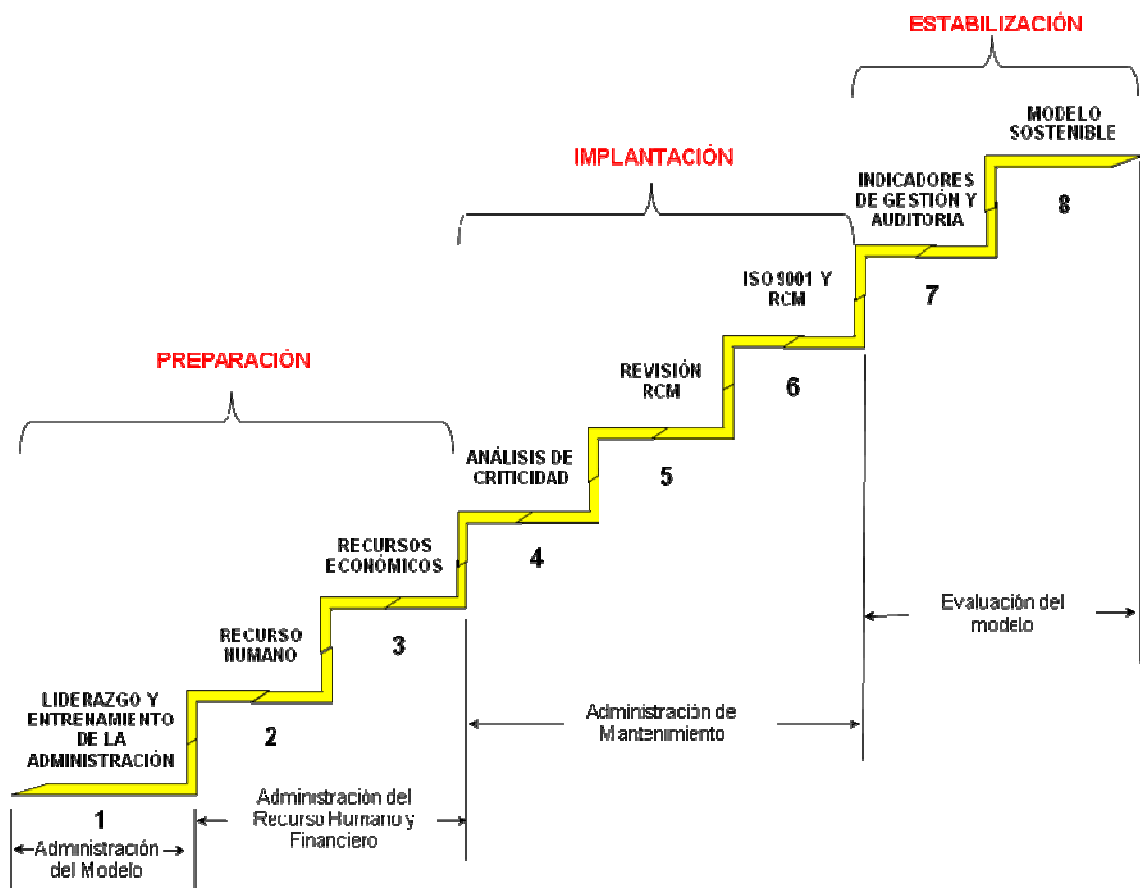
Es más usual que los diseñadores, fabricantes, usuarios e instaladores de máquinas se preocupen más de la funcionalidad del equipo que de su mantenibilidad, en la actualidad se le da mucha importancia por parte de industriales, empresarios de servicios, diseñadores, constructores, ingenieros, técnicos, tecnólogos, expertos, etc., a las medidas de CMD ya que son indicadores científicos y prácticos que permiten controlar todas las actividades inherentes a mantenimiento, producción e ingeniería de fábricas; la industria militar utiliza con mucho énfasis estas metodologías para el control de sus equipos.

La ingeniería de mantenibilidad se crea cuando los diseñadores y fabricantes comprenden la carencia de medidas técnicas y disciplinas científicas en el mantenimiento. Por esto es una disciplina científica que estudia la complejidad, los factores y los recursos relacionados con las actividades que debe realizar el usuario para mantener la mantenibilidad de un producto y que elabora métodos para su cuantificación, evaluación y mejora.

3. MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

El modelo gerencial de mantenimiento basado en confiabilidad propuesto en este trabajo de monografía para la División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander, consta de tres grandes etapas: Preparación, Implantación y estabilización, que a su vez conforman 8 pasos en los que se divide todo el proceso. Ver Ilustración 12.

Ilustración 12. Modelo Gerencial Propuesto.



Fuente: Los autores

3.1 PREPARACIÓN

3.1.1 Liderazgo y entrenamiento de la administración. El liderazgo efectivo y la administración del sistema son vitales para el éxito de la implementación del modelo gerencial. El liderazgo de la administración siembra los fundamentos sobre los cuales se edifica un programa sólido.

Una declaración por escrito del modelo gerencial basado en confiabilidad puede efectivamente reflejar la actitud positiva de la administración sobre el control del mantenimiento y su compromiso con el nuevo modelo. Este tipo de declaración establece el rumbo que conducirá al éxito en la implementación de la nueva administración del mantenimiento.

La intención aquí, es que la declaración del modelo gerencial basado en confiabilidad sea debidamente comunicada y que esté disponible a través de los medios indicados para su uso y referencia regular.

3.1.2 Recurso humanos y financieros. En este paso la gerencia debe destinar los recursos que incluyen tiempo, dinero, personal, herramientas y la ayuda de los grupos gerenciales. La evaluación de la capacidad del personal incluye cosas como calificaciones, entendimiento total de las actividades coordinadas, conocimiento y habilidades para una efectiva implementación, medición y técnicas de evaluación.

3.2 IMPLANTACIÓN

3.2.1 Análisis de Criticidad. La formulación de un programa de mantenimiento centrado en confiabilidad, RCM (Reliability Center Maintenance) por sus siglas en ingles, implica la concentración de recursos en los equipos vitales.

“Antes de comenzar a analizar los requerimientos de mantenimiento de los activos físicos de cualquier organización, necesitamos saber de qué activos se trataran y decidir cuáles de ellos serán sometidos al proceso de revisión de RCM”¹⁴.

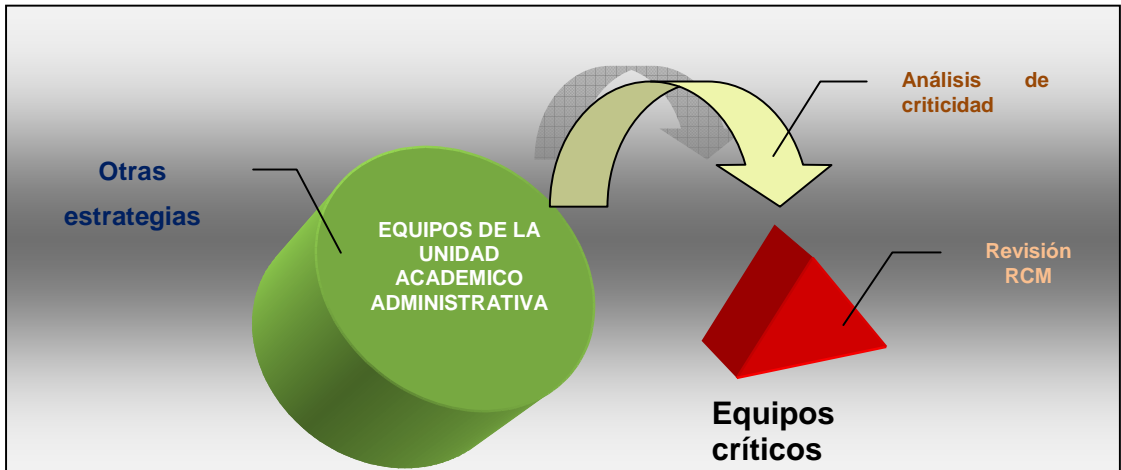
Para la organización, en este caso la Universidad Industrial de Santander, de forma práctica estos equipos son los denominados: equipos críticos (Ilustración 13).

“El equipo crítico es el equipo eléctrico y mecánico cuya parada interrumpe el flujo normal de producción, causa problemas ambientales o de seguridad, o desperdicia energía o demora la entrega a los clientes. Es costoso de mantener, o requiere reparaciones frecuentes o sus repuestos son difíciles de conseguir”¹⁵.

¹⁴ MOUBRAY, Op. Cit., p.16.

¹⁵ BOTERO, Botero Ernesto. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento: Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga: Escuela de Ingeniería Mecánica UIS, 2009. p. 130.

Ilustración 13. Representación de equipos críticos.



Fuente: Los autores

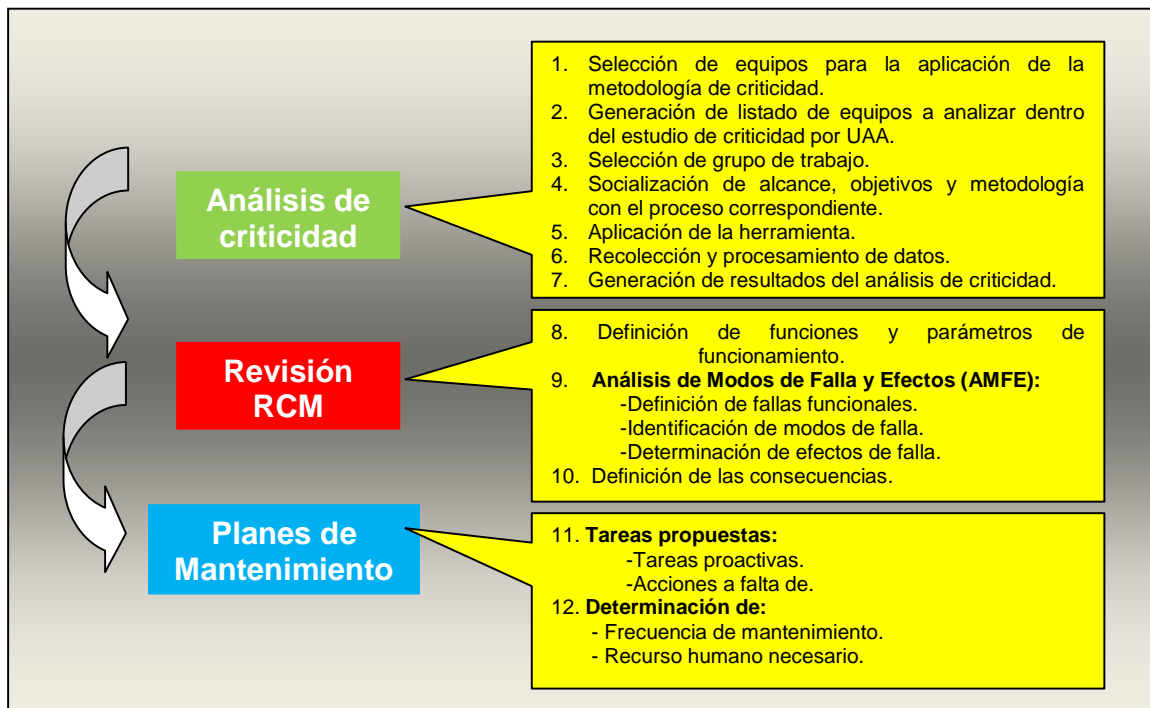
Como primer elemento a tener en cuenta para la propuesta del modelo de gestión para la División de Mantenimiento Tecnológico UIS, es el hecho de la elevada cantidad y clases de equipos existentes en la universidad, como por ejemplo: sistemas ininterrumpidos de potencia, grupos electrógenos, reguladores de voltaje, ascensores, acondicionadores de aire, sistemas de extracción, compresores, calderas, equipos de refrigeración, estufas, hornos, equipos de computo, equipos de telefonía, equipos de telecomunicaciones, sistemas de alarma, equipos para procesos de microfilmación, fotocopiadoras, equipos audiovisuales, impresoras, faxes, balanzas, microscopios etc, distribuidos en el campus principal y las sedes metropolitanas y regionales en el territorio departamental.

Esta realidad determina que si bien es posible en teoría establecer un análisis de criticidad para todos los equipos de la universidad, sería una tarea dispendiosa.

Teniendo en cuenta esta situación, la propuesta que abarca esta monografía articula tres grandes etapas de trabajo en donde se aborda en primera instancia el

proceso necesario para iniciar la identificación de los equipos críticos y luego la aplicación de la metodología de RCM a estos activos, que deben culminar en un plan de mantenimiento acorde con el análisis elaborado.

Ilustración 14. Representación de las macro etapas de la propuesta.



Fuente: Los autores

Esto derivado del hecho que los dos grandes objetivos de la metodología RCM son: Asegurar que los activos físicos continúen haciendo aquello para lo cual fueron adquiridos por el usuario dentro del contexto operacional y determinar la cantidad mínima segura de tareas que deben ser realizadas para preservar sus funciones, constatándose que el inicio del proceso como tal se ocupa directamente de las funciones y parámetros de funcionamiento asociados en el contexto operacional del activo en cuestión.

“El proceso de RCM formula siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta revisar:

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?”¹⁶.

Es evidente que la responsabilidad de determinar a cuales equipos se les implementará este proceso es de la organización, en este caso la Universidad industrial de Santander, a través de la División de Mantenimiento Tecnológico.

3.2.2 Pasos para efectuar el análisis de criticidad. Como se reviso en el capítulo 2, “el análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas o equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea de mayor importancia y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional basado en la realidad actual”¹⁷.

3.2.3 Selección de equipos para la aplicación de la metodología de criticidad. Se propone que la metodología para el análisis de criticidad sea aplicada a los

¹⁶ MOUBRAY, Op. Cit., p.7.

¹⁷ HUERTA, Mendoza Rosendo. El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. Revista Mantener N°6. S.f. Disponible en Internet: <www.confiabilidad.net/art_05/RCM/rcm_8.pdf>

equipos que, según criterio de la Unidad Académico Administrativa responsable del activo, en acompañamiento de la División de Mantenimiento Tecnológico, sean de mayor impacto en la prestación del servicio.

El concepto de mayor impacto debe ser derivado de la experiencia con el funcionamiento del activo, tanto del jefe de la unidad correspondiente como del operador del equipo y del personal de mantenimiento, teniendo en cuenta que serán incluidos en un proceso que se orienta a establecer programas de implementación y prioridades en los siguientes campos: mantenimiento, inspección, materiales, repuestos, disponibilidad y personal.

Este ejercicio terminará con un grupo de equipos, por Unidad académico Administrativa, que serán susceptibles para la aplicación de la metodología.

3.2.4 Generación del listado de equipos a analizar dentro del estudio de criticidad. Los equipos incluidos en el análisis de criticidad, deben ser organizados en un formato que permita la clasificación por Unidad Académico Administrativa.

La tabla 4 muestra un ejemplo del registro de los equipos a estudiar dentro del análisis de criticidad para la división de Bienestar universitario, la Biblioteca Central UIS, el auditorio Luis A. Calvo, y el edificio CENTIC:

De esta forma deben quedar clasificados todos los equipos de mayor impacto para el análisis de criticidad de todas las Unidades Académicas administrativas del campus central de la Universidad Industrial de Santander, pero el análisis puede ser llevado progresivamente a las sedes metropolitanas y regionales.

Tabla 4 Ejemplo de registro de listado de equipos para análisis de criticidad clasificados por Unidad Académico Administrativa.

DIVISIÓN DE BIENESTAR UNIVERSITARIO	
SISTEMA DE CALDERA	COMPRESOR DE SERVICIO PARA SILLAS ODONTOLÓGICAS
MONTACARGAS	EXTRACTOR DE VAPORES COCINA
SISTEMA DE AUTOCLAVE SECCIÓN DE SALUD Y ENFERMERIA	
BIBLIOTECA CENTRAL	
SISTEMA ACONDICIONADOR CENTRAL DE AIRE	MONITORES DE CONSULTA BIBLIOGRÁFICA
ASCENSOR DE SERVICIO PARA USUARIOS	EQUIPO PARA CONTROL DE INGRESO Y SALIDA DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO
AUDITORIO LUIS A. CALVO	
PLANTA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA	SISTEMA DE TRACCIÓN DEL PLAFON
EDIFICIO CENTIC	
PLANTA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA	SISTEMA DE VIGILANCIA POR CIRCUITO DE TELEVISIÓN
ACONDICIONADOR CENTRAL DE AIRE	TRANSMISOR INALAMBRICO DE SISTEMA DE EVACUACIÓN

Fuente: Los Autores

3.2.5 Selección del grupo de trabajo. Se conformará un grupo de personas que serán las encargadas de diligenciar las encuestas que determinaran la criticidad de los activos en cuestión.

En esta etapa seleccionamos personal de la función de operación, que en este caso está representada por personal de la UAA conformada de la siguiente forma:

1. Jefe de la Unidad Académico Administrativa responsable del activo.
2. Operario(s) del activo.

Adicionalmente harán parte del grupo de trabajo personal de la función mantenimiento conformado de la siguiente forma:

1. Jefe de la División de Mantenimiento Tecnológico.
2. Profesional de la División de Mantenimiento Tecnológico. (En este caso su función será la de facilitador del proceso)
3. Técnico encargado del mantenimiento del activo en cuestión.

La propuesta establece entonces que el grupo de trabajo estará conformado por el personal anteriormente nombrado pero existe la posibilidad de permitir flexibilidad en el momento de su conformación para permitir el ingreso de personas conocedores del funcionamiento o administración del equipo. Por ejemplo la División de Bienestar Universitario está organizada con tres mandos: el jefe de la División y dos coordinadores de los servicios de salud y comedores. En este caso ellos también harían parte del grupo de trabajo.

3.2.6 Socialización de alcance, objetivos y metodología con el proceso correspondiente. El grupo de trabajo conformado para cada Unidad Académica Administrativa debe recibir una presentación completa del alcance, objetivos y metodología en el estudio de criticidad, como también recibir una instrucción del diligenciamiento de la encuesta.

Se propone que el encargado de esta socialización sea un profesional especializado en el tema, que haga parte del grupo de trabajo y acompañe la totalidad del proceso.

3.2.7 Aplicación de la herramienta. La herramienta a utilizar en este paso es una encuesta conformada por siete preguntas cuyo objetivo es el de recopilar información para la asignación de prioridades frente a la gestión de los activos físicos de la Universidad Industrial de Santander.

Los factores que se tienen en cuenta en el análisis de criticidad son los utilizados ampliamente en el desarrollo de esta metodología en el sector industrial:

1. Frecuencia de falla del activo.
2. Tiempo promedio para reparar.
3. Impacto sobre la producción.
4. Costo de la reparación.
5. Impacto ambiental.
6. Impacto en salud y seguridad personal.
7. Impacto en la satisfacción al cliente.

En la tabla 5 se muestra la encuesta que se debe utilizar para la recopilación de información de los activos críticos de la Universidad Industrial de Santander.

Tabla 5. Formato de encuesta para el análisis de criticidad

FORMATO PARA ENCUESTA DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD	
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
Objetivo: Esta encuesta busca conocer la importancia que tienen los equipos en el proceso, para un análisis global, teniendo en cuenta los factores planteados a continuación	
FECHA:	UAA:
EQUIPO:	N° INVENTARIO:
UBICACIÓN:	NOMBRE DE LA PERSONA:
1. FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	
	No más de una por año
	Entre 2 y 10 por año
	Entre 11 y 20 por año
	Entre 21 y 50 por año
	Más de 50 por año (Más de una parada semanal)
2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	
	Menos de 4 horas
	Entre 4 y 8 horas
	Entre 8 y 24 horas
	Entre 24 y 48 horas
	Más de 48 horas
3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN	
	No afecta la producción
	25% de impacto
	50% de impacto
	75% de impacto
	La afecta totalmente
4. COSTO DE REPARACIÓN (MILLONES DE PESOS)	
	Menos de 3 millones
	Entre 3 y 15 millones
	Entre 15 y 35 millones
	Más de 35 millones
5. IMPACTO AMBIENTAL	
	No origina ningún impacto ambiental
	Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido del área de ubicación del equipo
	Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la ubicación de la Unidad Académico Administrativa
	Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad universitaria, procesos sancionatorios
6. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	
	No origina heridas ni lesiones
	Puede ocasionar heridas o lesiones leves no incapacitantes
	Puede ocasionar heridas o lesiones graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días
	Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente
	Puede ocasionar la muerte
7. IMPACTO EN LA SATISFACCIÓN AL BENEFICIARIO	
	No ocasiona disminución en la satisfacción de los beneficiarios del servicio
	Ocasiona disminución en la satisfacción de los beneficiarios del servicio

Fuente: Los autores

El concepto utilizado para la estimación de la criticidad de los equipos, se basa en el modelo llamado: factores ponderados.

Esto implica que se debe dar una ponderación a los factores antes mencionados.

“Este es un método semicuantitativo bastante sencillo y práctico, soportado en el concepto del riesgo: **frecuencia de fallas x consecuencias**”¹⁸.

A continuación se presenta de forma detallada la expresión utilizada para jerarquizar sistemas:

Criticidad Total = Frecuencia x Consecuencia de fallas

Frecuencia = Rango de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)

Consecuencias = a + b

a = costo de reparación + impacto en salud y seguridad personal + impacto ambiental + impacto en la satisfacción del beneficiario

b = impacto en la producción x tiempo promedio para reparar MTTR

A continuación se muestra la tabla donde se ponderan los factores que se tienen en cuenta en el análisis de criticidad (Tabla 6).

¹⁸ GONZÁLEZ, Bohórquez Carlos Ramón. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento: Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Escuela de Ingeniería Mecánica UIS, 2009. p. 73.

Tabla 6. Ponderación de factores para el análisis de criticidad

PONDERACIÓN DE LOS FACTORES EN EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD	
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
1. FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)	PUNTAJE
No más de 1 por año	1
Entre 2 y 10 por año	2
Entre 11 y 20 por año	3
Entre 21 y 50 por año	4
Más de 50 por año (Más de 1 parada semanal)	5
2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	PUNTAJE
Menos de 4 horas	1
Entre 4 y 8 horas	2
Entre 8 y 24 horas	3
Entre 24 y 48 horas	4
Más de 48 horas	5
3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN (por el número de fallas al año)	PUNTAJE
No afecta la producción	0.05F
25% de impacto	0.3F
50% de impacto	0.5F
75% de impacto	0.8F
La afecta totalmente	1F
4. COSTOS DE REPARACIÓN	PUNTAJE
Menos de 3 millones de pesos	3
Entre 3 y 15 millones de pesos	5
Entre 15 y 35 millones de pesos	10
Más de 35 millones de pesos	25
5. IMPACTO AMBIENTAL	PUNTAJE
No origina ningún impacto ambiental	0
Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un lugar reducido	5
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la UAA	10
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad UIS	25
6. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	PUNTAJE
No origina heridas ni lesiones	0
Puede ocasionar heridas o lesiones leves no incapacitantes	5
Puede ocasionar heridas o lesiones leves graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días	10
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial	25
Puede ocasionar la muerte	50
7. IMPACTO EN LA SATISFACCIÓN DEL BENEFICIARIO	PUNTAJE
No causa impacto en la satisfacción del beneficiario del servicio	0
Ocasiona impacto en la satisfacción del beneficiario del servicio	20

Fuente: Los autores.

- **Recolección y procesamiento de datos.** Una vez diligenciadas las encuestas por el grupo de trabajo para el total de activos seleccionados para el estudio de criticidad para la Unidad Académico Administrativa, el facilitador procede a su recolección para el procesamiento de datos de la siguiente forma:

Procede a establecer los puntajes de los parámetros derivados de las respuestas de los integrantes del grupo de trabajo como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Ejemplo de arreglo para la determinación de puntajes de parámetros por encuesta. (Respuestas asignadas por un miembro del grupo de trabajo para un equipo asignado).

PARÁMETRO	RESPUESTA	PUNTAJE
Frecuencia de falla	Entre 11 y 20 por año	3
Tiempo promedio para reparar	Entre 24 y 48 horas	4
Impacto en la producción	La afecta totalmente	20
Costos de reparación (pesos)	Entre 3 y 15 millones	5
Impacto ambiental	Contaminación ambiental alta	25
Impacto salud personal	No origina heridas ni lesiones	0
Impacto satisfacción del cliente	Ocasiona impacto	20

Fuente: Los autores

Seguidamente se realiza la misma operación para todas las encuestas de todos los integrantes del grupo de trabajo por equipo a estudiar y se determina la media aritmética de los puntajes obtenidos como lo muestra la Tabla 8.

Tabla 8. Ejemplo de puntajes finales después del cálculo de la media aritmética de los puntajes individuales para un equipo asignado.

PARÁMETRO	PUNTAJE FINAL
Frecuencia de falla	2.9
Tiempo promedio para reparar	3.3
Impacto en la producción	13.8
Costos de reparación (pesos)	8
Impacto ambiental	20
Impacto salud personal	4.3
Impacto satisfacción del cliente	10

Fuente: Los autores

Seguidamente se procede a calcular la criticidad total del equipo bajo estudio haciendo uso de la ecuación:

Criticidad Total = Frecuencia de falla x Consecuencia de fallas

Recordando que:

Consecuencias = a + b

a = costo de reparación + impacto en salud y seguridad personal + impacto ambiental + impacto en la satisfacción del beneficiario

b = impacto en la producción x tiempo promedio para reparar MTTR

Finalmente se obtiene:

CRITICIDAD = [2.9] x [(8+4.3+20+10) + (13.8x3.3)]

CRITICIDAD = 254.736

Se establece el siguiente rango de criticidades:

Criticidad menor a 100, equipos de criticidad baja.

Criticidad igual o mayor a 100 pero menor a 175, equipo medianamente crítico.

Criticidad igual o mayor a 175, equipo altamente crítico.

- **Generación de resultados del análisis de criticidad.** Se debe generar una lista ordenada de mayor a menor criticidad para la totalidad de los equipos incluidos en el análisis por unidad académico administrativa como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Ejemplo de resultado de análisis de criticidad por Unidad Académico Administrativa.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
EDIFICIO CENTIC		
ITEM	EQUIPO	CRITICIDAD
1	GRUPO ELECTRÓGENO	250.3
2	SISTEMAS ININTERRUMPIDOS DE POTENCIA DE SERVIDORES	203.4
3	ACONDICIONADOR DE AIRE CENTRAL	186.4
4	SISTEMA DE VIGILANCIA POR CIRCUITO DE TELEVISIÓN	155.7
5	SISTEMA AUTOMÁTICO CONTRA INCENDIOS	137.3
6	SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA	136.1
	ALTAMENTE CRÍTICO	
	MEDIANAMENTE CRÍTICO	

Fuente: Los autores.

3.2.8 Pasos para la revisión RCM. Una vez determinados los equipos críticos de los procesos que constituyen la Universidad Industrial de Santander, el modelo propuesto establece en la fase de la implementación seguir con el Análisis de Modos de Falla y Efectos AMFE, de forma que se pueda articular esta tarea con la determinación de las consecuencias de las fallas y de esta forma establecer cuáles serán las tareas, frecuencias, y recursos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento que se deriven del estudio.

Como se menciona en párrafos anteriores el estudio RCM debe ser aplicado a los equipos clasificados en las bandas de alta y mediana criticidad y esta decisión debe ser tomada por la Unidad académico Administrativa dueña del activo y la División de Mantenimiento Tecnológico.

El análisis RCM para estos activos debe abarcar los siguientes elementos de estudio frente a cada uno de los activos en cuestión: funciones, fallas funcionales, análisis de modo de falla y sus efectos, consecuencia de fallas y determinación de actividades de mantenimiento.

3.2.9 Funciones. En esta parte se debe asegurar que todas las funciones de los activos determinados para las Unidades Académico Administrativas queden determinadas en su totalidad. Las funciones en el estudio RCM se clasifican como funciones primarias y secundarias, teniendo en cuenta que las funciones primarias son la razón principal por las que el activo es adquirido y son comúnmente clasificadas como múltiples independientes y en serie. Las funciones son las actividades que deba hacer el activo.

Existe también otro grupo de funciones que realiza el activo de forma adicional a las primarias y son llamadas funciones secundarias y abarcan aspectos como: la

aparición, la seguridad, el control, aspectos ecológicos, la protección y la eficiencia.

Es importante tener en cuenta en esta etapa la definición asociada a las funciones de los estándares o parámetros de funcionamiento, y el contexto operacional de funcionamiento.

3.2.10 Fallas funcionales. Seguidamente se procede a determinar las fallas funcionales de los activos, teniendo en cuenta que estas fallas se definen como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario.

3.2.11 Análisis de Modo de Falla y Efectos. En este paso se busca determinar los eventos que causan cada una de las fallas funcionales establecidas en el paso anterior. En este momento es importante resaltar que en la definición de estos modos de falla se deben enunciar de forma detallada para poder seleccionar una estrategia de manejo de falla apropiada.

Los modos de falla pueden ser clasificados en tres grupos de la siguiente forma:

- Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado.
- Cuando el funcionamiento deseado se eleva encima de la capacidad inicial.
- Cuando desde el comienzo el activo físico no es capaz de hacer lo que se quiere.

La mejor forma para llevar a cabo este análisis es por medio de un grupo de trabajo, que debe estar familiarizado con cada activo en cuestión. Se propone que este grupo sea el mismo grupo de trabajo utilizado para el análisis de criticidad, el cual debe estar acompañado de un especialista en la implementación de

estrategias de mantenimiento centrado en confiabilidad para garantizar que se cumpla con éxito esta actividad.

3.2.12 Modos de Falla. Son las razones o eventos que dan lugar a las fallas funcionales. Son las condiciones que se presentan, como desgaste, fractura, pérdida de calibración, suciedad, atascamiento, etc., es decir, lo que hace que el equipo, sistema o activo no realice la función deseada. Adicionalmente, se describen las causas de falla ocasionadas por error humano, error de diseño o error en el proceso. Cada falla funcional puede ser originada por más de un modo de falla y cada modo de falla tendrá asociado ciertos efectos, que son básicamente las consecuencias de que dicha falla ocurra.

3.2.13 Efectos de Falla: Los Efectos de fallas son simplemente los que pueden observarse si se presenta un modo de falla en particular. La descripción de un efecto de falla debe cumplir con los siguientes criterios:

- ◆ Tener la información necesaria para determinar consecuencias y tareas de mantenimiento.
- ◆ Debe describirse como si no estuviera haciéndose algo para prevenirlos.
- ◆ Debe considerarse que el resto de los dispositivos y procedimiento operacionales funcionan o se llevan a cabo.

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad categoriza los efectos de acuerdo a sus consecuencias en: fallas ocultas, seguridad y/o ambiente, operacionales y no operacionales.

3.3.14 Planes de Mantenimiento: En la tercera etapa se determinan los planes de mantenimiento que son el resultado de la aplicación de las dos etapas anteriores, a saber: estudio de criticidad y revisión RCM.

Luego de analizar las funciones, fallas funcionales, modos de falla y sus consecuencias, el siguiente paso consiste en seleccionar las actividades de mantenimiento.

Para establecer las acciones de mantenimiento requeridas, se tiene en cuenta el tipo de consecuencia que ocasiona cada falla (oculta, seguridad, ambiente, operacional y no operacional), y se deberá ejecutar una acción: predictiva, preventiva, rediseño, o simplemente dejar fallar.

Para la ayuda del registro de estas actividades, la revisión RCM presenta dos tablas denominadas de información y decisión que permiten llevar de una forma ordena y sistemática toda la información generada por el proceso de revisión.

Ilustración 15. Hoja de información RCM.

HOJA DE TRABAJO RCM							
Equipo: Transportador			Equipo de trabajo:			Fecha de realización	
Componente: Conjunto tornillo sin fin			Abrobado por			Fecha de aprobación	
C.F.	FUNCIÓN	C.F.F.	FALLA DE FUNCIÓN	C.M.F.	MODOS DE FALLA	EFFECTOS DE LOS MODOS DE FALLA (Qué sucede cuando falla)	
1		1A					
				1B			

Fuente: Los autores

ISO 9001 y RCM se complementan entre sí de forma casi perfecta, puesto que una correcta documentación de cada uno de los procedimientos que se deben seguir en cada una de las tareas en cada equipo o activo en particular harán que la administración del mantenimiento alcance su estabilidad y sostenibilidad en el tiempo más rápidamente, llegando a un nivel de cero fallas.

3.3 ESTABILIZACIÓN

3.3.1 Indicadores de gestión y de auditoría. En esta etapa se busca medir o cuantificar los resultados obtenidos con la implementación del RCM, medir el desempeño del mantenimiento, su efectividad, confiabilidad y eficacia.

Si se aplica correctamente la metodología RCM esta proveerá la estructura más robusta disponible actualmente para la formulación de estrategias de administración de activos. Estas estrategias inciden profundamente sobre la seguridad, la integridad ambiental y el bienestar económico de la organización que utiliza los activos. Sin embargo, si a pesar de los mejores esfuerzos de las personas que aplican el proceso, ocurre una falla catastrófica, todas las decisiones tomadas con RCM serán sometidas a una profunda y a veces muy controvertida, revisión por parte de instituciones regulatorias, compañías aseguradoras y representantes de las víctimas (o de los sobrevivientes). Como resultado de esto, al utilizar RCM se debe tener mucho cuidado en asegurarse que la gente que lo aplica sepa bien lo que está haciendo, y en estar satisfechos que sus decisiones son sensatas y defendibles. Las auditorías RCM implican una revisión formal de los contenidos de las hojas de información y de decisión de RCM.

Si algo realmente malo llegara a ocurrir, los gerentes tienen la responsabilidad final sobre el activo, con lo que tienen interés personal en que sus empleados y

ellos mismos sigan los pasos necesarios para evitar este tipo de sucesos. Los gerentes no tienen por qué hacer las auditorías ellos mismos, con lo que podrían delegarlas en una persona de su entera confianza, De todos modos, si se hace esto, debe entenderse siempre que las auditorías se realizan en representación del gerente, con lo que en la última instancia la responsabilidad por las decisiones tomadas sigue recayendo sobre ellos. (Todo aquel que lleve a cabo las auditorías debe estar altamente capacitado en RCM). Si el auditor no está de acuerdo con cualquier resultado o conclusión, debe discutir el asunto con la gente que llevó a cabo el análisis. En este punto, los auditores deben estar preparados para aceptar que ellos también pueden estar equivocados.

La auditoría debe realizarse tan pronto como sea posible una vez el análisis haya sido completado, por tres razones:

- La gente que realizó el análisis está ansiosa por ver los resultados de su esfuerzo puesto en la práctica.
- La gente todavía recuerda claramente por qué tomaron cada decisión.
- Cuanto antes se implementen las decisiones, antes la División de Mantenimiento obtendrá los beneficios.

3.3.2 Modelo sostenible. Con la perduración de RCM en el tiempo se logra una mejora continua en el mantenimiento y en la producción, esto hace que se haga un uso más eficiente de los recursos económicos y se alcancen niveles de satisfacción mayores y la percepción de la comunidad universitaria hacia la división sea positiva. Estos buenos resultados deben llevar a que la División de Mantenimiento Tecnológico también perdure en el tiempo prestando sus servicios a las diferentes unidades académico administrativas.

4. EJEMPLO DE APLICACIÓN PARA EL PROCESO DE BIENESTAR ESTUDIANTIL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Como proyecto piloto se implementa la propuesta en el proceso de apoyo Bienestar estudiantil, sección de comedores, de forma que sirva como guía para el desarrollo de otras Unidades Académico Administrativas interesadas en realizar una gestión integral en sus activos.

4.1 SELECCIÓN DEL GRUPO NATURAL DE TRABAJO

El grupo natural de trabajo debe estar conformado por personal de operaciones, personal de mantenimiento y un facilitador del proceso de revisión RCM. (Ilustración 18).

Ilustración 18. Conformación del grupo natural de trabajo.



Fuente: Los autores

Para la sección de comedores del proceso de Bienestar Estudiantil se escogió el siguiente recurso humano ver Ilustración 19.

Ilustración 19. Grupo de trabajo para la sección de comedores del proceso de apoyo: Bienestar Estudiantil UIS.

NOMBRE	UNIDAD
CONSUELO SERRANO	BU
RAFAEL PEÑALOZA	DMT
JESUS SANCHEZ	DMT
EVER FRAUTER BUENO	FACILITADOR
OSCAR TARAZONA	INSOLTEC

Fuente: Los autores

BU= Bienestar Estudiantil.

DMT= División de Mantenimiento Tecnológico UIS.

INSOLTEC= Empresa externa proveedora de servicios de mantenimiento.

4.2 DETERMINACIÓN DE EQUIPOS DE MAYOR IMPACTO

Se procede mediante consultas realizadas al grupo de trabajo, determinar los equipos de mayor impacto o importancia en la prestación del servicio del proceso frente a la preparación de alimentos para el consumo humano de los estudiantes beneficiarios del servicio universitario.

Se llega a la conclusión de que son 15 los equipos de mayor impacto dentro del total de activos utilizados en el proceso. (Ilustración 20).

Ilustración 20. Equipos de mayor impacto en la sección de comedores del proceso de apoyo: Bienestar Estudiantil UIS.

EQUIPOS PRIORITARIOS SECCIÓN DE COMEDORES DE BIENESTAR UNIVERSITARIO	
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
1	MARMITAS
2	HORNO DE CADENA
3	HORNO ELÉCTRICO
4	CALDERA
5	PELADORA
6	CUARTOS FRIOS
7	LICUADORA INDUSTRIAL
8	PROCESADOR DE VEGETALES
9	MAQUINA DE CAFÉ
10	BASCULA DE PESAJE DE ALIMENTOS
11	ESTUFAS A GAS
12	MONTACARGAS
13	NEVERAS
14	CONGELADORES HORIZONTALES
15	CONGELADORES VERTICALES

Fuente: Los autores

4.3 ENCUESTA DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Se realiza la encuesta para el análisis de criticidad en el formato establecido. Esta encuesta es diligenciada por el total de participantes del grupo de trabajo. En la ilustración 21 se muestra la encuesta realizada por la jefe de la sección de comedores para el equipo montacargas: Consuelo Serrano Vega

Ilustración 21. Encuesta para análisis de criticidad realizada por el jefe del servicio de comedores.

FORMATO PARA ENCUESTA DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD			
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			
Objetivo: Esta encuesta busca conocer la importancia que tienen los equipos en el proceso, para un análisis global, teniendo en cuenta los factores planteados a continuación.			
FECHA: 22/01/10		UAA: Bienestar Universitario	
EQUIPO: Montacargas		N° INVENTARIO: 39697	
UBICACIÓN: Edificio de Sección Comedores.		NOMBRE DE LA PERSONA: Consuelo Serrano	
1. FRECUENCIA DE FALLA (TODO TIPO DE FALLA)		2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	
No más de una falla por año		Menos de 4 horas	
Entre 2 y 10 por año		Entre 4 y 8 horas	
Entre 11 y 20 por año		Entre 8 y 24 horas	
Entre 21 y 50 por año		Entre 24 y 48 horas	
Más de 50 por año (Más de una parada semanal)		Más de 48 horas	
5 3		←	
3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN		4. COSTO DE REPARACIÓN (MILLONES DE PESOS)	
No afecta la producción		Menos de 3 millones	
25% de impacto		Entre 3 y 15 millones	
50% de impacto		Entre 15 y 35 millones	
75% de impacto		Más de 35 millones	
La afecta totalmente			
50 3		←	
5. IMPACTO AMBIENTAL			
No origina ningún impacto ambiental			
Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido del área de ubicación del equipo			
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la ubicación de la Unidad Académico Administrativa			
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad universitaria, procesos sancionatorios			
5 ←			
6. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL			
No origina heridas ni lesiones			
Puede ocasionar heridas o lesiones leves no incapacitantes			
Puede ocasionar heridas o lesiones graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días			
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente			
Puede ocasionar la muerte			
50 ←			
7. IMPACTO EN LA SATISFACCIÓN AL BENEFICIARIO			
No ocasiona disminución en la satisfacción de los beneficiarios del servicio			
Afecta levemente la satisfacción de los beneficiarios del servicio			
Ocasiona disminución considerable en la satisfacción de los beneficiarios del servicio			
20 ←			

Fuente: Los autores

4.4 TABULACIÓN DE INFORMACIÓN

Una vez aplicada la encuesta para el inventario de equipos de mayor impacto, y realizada al grupo de trabajo, se procede a tabular los datos obtenidos en una hoja de Excel con relación a los factores ponderados en el análisis de criticidad. (Ilustración 22).

Ilustración 22. Tabulación de resultados derivados de la encuesta de criticidad para las estufas a gas y el horno de cadena.

SECCIÓN DE COMEDORES / BIENESTAR UNIVERSITARIO							
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER							
RESULTADO ANÁLISIS DE CRITICIDAD	PROMEDIOS ESTUFAS A GAS						
PERSONA ENTREVISTADA	1. FRECUENCIA DE FALLAS	2. MTTR	3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN	4. COSTO DE REPARACIÓN	5. IMPACTO AMBIENTAL	6. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	7. IMPACTO EN LA SATISFACCIÓN AL BENEFICIARIO
JEFE SECCIÓN DE COMEDORES	2	3	10	3	10	50	20
TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	2	4	8	3	5	10	20
PROFESIONAL DE MANTENIMIENTO	2	3	5	3	5	10	20
RESULTADOS PROMEDIADOS	2,000	3,333	7,667	3,000	6,667	23,333	20,000
SECCIÓN DE COMEDORES / BIENESTAR UNIVERSITARIO							
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER							
RESULTADO ANÁLISIS DE CRITICIDAD	PROMEDIOS HORNO DE CADENA						
PERSONA ENTREVISTADA	1. FRECUENCIA DE FALLAS	2. MTTR	3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN	4. COSTO DE REPARACIÓN	5. IMPACTO AMBIENTAL	6. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	7. IMPACTO EN LA SATISFACCIÓN AL BENEFICIARIO
JEFE SECCIÓN DE COMEDORES	1	3	1	3	5	50	20
TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	2	3	10	3	5	5	20
PROFESIONAL DE MANTENIMIENTO	2	4	8	5	0	10	20
RESULTADOS PROMEDIADOS	1,667	3,333	6,333	3,667	3,333	21,667	20,000

Fuente: Los autores

4.5 CÁLCULO DE LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS

La criticidad es obtenida desde el concepto de frecuencia de falla y consecuencia. Se procede a calcular la criticidad para el total de equipos de mayor impacto y la información es tabulada en una hoja de Excel. (Ilustración 23).

Ilustración 23. Cálculo de criticidad para los equipos de mayor impacto de la sección de comedores del proceso Bienestar estudiantil.

SECCIÓN DE COMEDORES / BIENESTAR UNIVERSITARIO									
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER									
RESULTADO ANÁLISIS DE CRITICIDAD	EQUIPOS CRÍTICOS SECCIÓN DE COMEDORES BIENESTAR UNIVERSITARIO								
EQUIPO	1. FRECUENCIA DE FALLAS	2. MTTR	3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN	4. COSTO DE REPARACIÓN	5. IMPACTO AMBIENTAL	6. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	7. IMPACTO EN LA SATISFACCIÓN AL BENEFICIARIO	CONSECUENCIA DE FALLA	CRITICIDAD
CONGELADORES HORIZONTALES	2,000	2,667	4,333	3,000	5,000	3,333	10,000	32,9	65,8
NEVERAS	1,667	2,667	2,267	3,000	5,000	3,333	10,000	27,4	45,6
MONTACARGAS	4,333	2,000	26,333	3,000	1,667	33,333	20,000	110,7	479,6
ESTUFAS A GAS	2,000	3,333	7,667	3,000	6,667	23,333	20,000	78,6	157,1
HORNO DE CADENA	1,667	3,333	6,333	3,667	3,333	21,667	20,000	69,8	116,3
HORNO ELÉCTRICO	1,667	2,667	3,767	3,000	1,667	20,000	10,000	44,7	74,5
CALDERA	1,333	2,333	4,000	5,000	8,333	36,667	20,000	79,3	105,8
PELADORA	1,667	3,333	6,767	3,000	1,667	11,667	16,667	55,6	92,6
CUARTOS FRIOS	1,667	3,000	6,267	3,667	6,667	18,333	20,000	67,5	112,4
LICUADORA INDUSTRIAL	1,667	3,333	4,433	3,000	1,667	6,667	16,667	42,8	71,3
PROCESADOR DE VEGETALES	1,667	2,333	6,767	3,000	1,667	18,333	16,667	55,5	92,4
MAQUINA DE CAFÉ	1,000	2,000	0,533	3,000	1,667	3,333	13,333	22,4	22,4
BASCULA DE PESAJE DE ALIMENTOS	1,000	2,333	0,050	3,000	0,000	1,667	0,000	4,8	4,8
MARMITAS	2,333	4,333	6,017	5,222	3,889	16,111	22,222	73,5	171,5
CONGELADORES VERTICALES	1,667	2,667	2,833	3,000	5,000	3,333	10,000	28,9	48,1

Fuente: Los autores.

4.6 JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS SEGÚN CRITICIDAD

Obtenidos los resultados anteriores se procede a jerarquizar de mayor a menor criticidad los equipos de alto impacto en el proceso. Esto permite establecer el rango de equipos de alta, mediana y baja criticidad. En la ilustración 24 se muestra

la lista de equipos de mayor impacto en el proceso frente a la lista de equipos jerarquizados según su nivel de criticidad.

Ilustración 24. Lista de equipos de alto impacto vs lista de equipos jerarquizados según su nivel de criticidad.

LISTA DE EQUIPOS DE MAYOR IMPACTO		LISTA DE EQUIPOS ORDENADOS SEGÚN SU CRITICIDAD		
EQUIPOS PRIORITARIOS SECCIÓN DE COMEDORES DE BIENESTAR UNIVERSITARIO		ORDEN	EQUIPO	CRITICIDAD
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		1	MONTACARGAS	479,6
1	MARMITAS	2	MARMITAS	171,5
2	HORNO DE CADENA	3	ESTUFAS A GAS	157,1
3	HORNO ELÉCTRICO	4	HORNO DE CADENA	116,3
4	CALDERA	5	CUARTOS FRIOS	112,4
5	PELADORA	6	CALDERA	105,8
6	CUARTOS FRIOS	7	PELADORA	92,6
7	LICUADORA INDUSTRIAL	8	PROCESADOR DE VEGETALES	92,4
8	PROCESADOR DE VEGETALES	9	HORNO ELÉCTRICO	74,5
9	MAQUINA DE CAFÉ	10	LICUADORA INDUSTRIAL	71,3
10	BASCULA DE PESAJE DE ALIMENTOS	11	CONGELADORES HORIZONTALES	65,8
11	ESTUFAS A GAS	12	CONGELADORES VERTICALES	48,1
12	MONTACARGAS	13	NEVERAS	45,6
13	NEVERAS	14	MAQUINA DE CAFÉ	22,4
14	CONGELADORES HORIZONTALES	15	BASCULA DE PESAJE DE ALIMENTOS	4,8
15	CONGELADORES VERTICALES			

Fuente: Los autores.

4.7 REVISIÓN RCM A EQUIPO DE MAYOR CRITICIDAD.

Según se puede observar en los resultados del análisis de criticidad, el equipo montacargas es el de mayor nivel de criticidad (479,6) por su frecuencia de fallas producidas en el 2009 (4,333).

Se procede a realizar la revisión RCM descrita en este proyecto y se utilizan las hojas de información y revisión establecidas. (Ilustración 25 y 26).

Ilustración 25. Hoja de información equipo montacargas.

HOJA DE TRABAJO RCM						
Equipo: Montacargas seccion comedores UIS			Equipo de trabajo: División de Mantenimiento UIS		Fecha de realización: 12/02/09	
Componente: De control			Elaborado por: Ever Frauter Bueno y Carlos Vera		Fecha de aprobación:	
C.F.	FUNCIÓN	C.F.F.	FALLA DE FUNCIÓN	C.M.F.	MODOS DE FALLA	EFFECTOS DE LOS MODOS DE FALLA (Qué sucede cuando falla)
1	Transportar cargas maximas de 100 Kg de alimentos desde niveles cocina-comedor-cafeteria	1A	Incapaz de transportar cargas de alimentos	1A1	El motor de carga no esta en funcionamiento	No se genera movimiento de la cabina
				1A2	La guaya de cargue se descarrila	El motor se encuentra en funcionamiento pero la cabina permanece estatica
				1A3	El sensor de carga registra cargas superiores a las permitidas	La cabina permanece estatica y el sistema no entra en funcionamiento
				1A4	El control logico programable detiene su funcionamiento	El sistema permanece encendido pero inactivo, la cabina se ubica en el tercer nivel y no recibe ordenes de operacion
				1A5	Los contactores de control no se accionan	El sistema electrico entra en cortocircuito
				1A6	Los guardamotores se activan	No permite la entrada en funcionamiento del motor
				1A7	El controlador logico programable se desprograma	El sistema presenta funcionamiento erratico, sin control
		1B		1B1	El sensor de carga emite falsas lecturas	La cabina permanece estatica y el sistema no entra en funcionamiento
				1B2	Se acciona el final de carrera de emergencia	El montacargas se ubica en el primer nivel y no recibe ordenes de servicio
2	Detener la cabina en los niveles seleccionados	2A	No se puede controlar la parada de la cabina	2A1	Los finales de carrera de servicio no se accionan	La cabina no para en el nivel establecido por el usuario
3	Abrir y cerrar puerta de acceso y retiro de carga	3A	No puede abrir la puerta de servicio	3A1	Los switches de hall estan en circuito abierto	La cabina puede iniciar recorrido con la puerta abierta
				3A2	Las cantoneras de las chapas se pegan por sobretension	La puerta no se puede abrir
				3A3	Desbalanceo entre el cuerpo de la cabina y la puerta de acceso	La puerta no se puede cerrar
4	Emitir informacion auditiva de llegada de la cabina	4A	No puede emitir aviso de llegada a piso de la cabina	4A1	Las bocinas estan quemadas	No se emite informacion auditiva de llega de la cabina al nivel correspondiente.
				4A2	El voltaje de alimentacion es inferior a 24 voltios	No se energizan los contactos de la bocina
				4A3	La salida del PLC de sonido esta quemada	El sistema esta en funcionamiento pero no se advierte la llegada de la cabina
				4A4	Cable de alimentacion roto	Se abre el circuito y no entran en funcionamiento las bocinas de advertencia

Fuente: Los autores.

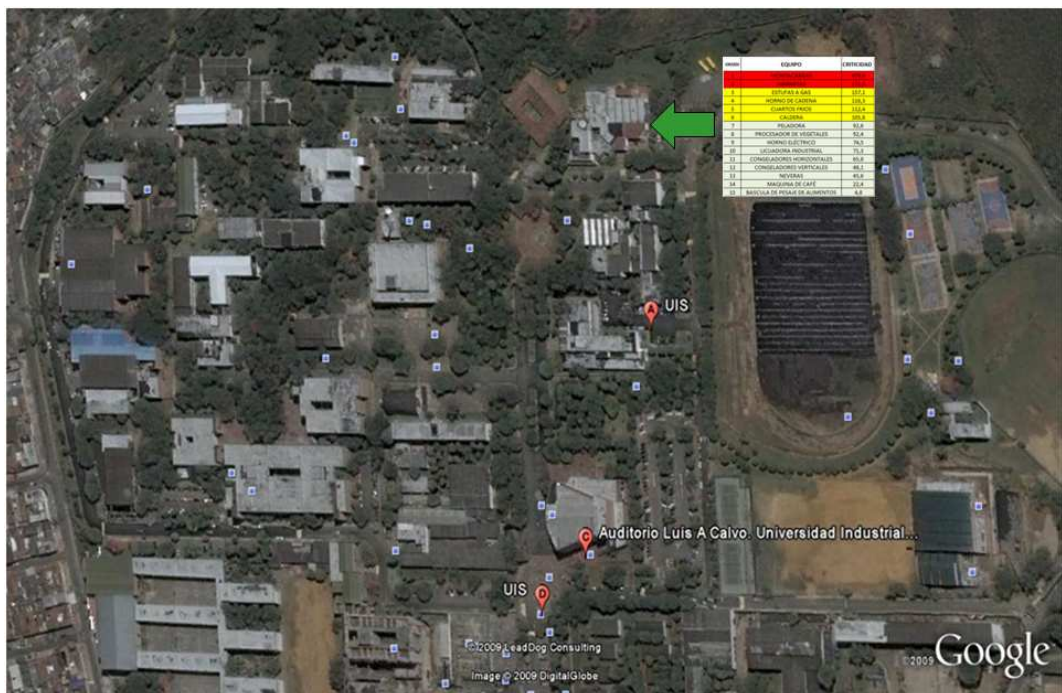
Ilustración 26. Hoja de decisión equipo montacargas.

HOJA DE TRABAJO RCM															
Equipo Montacargas							Equipo de trabajo: DMT UIS				Fecha de realización 12/02/2009				
Componente De control							Abrobado por				Fecha de aprobación				
Ref. Información			Evaluación Consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frec. Inicial	A realizar por...
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H5	S4			
1	A	1	Y	N	N	Y	Y						Revisar funcionamiento de motor	Semestral	Electrico
1	A	2	N	Y	N								Inspeccionar que la guaya se encuentre bien enrollada en el carrete	Bimensual	Mecanico
1	A	3	N	Y	N	Y	Y						Comprobar la calibracion del sensor con equipo patron	Semestral	Electronico
1	A	4	Y	Y	N	Y	Y						Realizar rutina de prueba de comandos del PLC	Bimensual	Electronico
1	A	5	Y	Y	N	Y	Y						Limpieza y revision de las bobinas de los contactores	Semestral	Electronico
1	A	6	Y	N	N								Limpieza y revision de contactos secos	Bimensual	Electronico
1	A	7	Y	N	N	Y	Y						Revisar la programacion de usuario en la memoria EPROM	semestral	Electronico
1	B	1	N	Y	N								Realizar rutina de verificacion de sensor	Mensual	Electronico
1	B	2	Y	Y	N								Realizar rutina de inspeccion del final de carrera, revisar accionamientos	Bimensual	Electronico
2	A	1	Y	N	N	N	N	Y					Realizar rutina de verificacion de sensor	Bimensual	Electronico
3	A	1	Y	N	N	N	N	Y					Comprobación micros de cerradura de puertas	Bimensual	Electronico
3	A	2	Y	Y	N								Revisar funcionamiento de las cantoneras	Bimensual	Mecánico
3	A	3	Y	Y	N	Y	Y						Revisar el cierre mecanico de la puerta	Bimensual	Mecanico
4	A	1	N	Y	N	N	N	Y					Revisar bobinas de alimentacion de las bocinas	Semestral	Electronico
4	A	2	Y	N	N	Y	Y						Realizar medicion de voltaje con multimetro	Semestral	Electronico
4	A	3	Y	N	N	Y	Y						Revisar voltajes de salida del PLC	Semestral	Electronico
4	A	4	Y	N	N	Y	Y						Relizar medicion de continuidad de circuito de alimentacion	Semestral	Electronico

Fuente: Los autores.

4.8 DISTRIBUCIÓN DE CONFIABILIDAD SOBRE PLANIMETRÍA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Ilustración 27. Fotografía del campus principal y ubicación del proceso Bienestar Estudiantil con los equipos críticos de la sección de comedores UIS.



Fuente: Los autores

La propuesta busca que todos los procesos de la Universidad Industrial de Santander determinen sus equipos críticos y frente a ellos establecer las tareas de mantenimiento que son el resultado de la revisión RCM, de manera que se tenga un control real de los equipos frente a su gestión de mantenimiento y se identifiquen aquellos procesos donde una falla puede acarrear grandes consecuencias en la actividad de la comunidad universitaria.

5. ALCANCES DEL MODELO GERENCIAL

Con la correcta implementación del modelo basado en confiabilidad (RCM) propuesto en este documento se alcanzan cinco resultados tangibles:

- Clasificación por áreas administrativas o edificios, de los equipos según su criticidad para el campus central.
- Documentación completa de la función de cada equipo, sus fallas funcionales, modos de falla y efectos de la falla.
- Programas de mantenimiento a ser realizados por el Departamento de Mantenimiento Tecnológico.
- Procedimientos de operación para los operadores de los activos.
- Una lista de cambios que se deben hacer al diseño del activo físico o a la manera en que es operado, para saber actuar en situaciones en las que el equipo no proporciona el funcionamiento deseado con su configuración actual.

Adicionalmente las personas participantes del proceso de implementación, aprenden mucho sobre como el activo trabaja, y también se hace notoria la tendencia a trabajar en equipo.

5.1 QUÉ LOGRA EL MODELO PROPUESTO

El análisis que se hace a continuación y los resultados que se entregan son una estimación de lo que se puede lograr en la División de Mantenimiento Tecnológico de la universidad, basado en la información teórica propuesta por diferentes autores.

El uso de este modelo ayuda a satisfacer expectativas, requeridas para alcanzar una administración del mantenimiento de tercera generación y obtener:

- Mayor disponibilidad y confiabilidad de los equipos.
- Mayor seguridad.
- Mejor calidad de los productos y servicios.
- No se afecta el medio ambiente.
- Mayor duración de los equipos.
- Mejor costo – Efectividad.

5.1.1 Mayor seguridad e integridad ambiental. Para lograr un aumento en la seguridad e integridad ambiental, este modelo considera las implicaciones ambientales y para la seguridad de cada patrón de falla antes de considerar su efecto en las operaciones. Esto significa que se actúa para minimizar o eliminar todos los riesgos identificables relacionados con la seguridad de los equipos y el ambiente.

Al incorporar la seguridad a la toma de decisiones de mantenimiento e involucrar grupos de operadores y mantenedores directamente en el análisis los hace más sensibles a los riesgos reales asociados con sus activos. Estos los hace menos propensos a cometer errores peligrosos, y más proclives a tomar las decisiones correctas cuando las cosas realmente van mal.

El enfoque estructurado en los sistemas de protección, especialmente el concepto de función oculta y el ordenado enfoque de de la búsqueda de fallas, lleva a substanciales mejoras en el mantenimiento de dispositivos de protección. Esto reduce significativamente la probabilidad de fallas múltiples que tienen serias consecuencias. Esto es tal vez la más poderosa característica del RCM.

5.1.2 Mejor funcionamiento operacional (cantidad, calidad de producto y servicio al cliente). Este modelo basado en confiabilidad, reconoce el valor de cada uno de los tipos de mantenimiento, a su vez provee reglas para decidir cuál es el más adecuado en cada situación. De esta manera se asegura que sólo se elegirán las formas de mantenimiento más efectivas para cada activo físico, y que se tomarán las medidas necesarias en los casos que el mantenimiento no pueda ayudar. Este esfuerzo de ajustar y focalizar el mantenimiento lleva a grandes mejoras en el desempeño de los activos físicos existentes.

5.1.3 Mayor costo – eficacia del mantenimiento. El mantenimiento centrado en confiabilidad continuamente focaliza su atención en las actividades de mantenimiento que tienen mayor desempeño en la planta. Esto asegura que todo lo que se gasta para mantenimiento se invierta en las áreas en las que pueda tener los mejores resultados.

Además, si este modelo es aplicado correctamente a los sistemas de mantenimiento ya existentes, reduce la cantidad de trabajo de rutina de cada periodo, habitualmente entre un 40 y un 70% esta reducción es parcialmente debida a la reducción del número de tareas, pero principalmente debida a un incremento global en los intervalos entre tareas. Por otro lado si RCM se utiliza para desarrollar un programa de mantenimiento nuevo, la carga de trabajo resultante es 40 – 70% más baja que si el programa es desarrollado con métodos tradicionales.

Como se documenta en la ilustración 4 del capítulo 1, En la División de Mantenimiento Tecnológico de la universidad, sólo se está realizando mantenimiento correctivo y preventivo a los equipos sin clasificación alguna por prioridad o criticidad de estos. Sin hacerse un análisis previo que permita discernir qué tipo de mantenimiento es más viable y más eficiente, en cuanto a

confiabilidad, mantenibilidad y efectividad. Con qué frecuencia debe ser realizado o si el equipo debe ser llevado hasta la falla por la relación costo - criticidad.

Por otra parte si el mantenimiento es contratado o tercerizado se puede hacer una mejor contratación de estos servicios. Primero una clara comprensión de las consecuencias de la falla le permite a la División de Mantenimiento Tecnológico especificar tiempos de respuesta más precisamente, inclusive a especificar diferentes tiempos de respuesta para diferentes tipos de falla ó diferentes tipos de equipos. Dado que la respuesta rápida es con frecuencia uno de los aspectos más costosos en los contratos de mantenimiento, un fino ajuste en esta área puede llevar a ahorros sustanciales. Segundo, el análisis detallado de las tareas permite a la División reducir tanto el contenido como la frecuencia de la porción rutinaria de los contratos de mantenimiento, usualmente por la misma cantidad de entre un 40 a 70% que cualquier otro programa sin el uso de RCM. Esto lleva a obtener un ahorro significativo en los costos de contratación.

Si se hace partícipe de las reuniones de confiabilidad a técnicos de campo de los proveedores de equipos, el intercambio de conocimiento que tendrá lugar lleva a un salto en las habilidades de los mantenedores para resolver problemas difíciles por si mismos. Esto lleva a una dramática caída en la necesidad de solicitar ayuda por parte de la División a proveedores.

Otras formas de mejorar el costo – efectividad del mantenimiento:

- Diagnostico de fallas más rápido, significa que menos tiempo se dedica a cada reparación.
- Detección de fallas potenciales antes que se conviertan en fallas

funcionales no sólo significa que las reparaciones pueden ser planificadas adecuadamente, sino que también reduce la posibilidad de daños secundarios caros que podrían ser ocasionados por la falla funcional.

- Aprender cómo el equipo debe ser operado junto con la identificación de fallas crónicas lleva a la reducción en el número y la severidad de las fallas, lo cual conduce a la reducción en la cantidad de dinero que debe ser gastado en su reparación.

5.1.4 Mayor vida útil de componentes costosos. Debido al cuidadoso énfasis en el uso de técnicas de mantenimiento a condición.

5.1.5 Una base de datos global. La implementación de RCM finaliza con un registro global y extensivamente documentado de los requerimientos de mantenimiento de todos los activos físicos utilizados por la división de mantenimiento tecnológico. Esto posibilita la adaptación a circunstancias cambiantes sin tener que reconsiderar todas las políticas de mantenimiento desde un comienzo. También permite a quienes utilizan el equipo que sus programas de mantenimiento están contruidos sobre una base racional. Finalmente la información almacenada en las hojas de trabajo de RCM reduce los efectos de la rotación de personal y la pérdida de experiencia que esto provoca.

5.1.6 Mayor motivación del personal. Principalmente las personas involucradas en el proceso de implementación. Esto lleva a un mayor entendimiento general del activo en su contexto operacional, junto con un sentido de pertenencia más amplio de los problemas de mantenimiento y sus soluciones.

5.1.7 Mejor trabajo de equipo. Este modelo provee un lenguaje técnico que es fácil de entender para cualquier persona que tenga alguna relación con el mantenimiento. Esto da al personal de mantenimiento un mejor entendimiento de lo que el mantenimiento puede lograr, y qué debe hacerse para lograrlo.¹⁹

¹⁹ MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición en español. Lutterworth: Aladon, 2004. p. 296-321

CONCLUSIONES

La priorización de la gestión de mantenimiento de los equipos de la Universidad Industrial de Santander atendiendo en primera instancia a su nivel de criticidad articulado con la metodología centrada en confiabilidad, es una herramienta que ayuda a la División de Mantenimiento Tecnológico en la toma de decisiones acerca de diferentes aspectos:

El plan de mantenimiento a realizar a cada equipo o sistema puede establecerse atendiendo los resultados de la metodología propuesta en este documento de la siguiente forma: aplicación de una estrategia de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos con criticidades altas y medianas, y rutinas de mantenimiento preventivo a equipos con criticidades bajas. Esto teniendo en cuenta que el estudio inicia con la determinación de equipos considerados vitales para el proceso. Para equipos por fuera del análisis se propone mantenimiento a rotura con comunicación beneficiario - División por medio del Sistema de Información para Mantenimiento SIMAT.

Las frecuencias de mantenimiento preventivo pueden determinarse de manera más eficiente, ya que son resultado del estudio de aspectos tenidos en cuenta en la metodología RCM, como son sus modos de falla, efectos y consecuencias para el proceso responsable del activo.

El resultado del estudio basado en confiabilidad para los equipos de mayor impacto para la Universidad Industrial de Santander es el mejor punto de partida para decidir proyectos de mejora y modernización de instalaciones e

infraestructura ya que permite enfocar los planes de inversión sobre los equipos de mayor índice de criticidad como por ejemplo la instalación de redundancias.

Sobre los resultados de la propuesta realizada en este documento se pueden tomar decisiones respecto a la tercerización del mantenimiento, tanto tipo como alcance para ciertos equipos con condiciones especiales como por ejemplo equipos en otras sedes de la universidad o equipos de difícil consecución de soporte técnico.

La consecución de esta propuesta puede generar indicadores de mantenimiento que resulten útiles en el sentido que se incorporen al sistema de gestión de calidad de la División de Mantenimiento Tecnológico para mejorar su gestión global.

La lista jerarquizada de equipos críticos y su estudio RCM permite potenciar la formación de personal de mantenimiento ya que se puede diseñar un plan de formación basado en las necesidades reales de la Universidad frente a la gestión de sus activos.

BIBLIOGRAFIA

MORA, Luis Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. 2ª Ed. Medellín: AMG, 2007.

MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición en español. Lutterworth: Aladon, 2004. p.433.

ELLIS, Hernan. Principles of the Transformation of the Maintenance Function to World-Class Standards of Performance. [http://www.maintenance resources.com](http://www.maintenanceresources.com)

REPUBLICA DE COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE LA FUNCIÓN PÚBLICA. Norma Técnica de Calidad en la Gestión Pública NTCGP 1000:2004. Bogotá. s.f. p.1

GONZÁLEZ JAIMES, Isnardo. Monografía de Especialización. Bucaramanga.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Colombianas para la presentación de trabajos de grado. Quinta actualización. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2002 , 126p. NTC 1486.


<http://www.gestiopolis.com./recursos/documentos/fulldocs/ger/amef.htm>

ANEXOS

ANEXO A


4. SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD


4.1 HOJA DE VIDA DE INDICADORES DE PROCESO


	SEGUIMIENTO INSTITUCIONAL	Código: FSE.14
HOJA DE VIDA DE INDICADORES		Versión: 03

PROCESO: Recursos Tecnológicos

NOMBRE DEL INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	OBJETIVO DEL INDICADOR	META	MÉTODO DE CÁLCULO	UNIDAD	PONDERACIÓN	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	FUENTE DE DATOS	SENTIDO (Maximizar, minimizar o mantener)	RESPONSABLE DE MEDICIÓN
Cumplimiento del Servicio	Eficacia	Medir el cumplimiento de las solicitudes de servicios realizadas	70%	(No. de solicitudes cumplidas acumuladas / No. de solicitudes recepcionadas en el SIMAT) * 100	%	20%	Mensual	Sistema de Información Mantenimiento Tecnológico (SIMAT)	Maximizar	Profesional DMT
Cumplimiento de Calibraciones	Eficacia	Medir el cumplimiento del plan control calibración de equipos	100%	(No. De calibraciones realizadas / No. Total de calibraciones programadas) * 100	%	20%	Mensual	Plan Control Metrológico de equipos	Mantener	Profesional DMT
Cumplimiento concepto compra de equipos	Eficacia	Medir la oportunidad en la emisión de conceptos técnicos para compra de equipos	100%	(No. de conceptos técnicos emitidos en un tiempo no mayor a 8 días/ No. Total conceptos técnicos solicitados) * 100	%	5%	Mensual	Libro Conceptos Técnicos de Compra	Mantener	Secretaria DMT
Cumplimiento de mantenimientos preventivos programados	Eficacia	Medir el cumplimiento del cronograma de mantenimiento preventivo	80%	(número de equipos a los que se les prestó servicio de mantenimiento preventivo en las fechas programadas/ número de equipos programados para mantenimiento preventivo)*100	%	20%	Mensual	Cronograma de mantenimiento preventivo	Maximizar	Profesional DMT
Nivel de satisfacción de los beneficiarios	Efectividad	Evaluar el nivel de satisfacción de los beneficiarios	90%	Promedio de la calificación real obtenida en la encuesta de satisfacción/ calificación máxima posible*100	%	10%	Trimestral	Encuesta de satisfacción	Maximizar	Profesional DMT
Eficacia del proceso	Eficacia	Medir el cumplimiento de los indicadores del proceso	80%	Σ (Eficacia de los indicadores del proceso/N* Total de indicadores del proceso) *100	%	N.A.	Trimestral	Informe de Desempeño	Maximizar	Profesional DMT
Oportunidad en el servicio	Eficacia	Medir la oportunidad en las entregas o prestación de los servicios	70%	Promedio de la calificación real obtenida oportunidad en encuestas /calificación máxima posible *100	%	10%	Trimestral	Encuesta de satisfacción	Maximizar	Profesional DMT
Asertividad en la comunicación	Efectividad	Medir el nivel de asertividad en la comunicación	70%	(Promedio de la calificación real en asertividad en la comunicación en la encuesta de satisfacción/calificación máxima posible)*100 (por población)	%	10%	Trimestral	Encuesta de satisfacción	Maximizar	Profesional DMT
Nivel de falla de los equipos	Eficacia	Medir el nivel de falla de los equipos	20%	No de equipos que presentan mas de dos fallas en el trimestre / total de equipos reparados en el trimestre	%	5%	Trimestral	Sistema de Información Mantenimiento Tecnológico (SIMAT)	Minimizar	Profesional DMT

		PROCESO SEGUIMIENTO INSTITUCIONAL										Código: FSE.18		
		MAPA DE RIESGOS										Versión: 01		
PROCESO: RECURSOS TECNOLÓGICOS					OBJETIVO DEL PROCESO: Conservar la fiabilidad de los equipos de las dependencias de Docencia, Investigación, Extensión y Administrativas de la Universidad, conservándolos dentro de un adecuado nivel técnico de instalación, calibración, mantenimiento preventivo y correctivo, para obtener de ellos el mayor grado de aprovechamiento.									
Riesgo (Evento que puede afectar el logro del objetivo)		Agente generador (Sujeto u objeto con capacidad para generar el riesgo)	Causas (Factores internos o externos)			Efecto / Consecuencias (Cómo se refleja en la entidad?)	Impacto	Probabilidad	Evaluación Riesgo	Controles existentes	Valoración riesgo	Opciones de Manejo	Acciones	
Riesgo ¿Qué puede ocurrir?	Descripción En qué consiste o cuáles son sus características?		¿Por qué se puede presentar?	¿Por qué?	¿Por qué?									
Fallas en el normal funcionamiento de los equipos	Mal funcionamiento de las características técnicas del equipo que no permitan su normal utilización.	Usuarios Técnicos de mantenimiento Laboratoristas	Falta de cobertura de mano de obra para responder a las necesidades de mantenimiento	Incremento de la demanda de trabajo y deficiente cantidad de personal. No se han reemplazado los técnicos que se han jubilado.		MODERADO (10)	ALTA (3)	GRAVE (30)	Subcontratar servicios (mantenimiento de aires acondicionados, microscopia)	MODERADO (20) Probabilidad = Media (2)	REDUCIR	Gestionar ante la alta dirección la contratación de personal, para cubrir la demanda de la dependencia,		
	Aplica a equipos como: Equipos e instrumentos de medida de laboratorios, planta telefónica y plantas eléctricas, calderas, sistemas de aire centrales, puente grúa de la planta de aceros, equipos de oficina (video beam, computadores, impresoras).			La capacitación o entrenamiento no es adecuada de acuerdo a las necesidades específicas de las áreas de mantenimiento. No actualización de personal de acuerdo a las nuevas tecnologías.	No se han detectado las necesidades específicas relacionadas con el tema de mantenimiento.				Imposibilidad de desarrollar actividades académico - administrativas. Deterioro de la imagen Accidentes Laborales Deterioro de la infraestructura física.				Capacitaciones esporádicas asumidas por la UIS	Formular e implementar plan de capacitación orientado a las necesidades específicas de cada área, financiado por la Universidad o con recursos propios del personal (otorgando el tiempo requerido).
				Accidentes que pueden ocasionar incapacidad parcial o total	Por falta de adiestramiento, y la protección necesaria.								Existencia y uso de elementos de protección personal (tapa oídos, caretas, guantes de baqueta, gafas)	Capacitar y sensibilizar al personal en el uso de elementos de protección personal y herramientas específicas para realizar el trabajo y verificar su utilización.

		PROCESO SEGUIMIENTO INSTITUCIONAL										Código: FSE.18	
		MAPA DE RIESGOS										Versión: 01	
PROCESO: RECURSOS TECNOLÓGICOS			OBJETIVO DEL PROCESO: Conservar la fiabilidad de los equipos de las dependencias de Docencia, Investigación, Extensión y Administrativas de la Universidad, conservándolos dentro de un adecuado nivel técnico de instalación, calibración, mantenimiento preventivo y correctivo, para obtener de ellos el mayor grado de aprovechamiento.										
Riesgo (Evento que puede afectar el logro del objetivo)		Agente generador (Sujeto u objeto con capacidad para generar el riesgo)	Causas (Factores internos o externos)			Efecto / Consecuencias (Cómo se refleja en la entidad?)	Impacto	Probabilidad	Evaluación Riesgo	Controles existentes	Valoración riesgo	Opciones de Manejo	Acciones
Riesgo ¿Qué puede ocurrir?	Descripción En qué consiste o cuáles son sus características?		¿Por qué se puede presentar?	¿Por qué?	¿Por qué?								
Fallas en el normal funcionamiento de los equipos	Mal funcionamiento de las características técnicas del equipo que no permitan su normal utilización.	Usuarios Técnicos de mantenimiento Laboratoristas	Falta de cobertura de mano de obra para responder a las necesidades de mantenimiento	No haya claridad en las funciones que debe desempeñar cada persona.	No se actualicen ni se den a conocer las funciones al personal.	Moderado (10)	Alta (3)	Grave (30)	Existencia y uso de un Manual de Funciones	Moderado (20) Probabilidad = Media (2)	Reducir	Socializar el manual de funciones con el personal de la División.	
	Aplica a equipos como: Equipos e instrumentos de medida de laboratorios, planta telefónica y plantas eléctricas, calderas, sistemas de aire centrales, puente grúa de la planta de aceros, equipos de oficina (video beam, computadores, impresoras).			Dificultad de movilidad a otras sedes de la Universidad.	Se realice un número considerable de actividades utilizando el mismo medio de transporte.				Imposibilidad de desarrollar actividades académico - administrativas. Deterioro de la imagen Accidentes Laborales			Utilización del servicio de transporte de la división de Planta Física	Realizar un acuerdo con la División de planta física para dar prioridad a la prestación del servicio de transporte o gestionar los recursos para la adquisición de un vehículo propio de la DMT
				Retraso de los proveedores que suministran repuestos (menores y mayores).	Porque se solicitan a otras ciudades Porque deben ser comprados directamente por los técnicos				Deterioro de la infraestructura física.			Evaluación de proveedores	Realizar seguimiento a la evaluación de proveedores.

		PROCESO SEGUIMIENTO INSTITUCIONAL										Código: FSE.18	
		MAPA DE RIESGOS										Versión: 01	
PROCESO: RECURSOS TECNOLÓGICOS					OBJETIVO DEL PROCESO: Conservar la fiabilidad de los equipos de las dependencias de Docencia, Investigación, Extensión y Administrativas de la Universidad, conservándolos dentro de un adecuado nivel técnico de instalación, calibración, mantenimiento preventivo y correctivo, para obtener de ellos el mayor grado de aprovechamiento.								
Riesgo (Evento que puede afectar el logro del objetivo)		Agente generador (Sujeto u objeto con capacidad para generar el riesgo)	Causas (Factores internos o externos)			Efecto / Consecuencias (Cómo se refleja en la entidad?)	Impacto	Probabilidad	Evaluación Riesgo	Controles existentes	Valoración riesgo	Opciones de Manejo	Acciones
Riesgo ¿Qué puede ocurrir?	Descripción En qué consiste o cuáles son sus características?		¿Por qué se puede presentar?	¿Por qué?	¿Por qué?								
Fallas en el normal funcionamiento de los equipos	Mal funcionamiento de las características técnicas del equipo que no permitan su normal utilización.	Usuarios Técnicos de mantenimiento Laboratoristas	El equipo no cumple con las condiciones de calidad adecuadas	Porque se compran equipos con marcas y proveedores desconocidos.	Porque no se hace una evaluación de proveedores adecuada.	MODERADO (10)	ALTA (3)	GRAVE (30)	Emisión de concepto técnico por parte de la división de mantenimiento técnico, para la adquisición de equipos.	MODERADO (20) Probabilidad = Media (2)	REDUCIR	Emitir los conceptos técnicos requeridos por las UAA para la compra de los equipos necesarios.	
	Aplica a equipos como: Equipos e instrumentos de medida de laboratorios, planta telefónica y plantas eléctricas, calderas, sistemas de aire centrales, puente grúa de la planta de aceros, equipos de oficina (video beam, computadores, impresoras).		No calibración de los equipos que lo requieren	Internamente la División de Mantenimiento Tecnológico no está avalada por la SIC para realizar la calibración de los equipos.	Deterioro de la imagen Accidentes Laborales Deterioro de la infraestructura física.				Subcontratación de empresas que prestan servicios de calibración de equipos.			Implementar la subcontratación de servicios de calibración de equipos, para áreas con las que no se cuenta (masa y temperatura)	

Inq. José Alejandro Amaya Palacio


Líder de Proceso

Inq. Sonia Cristina García Rincón


Director Control Interno y Evaluación de Gestión

INDICADORES DEL RIESGO* (Ocurrencia del Riesgo en el Proceso)	NOMBRE DEL INDICADOR
	Nivel de Falla de los Equipos
* Ver hoja de vida de indicador FSE.14	


Fecha de Actualización 31 de Marzo de 2009

	RECURSOS TECNOLÓGICOS/ MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO		Código : PRT.01
	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO		Versión : 05
			Página 1 de 10
Revisó: Jefe División de Mantenimiento Tecnológico Profesional División de Mantenimiento Tecnológico	Aprobó: Rector	Fecha de aprobación: Diciembre 04 de 2007 Resolución N° 1860	

OBJETIVO	ALCANCE
Establecer las actividades necesarias para realizar el mantenimiento correctivo de equipos y máquinas de acuerdo a las solicitudes realizadas por las Unidades de la Universidad Industrial de Santander.	Aplica desde la elaboración de la solicitud del servicio por parte del proceso, hasta el cumplimiento dado por los técnicos a la solicitud, una vez realizado el trabajo.
NORMATIVIDAD	
No aplica.	
DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS	
<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento: Conjunto de acciones, operaciones y técnicas empleadas con el fin de asegurar la disponibilidad de los equipos y máquinas en servicio durante el mayor tiempo posible, dentro del mayor grado de confiabilidad y el máximo nivel de productividad. • Mantenimiento correctivo: Conjunto de acciones, operaciones y técnicas orientadas hacia la restitución de las características de funcionamiento y operación de un equipo o máquina después de ocurrida la falla. • SIMAT: Sistema de Información de Mantenimiento Tecnológico desarrollado para optimizar el servicio de mantenimiento correctivo, a través del manejo ágil, oportuno y veraz de la información. • Reasignación: Acciones realizadas en el SIMAT para volver a asignar una tarea a un técnico, basados en la modalidad en la cual este se desempeñe y el servicio que se requiera. • UAA: Unidad Académico Administrativa 	

	RECURSOS TECNOLÓGICOS/ MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO		Código : PRT. 02
	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		Versión : 04
			Página : 1 de 6
Revisó: Jefe DMT Profesional DMT		Aprobó: Rector	Fecha de aprobación: Abril 14 de 2008 Resolución N° 529

OBJETIVO	ALCANCE
Establecer las actividades necesarias para realizar el mantenimiento preventivo de equipos y máquinas de acuerdo al Plan de Trabajo de Mantenimiento Preventivo establecido por el proceso.	Aplica desde la elaboración del Plan de Control de Mantenimiento y Calibración hasta la prestación de servicio de mantenimiento preventivo.
NORMATIVIDAD	
DEFINICIONES	
<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento: Conjunto de acciones, operaciones y técnicas empleadas con el fin de asegurar la disponibilidad de los equipos y máquinas en servicio durante el mayor tiempo posible, dentro del mayor grado de confiabilidad y el máximo nivel de productividad. • Mantenimiento preventivo: Conjunto de acciones, operaciones y técnicas realizadas en forma metodológica y sistemática sobre un equipo o máquina, con el fin de garantizar las condiciones específicas de funcionamiento, para reducir las posibilidades de ocurrencia de fallas y prolongar el tiempo de vida útil. • Hoja de Vida de Equipo: Registro en el que se establece la información de un equipo en cuanto a identificación, ubicación, características e historial de mantenimiento. 	
CONSIDERACIONES	
<p>PLAN DE TRABAJO ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</p> <p>El Líder del proceso de Recursos Tecnológicos establece anualmente el Plan de Trabajo Anual de Mantenimiento Preventivo FRT.09 en el que se establecen los procesos que serán atendidas durante el año frente al tema de mantenimiento preventivo.</p>	

	PROCESO RECURSOS TECNOLÓGICOS		Código : PRT.03
	PROCEDIMIENTO DE METROLOGÍA		Versión : 05
			Página 1 de 8
Revisó: Jefe División de Mantenimiento Tecnológico Profesional de Mantenimiento Tecnológico	Aprobó: Rector	Fecha de aprobación: Diciembre 04 de 2007 Resolución N° 1860	

OBJETIVO	ALCANCE
Establecer las actividades necesarias para realizar la calibración o verificación de los instrumentos de seguimiento y medición de los procesos de la Universidad Industrial de Santander.	Aplica desde la elaboración del Plan de Control de Mantenimiento y Calibración hasta la prestación de servicio de calibración o verificación, de acuerdo a lo establecido en la Guía de orientación para actividades de mantenimiento y calibración de equipos GRT. 03
NORMATIVIDAD	
<ul style="list-style-type: none"> • Norma Técnica Colombiana de Gestión Pública NTC GP 1000:2004. • NTC 2031:2002 	
DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS	
<p>Calibración: Conjunto de operaciones que permiten establecer, en condiciones específicas, la relación existente entre los valores indicados por un instrumento de medida o un sistema de medida y los valores correspondientes a una magnitud obtenidos mediante un patrón de referencia.</p> <p>Trazabilidad: Propiedad del resultado de una medición, donde puede ser relacionada a un patrón de medición apropiado, generalmente el patrón nacional o internacional, a través de una cadena continua de comparaciones.</p> <p>Patrón: Es una medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o más valores de una magnitud para transmitirlos por comparación a otros instrumentos de medición.</p>	

ANEXO B

LEY 872 DE 2003

(diciembre 30)

por la cual se crea el sistema de gestión de la calidad en la Rama Ejecutiva del Poder Público y en otras entidades prestadoras de servicios.

El Congreso de Colombia

DECRETA:

Artículo 1°. *Creación del sistema de gestión de la calidad.* Créase el Sistema de Gestión de la calidad de las entidades del Estado, como una herramienta de gestión sistemática y transparente que permita dirigir y evaluar el desempeño institucional, en términos de calidad y satisfacción social en la prestación de los servicios a cargo de las entidades y agentes obligados, la cual estará enmarcada en los planes estratégicos y de desarrollo de tales entidades. El sistema de gestión de la calidad adoptará en cada entidad un enfoque basado en los procesos que se surten al interior de ella y en las expectativas de los usuarios, destinatarios y beneficiarios de sus funciones asignadas por el ordenamiento jurídico vigente.

Artículo 2°. *Entidades y agentes obligados.* El sistema de gestión de la calidad se desarrollará y se pondrá en funcionamiento en forma obligatoria en los organismos y entidades del Sector Central y del Sector Descentralizado por servicios de la Rama Ejecutiva del Poder Público del orden Nacional, y en la gestión administrativa necesaria para el desarrollo de las funciones propias de las demás ramas del Poder Público en el orden nacional. Así mismo en las Corporaciones Autónomas Regionales, las entidades que conforman el Sistema de Seguridad Social Integral de acuerdo con lo definido en la Ley 100 de 1993, y de modo general, en las empresas y entidades prestadoras de servicios públicos domiciliarios y no domiciliarios de naturaleza pública o las privadas concesionarios del Estado.

Parágrafo 1°. La máxima autoridad de cada entidad pública tendrá la responsabilidad de desarrollar, implementar, mantener, revisar y perfeccionar el Sistema de Gestión de la Calidad que se establezca de acuerdo con lo dispuesto en la presente ley. El incumplimiento de esta disposición será causal de mala conducta.

Parágrafo 2°. Las Asambleas y Concejos podrán disponer la obligatoriedad del desarrollo del Sistema de Gestión de la Calidad en las entidades de la administración central y descentralizadas de los departamentos y municipios.

Parágrafo transitorio. Las entidades obligadas a aplicar el Sistema de Gestión de la Calidad, contarán con un término máximo de cuatro (4) años a partir de la expedición de la

reglamentación contemplada en el artículo 6 de la presente ley para llevar a cabo su desarrollo.

Artículo 3°. *Características del Sistema.* El Sistema se desarrollará de manera integral, intrínseca, confiable, económica, técnica y particular en cada organización, y será de obligatorio cumplimiento por parte de todos los funcionarios de la respectiva entidad y así garantizar en cada una de sus actuaciones la satisfacción de las necesidades de los usuarios.

Parágrafo. Este Sistema es complementario a los sistemas de control interno y de desarrollo administrativo establecidos por la Ley 489 de 1998.

El Sistema podrá integrarse al Sistema de Control Interno en cada uno de sus componentes definidos por el Departamento Administrativo de la Función Pública, de acuerdo con las políticas adoptadas por el Presidente de la República.

Artículo 4°. *Requisitos para su implementación.* Para dar cumplimiento a lo dispuesto en la presente ley, las entidades deben como mínimo:

a) Identificar cuáles son sus usuarios, destinatarios o beneficiarios de los servicios que presta o de las funciones que cumple; los proveedores de insumos para su funcionamiento; y determinar claramente su estructura interna, sus empleados y principales funciones;

b) Obtener información de los usuarios, destinatarios o beneficiarios acerca de las necesidades y expectativas relacionadas con la prestación de los servicios o cumplimiento de las funciones a cargo de la entidad, y la calidad de los mismos;

c) Identificar y priorizar aquellos procesos estratégicos y críticos de la entidad que resulten determinantes de la calidad en la función que les ha sido asignada, su secuencia e interacción, con base en criterios técnicos previamente definidos por el Sistema explícitamente en cada entidad;

d) Determinar los criterios y métodos necesarios para asegurar que estos procesos sean eficaces tanto en su operación como en su control;

e) Identificar y diseñar, con la participación de los servidores públicos que intervienen en cada uno de los procesos y actividades, los puntos de control sobre los riesgos de mayor probabilidad de ocurrencia o que generen un impacto considerable en la satisfacción de las necesidades y expectativas de calidad de los usuarios o destinatarios, en las materias y funciones que le competen a cada entidad;

f) Documentar y describir de forma clara, completa y operativa, los procesos identificados en los literales anteriores, incluyendo todos los puntos de control. Solo se debe documentar aquello que contribuya a garantizar la calidad del servicio;

g) Ejecutar los procesos propios de cada entidad de acuerdo con los procedimientos documentados;

h) Realizar el seguimiento, el análisis y la medición de estos procesos;

i) Implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos.

Parágrafo 1°. Este sistema tendrá como base fundamental el diseño de indicadores que permitan, como mínimo, medir variables de eficiencia, de resultado y de impacto que faciliten el seguimiento por parte de los ciudadanos y de los organismos de control, los cuales estarán a disposición de los usuarios o destinatarios y serán publicados de manera

permanente en las páginas electrónicas de cada una de las entidades cuando cuenten con ellas.

Parágrafo 2°. Cuando una entidad contrate externamente alguno de los procesos involucrados en el Sistema de Gestión de Calidad, deberá asegurar la existencia de control de calidad sobre tales procesos.

Artículo 5°. *Funcionalidad*. El sistema debe permitir:

a) Detectar y corregir oportunamente y en su totalidad las desviaciones de los procesos que puedan afectar negativamente el cumplimiento de sus requisitos y el nivel de satisfacción de los usuarios, destinatarios o beneficiarios;

b) Controlar los procesos para disminuir la duplicidad de funciones, las peticiones por incumplimiento, las quejas, reclamos, denuncias y demandas;

c) Registrar de forma ordenada y precisa las estadísticas de las desviaciones detectadas y de las acciones correctivas adoptadas;

d) Facilitar control político y ciudadano a la calidad de la gestión de las entidades, garantizando el fácil acceso a la información relativa a los resultados del sistema;

e) Ajustar los procedimientos, metodologías y requisitos a los exigidos por normas técnicas internacionales sobre gestión de la calidad.

Artículo 6°. *Normalización de calidad en la gestión*. En la reglamentación del sistema de gestión de la calidad el Gobierno Nacional expedirá, dentro de los doce (12) meses siguientes a la entrada en vigencia de la presente ley, una norma técnica de calidad en la gestión pública en la que podrá tener en cuenta las normas técnicas internacionales existentes sobre la materia.

La norma técnica expedida por el Gobierno deberá contener como mínimo disposiciones relativas a:

1. Los requisitos que debe contener la documentación necesaria para el funcionamiento del sistema de gestión de calidad, la cual incluye la definición de la política y objetivos de calidad, manuales de procedimientos y calidad necesarios para la eficaz planificación, operación y control de procesos, y los requisitos de información que maneje la entidad.

2. Los mínimos factores de calidad que deben cumplir las entidades en sus procesos de planeación y diseño.

3. Los controles de calidad mínimos que deben cumplirse en la gestión de Recursos Humanos y de infraestructura.

4. Los controles o principios de calidad mínimos que deben cumplirse en el desarrollo de la función o la prestación del servicio y en los procesos de comunicación y atención a usuarios destinatarios.

5. Las variables mínimas de calidad que deben medirse a través de los indicadores que establezca cada entidad, en cumplimiento del parágrafo 1° del artículo 4° de esta ley.

6. Los requisitos mínimos que debe cumplir toda entidad en sus procesos de seguimiento y medición de la calidad del servicio y de sus resultados.

7. Los objetivos y principios de las acciones de mejoramiento continuo y las acciones preventivas y correctivas que establezcan cada entidad.

En ningún caso el decreto que expida la norma técnica podrá alterar ni desarrollar temas relativos a la estructura y funciones de la administración, al régimen de prestación de

servicios públicos, al estatuto general de contratación de la administración pública, ni aspectos que pertenezcan a la competencia legislativa general del Congreso. Cada entidad definirá internamente las dependencias y funcionarios que de acuerdo con sus competencias deban desarrollar el Sistema de Gestión de la Calidad, sin que ello implique alteración de su estructura o tamaño.

Artículo 7°. *Certificación de calidad.* Una vez implementado el sistema y cuando la entidad considere pertinente podrá certificar su Sistema de Gestión de la Calidad con base en las normas internacionales de calidad.

Parágrafo 1°. El Gobierno Nacional diseñará los estímulos y reconocimientos de carácter público a las entidades que hayan implementado su sistema de gestión de calidad y publicará periódicamente el listado de entidades que hayan cumplido con lo establecido en la presente ley.

Parágrafo 2°. Ninguna de las entidades de las diferentes Ramas del Poder Público podrá contratar con un organismo externo el proceso de certificación del Sistema de Gestión de la Calidad, cuando exista una entidad gubernamental de orden nacional con experiencia en este tipo de procesos de certificación.

Artículo 8°. *Apoyo estatal.* Durante el desarrollo del sistema de gestión de calidad y su posterior certificación, la Escuela Superior de Administración Pública, ESAP, el Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, el Departamento Administrativo de la Función Pública y demás instituciones de orden distrital y nacional que dentro de su ordenamiento jurídico deban garantizar la eficiencia y el buen desarrollo de la función pública brindarán el apoyo a que hubiere lugar prestando el debido acompañamiento a las entidades que así lo solicite n.

Artículo 9°. *Vigencia.* La presente ley rige a partir de la fecha de su publicación.

El Presidente del honorable Senado de la República,

Germán Vargas Lleras.

El Secretario General del honorable Senado de la República,

Emilio Ramón Otero Dajud.

El Presidente de la honorable Cámara de Representantes,

Alonso Acosta Osio.

El Secretario General de la honorable Cámara de Representantes,

Angelino Lizcano Rivera.

REPUBLICA DE COLOMBIA - GOBIERNO NACIONAL

Publíquese y ejecútese.

Dada en Bogotá, D. C., a 30 de diciembre de 2003.

ÁLVARO URIBE VÉLEZ

El Viceministro Técnico del Ministerio de la Protección Social, encargado de las funciones del despacho del Ministro de la Protección Social,

Jairo Augusto Núñez Méndez.

ANEXO C

Disponibilidad Genérica (A_G).

Es útil cuando no se tienen desglosados los tiempos de reparación ó de mantenimientos planeados; o cuando no se mide con exactitud ni los tiempos lógicos, ni administrativos, ni los tiempos de demora por repuestos o recursos humanos que afectan el DT.

No asume que los UT sean altos y los DT bajos. Es útil al iniciar el proceso de CMD. Engloba todas las causas.

Debe usarse entre 2 y n eventos.

Ecuación 1. Disponibilidad Genérica AG

$$\text{Disponibilidad Genérica} = A_G = \frac{\sum UT}{\sum UT + \sum DT} = \frac{MUT}{MUT + MDT}$$

Ecuación tomada de: Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicio.

La disponibilidad genérica en este caso se mide en porcentaje, mientras que MUT y MDT se miden en unidades de tiempo: horas, minutos, entre otros.

Disponibilidad Inherente (A_I):

Es la probabilidad de que el sistema opere satisfactoriamente cuando sea requerido en cualquier tiempo bajo las condiciones de operación especificada y un entorno ideal de soporte logístico, es decir, con la disponibilidad adecuada de personal, repuestos, herramientas, equipos de prueba y demás.

Considera que la no funcionalidad del equipo es inherente no más al tiempo activo de reparación.

No incluye los tiempos logísticos, ni los tiempos administrativo, ni los tiempos de demora en suministros.

Asume que todo está listo al momento de realizar la reparación.

Se debe cumplir que los UT sean muy superiores en tiempo a los MTTR (al menos unas 8 o más veces). Y que UT tienda a cero en el tiempo.

Ecuación 2. Disponibilidad Inherente.

Ecuación tomada de: Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicio.

$$\text{Disponibilidad Inherente} = A_I = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

El *MTTR* es el tiempo activo neto de reparación sin ninguna demora y con todos los recursos disponibles al iniciarse la reparación.

Disponibilidad Alcanzada (A_A)

Es la probabilidad de que el sistema opere satisfactoriamente, cuando sea requerido en cualquier tiempo bajo las condiciones de operación especificadas y un entorno ideal de soporte logístico, sin considerar ningún retraso logístico o administrativo pero involucrando en sus cálculos los tiempos imputables a las actividades planeadas de mantenimiento.

Tiene en cuenta todas las reparaciones correctivas, como los tiempos invertidos en mantenimientos planeados (preventivos y/o predictivo); no incluye los tiempos logísticos, ni los tiempos administrativos ni otros tiempos de demora.

Los mantenimientos planeados en exceso pueden disminuir las disponibilidades alcanzadas aún cuando pueden incrementar el MTBM.

Ecuación 3. Disponibilidad Alcanzada.

Ecuación tomada de: Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicio.

$$\text{Disponibilidad Alcanzada} = A_A = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}} = \frac{\frac{1}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}}}{\frac{1}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}} + \frac{\frac{MTR}{MTBM_c} + \frac{M_p}{MTBM_p}}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}}}$$
$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}}$$

$MTBM = Mean Time Between Maintenance$ o sea el Tiempo Medio entre Mantenimientos (tanto reparaciones correctivas o modificativas, como también mantenimientos planeados, sean de orden preventivo o predictivo).

M = Mean Time active Maintenance = MTM = Mean Time Maintenance = Tiempo Medio de Mantenimiento (correctivo y planeado).

MTBMc: Tiempo medio entre mantenimientos no planeados (correctivo), se aproxima al *MTBF*.

MTBMp: Tiempo medio entre mantenimientos planeados.

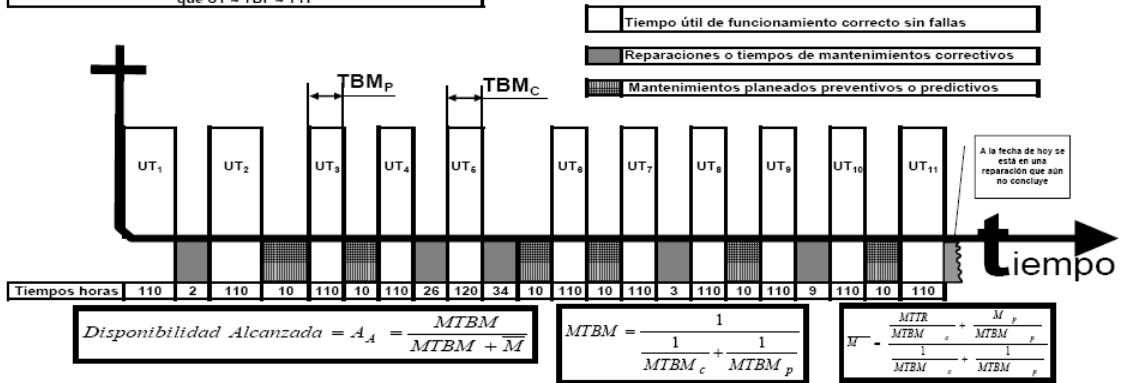
MTTR = Mean Time To Repair = es el tiempo neto medio para realizar reparaciones o mantenimientos correctivos, sin incluir demoras logísticas ni retrasos administrativos, es el mismo definido para las anteriores disponibilidades.

Mp =Es el tiempo neto medio para ejecutar tareas proactivas de mantenimientos planeados.

Ejercicio 1 - Ejemplo de Disponibilidad Alcanzada (cálculos puntuales sin distribuciones)

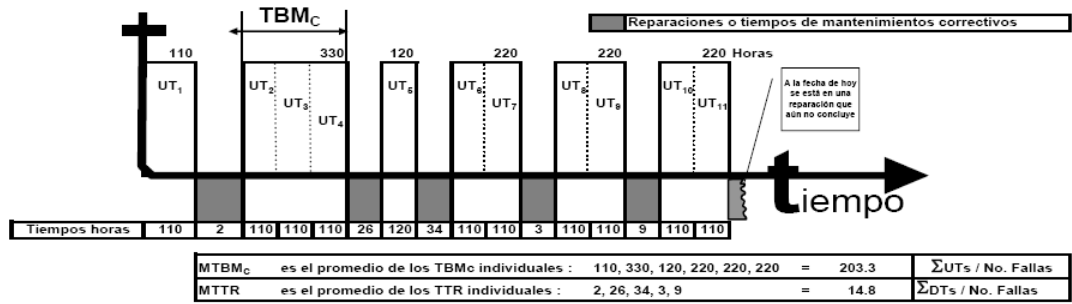
Ejemplo tomado de: Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicio.

Recuérdese que para Disponibilidades A_A , A_R , A_D y A_{00} se asume que $UT \approx TBF \approx TTF$



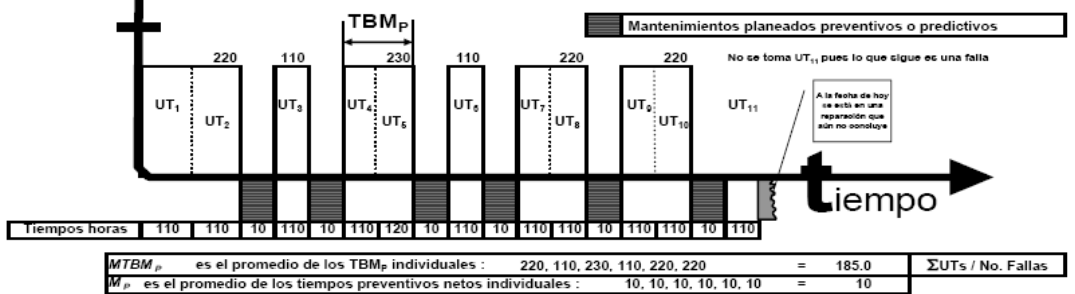
Cálculos correctivos

Para el cálculo de $MTBM_c$ se asume como si el comportamiento total fuese (se eliminan los planeados de la gráfica)



Cálculos preventivos

Para el cálculo de $MTBM_p$ se asume como si el comportamiento total fuese (se eliminan los tiempos correctivos de la gráfica)



$$MTR = \frac{\frac{MTR}{MTBM_c} + \frac{M_p}{MTBM_p}}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}} = \frac{\frac{14.8}{203.3} + \frac{10}{185}}{\frac{1}{203.3} + \frac{1}{185}} = 12.28$$

$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}} = \frac{1}{\frac{1}{203.3} + \frac{1}{185}} = 96.86$$

$$Disponibilidad Alcanzada = A_A = \frac{MTBM}{MTBM + MTR} = \frac{96.86}{96.86 + 12.28} = 88.74 \%$$

Disponibilidad Operacional (Ao):

Ao es la probabilidad de que el sistema opere satisfactoriamente, cuando se requiere que funcione bien en cualquier tiempo bajo las condiciones de operación especificadas en un entorno real de soportes logísticos, abarcando por lo tanto dentro de los tiempos de mantenimiento, los tiempos causados por los retrasos logísticos y administrativos, es decir, todos los tiempos concernientes al estado de reparación, incluyendo el mantenimiento programado y no planeado. Comprende, a efecto de la no funcionalidad, el tener en cuenta: Tiempos activos de reparación correctiva, tiempo de mantenimiento planeados (preventivos o predictivos), tiempos logísticos (preparación, suministros de repuestos o recursos humanos), tiempos administrativos, demoras, etc.

Es útil cuando existen equipos a espera para mantenimiento.

Ecuación 4. Disponibilidad Operacional.

Ecuación tomada de: Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicio.

$$\text{Disponibilidad Operacional} = A_O = \frac{MTBM}{MTBM + \overline{M}}$$

$$\overline{M} = \frac{\frac{MTTR}{MTBM_c} + \frac{M_p}{MTBM_p}}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}}$$

$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}}$$

MTBM = Mean Time Between Maintenance o sea el Tiempo Medio entre Mantenimientos.

Disponibilidad Operacional Generalizada (A_{GO})

AGO, es útil cuando los tiempos en que los equipos están disponibles y no producen, sirve para explicar estos lapsos de tiempo. Se sugiere cuando los equipos no operan en forma continuas, o en los eventos en que el equipo está disponible pero no produce. Asume los mismos parámetros de cálculo de la Alcanzada.

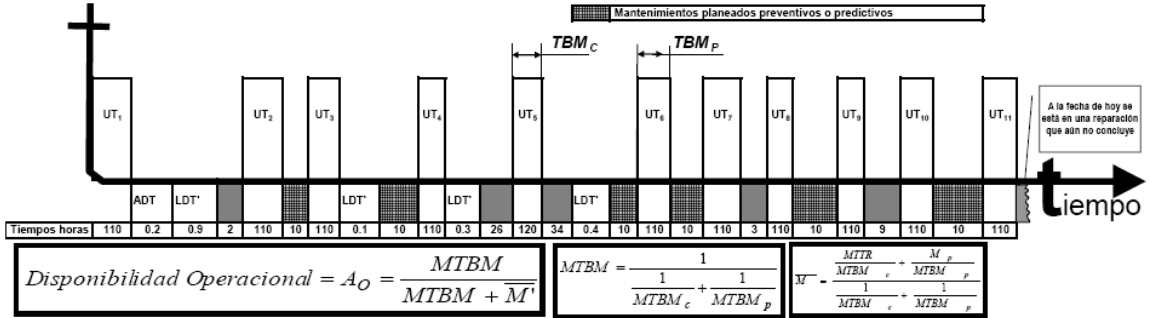
Adicionando los Ready Time tanto en el numerador como en el denominador. Se usa cuando las maquinas están listas

Ejercicio 2 - Ejemplo de Disponibilidad Operacional (cálculos puntuales sin distribuciones).

Ejercicio tomado de: Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicio.

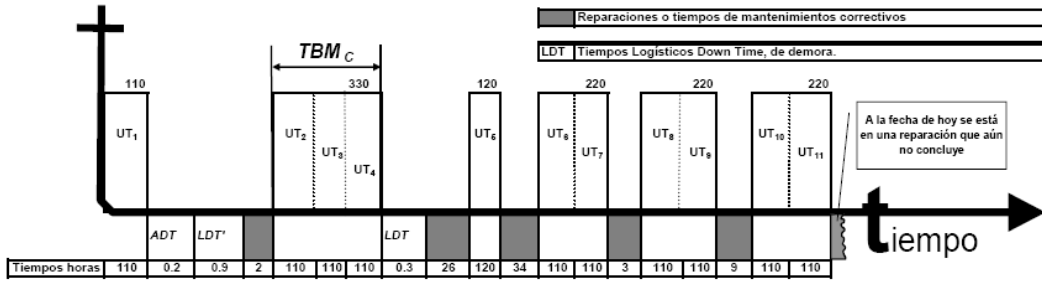
Recuérdese que para Disponibilidades A_1, A_M, A_0 y A_{30} se asume que $TBF \approx UT \approx TTF$

- LDT Tiempos Logísticos Down Time, de demora
- Tiempo útil de funcionamiento correcto sin fallas
- Reparaciones o tiempos de mantenimientos correctivos
- Mantenimientos planeados preventivos o predictivos



Cálculos correctivos

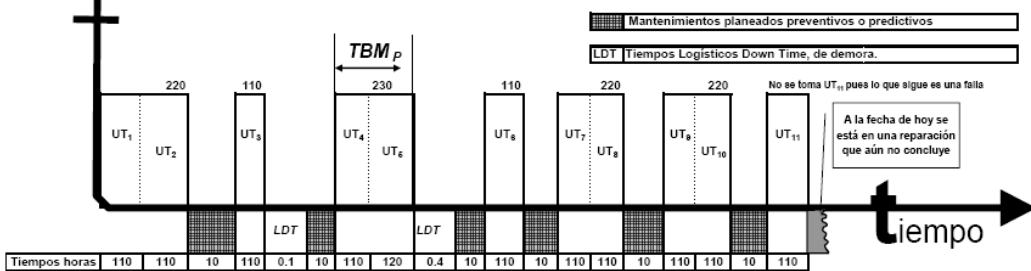
Para el cálculo de $MTBM_c$ se asume como si el comportamiento total fuese (se eliminan los mantenimientos y LDTs planeados de la gráfica)



$MTBM_c$	es el promedio de los TBM_c individuales :	110, 330, 120, 220, 220, 220	= 203.3	$\Sigma UT_s / \text{No. Fallas}$
MTR	es el promedio de los TTR individuales :	3.1, 26.3, 34, 3, 9	= 15.1	$\Sigma MTR / \text{No. Eventos}$

Cálculos preventivos

Para el cálculo de $MTBM_p$ se asume como si el comportamiento total fuese (se eliminan los tiempos y los LDT correctivos de la gráfica)



$MTBM_p$	es el promedio de los TBM_p individuales :	220, 110, 230, 110, 220, 220	= 185	$\Sigma UT_s / \text{No. Fallas}$
M_p	es el promedio de los tiempos preventivos netos individuales :	10, 10.1, 10.4, 10, 10, 10	= 10.1	$\Sigma M_p / \text{No. Eventos}$

$$\overline{M} = \frac{\frac{MTR}{MTBM_c} + \frac{M_p}{MTBM_p}}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}} = \frac{\frac{15.1}{203.3} + \frac{10.1}{185}}{\frac{1}{203.3} + \frac{1}{185}} = 12.48$$

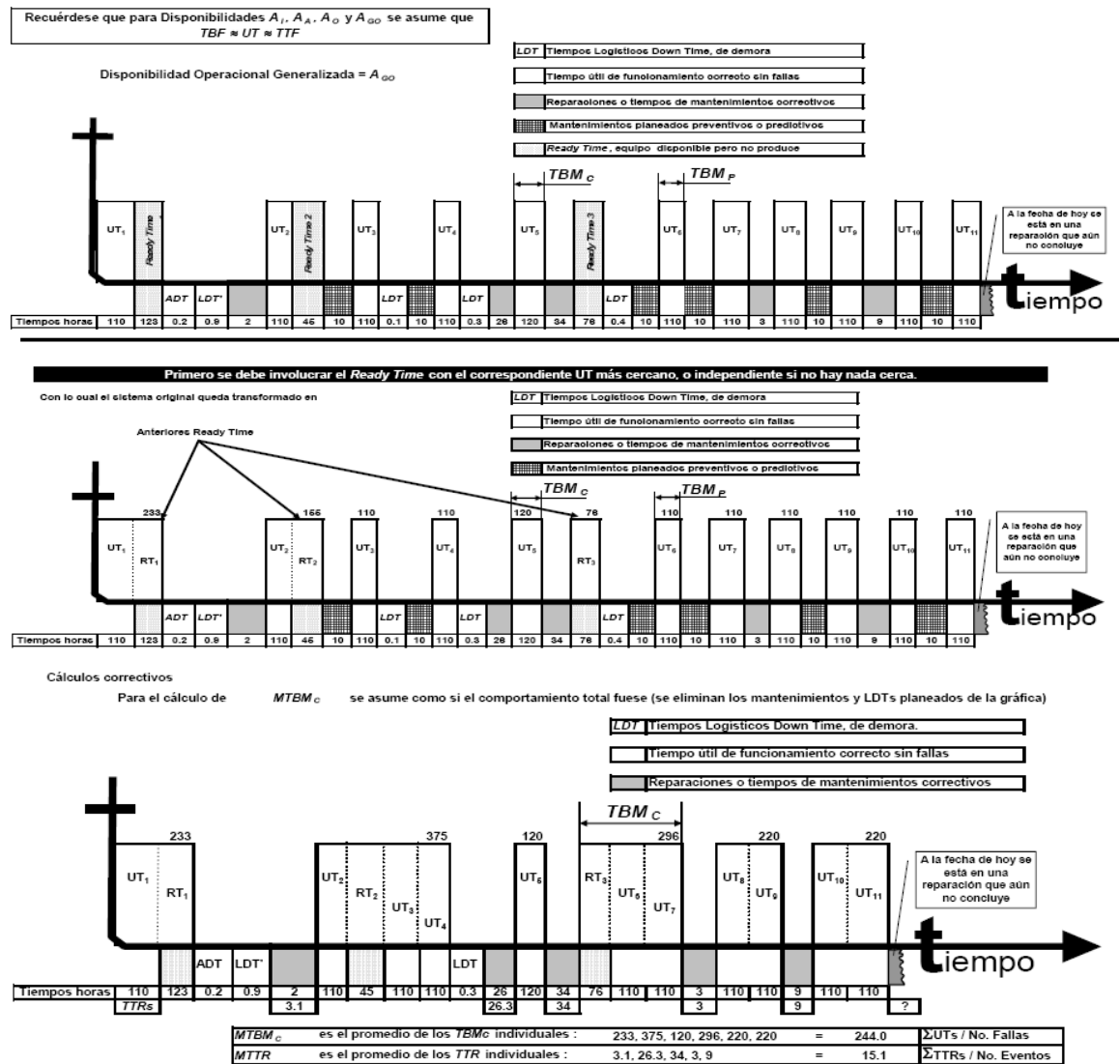
$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}} = \frac{1}{\frac{1}{203.3} + \frac{1}{185}} = 96.86$$

$$\text{Disponibilidad Operacional} = A_O = \frac{MTBM}{MTBM + \overline{M}} = \frac{96.86}{96.86 + 12.48} = 88.59 \%$$

Se puede concluir que la pérdida de disponibilidad es debida a los tiempos logísticos de *Down Time MLDT* es la diferencia entre *AO* y *AA* (89.59 – 88.74 %), que es del 0.85 %.

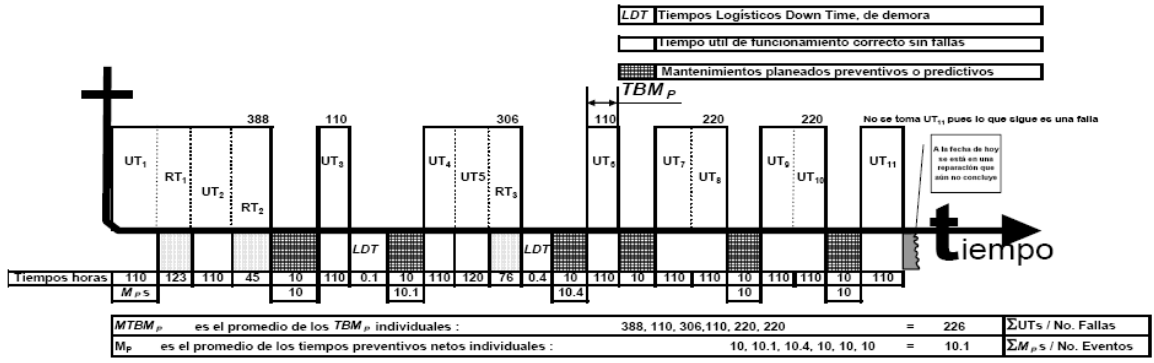
Ejercicio 3 - Ejemplo de Disponibilidad Operacional Generalizada (cálculos puntuales sin distribuciones).

Ejercicio tomado de: Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicio.



Cálculos preventivos

Para el cálculo de $MTBM_p$ se asume como si el comportamiento total fuese (se eliminan los tiempos y los LDT correctivos de la gráfica)



$$MTR = \frac{MTR}{MTBM_c} + \frac{M_p}{MTBM_p} = \frac{15.1}{244} + \frac{10.1}{226} = 12.50$$

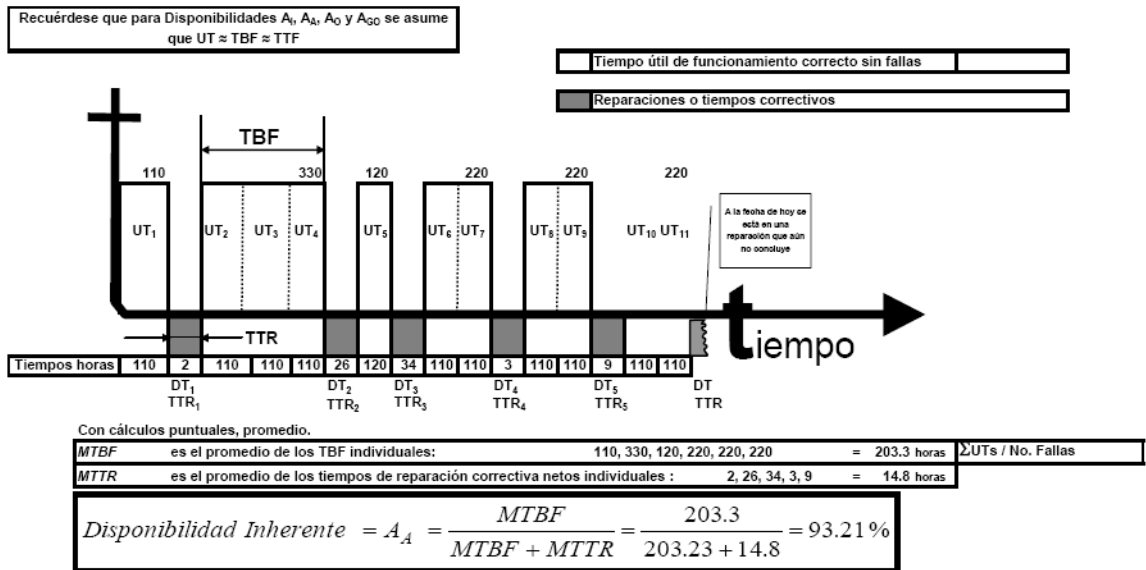
$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}} = \frac{1}{\frac{1}{244} + \frac{1}{226}} = 117.33$$

$$Disponibilidad Operacional Generalizada = A_{GO} = \frac{MTBM \text{ (incluido Ready Time)}}{MTBM \text{ (incluido Ready Time)} + MTR} = \frac{117.33}{117.33 + 12.50} = 90.37\%$$

Al tener en cuenta los tiempos disponibles (*MRT Ready Time*) se mejora la disponibilidad operacional en un 1.78%, que resulta de restar A_{OG} menos A_0 (90.37% - 88.59%).

Ejercicio 4 - Ejemplo de Disponibilidad Inherente (cálculos puntuales sin distribuciones).

Ejercicio tomado de: Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicio.

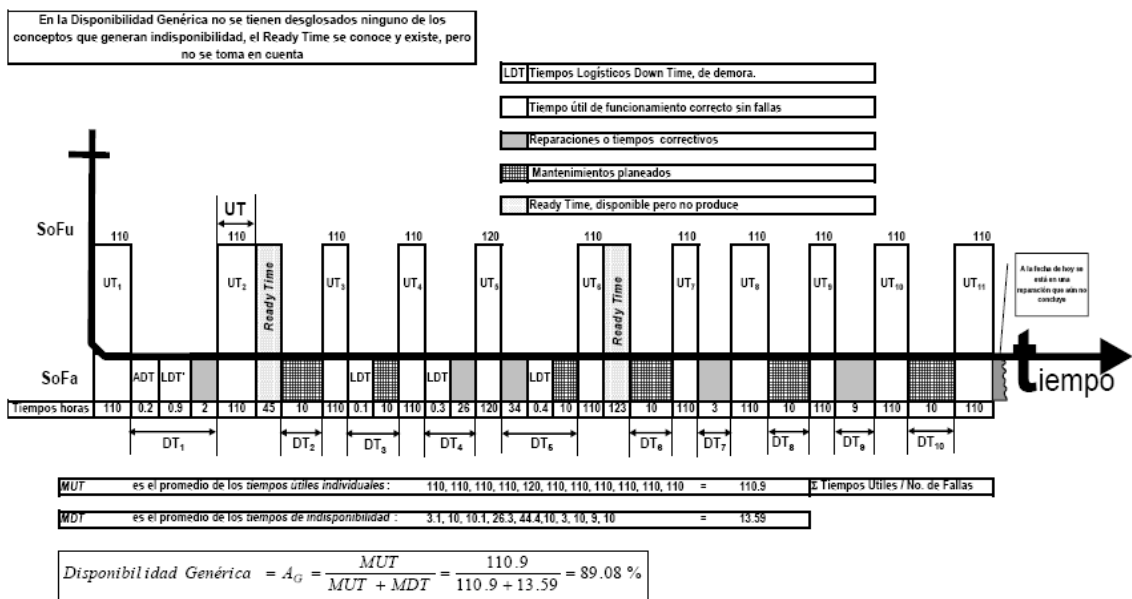


La diferencia entre la disponibilidad Inherente y la Alcanzada permite determinar el porcentaje en que se disminuye la disponibilidad debido a las tareas proactivas (mantenimientos planeados de orden preventivo o predictivo); en el ejemplo se determina que la disminución es del 4.47%, que es la resta de A_I menos A_A (93.21% - 88.74%).

A efectos de comparación se muestra en el siguiente ejemplo el cálculo de la disponibilidad genérica, donde solo se conoce en forma global los tiempos que hacen que se pierda la disponibilidad del equipo o dispositivo.

Ejercicio 5 - Ejemplo de Disponibilidad Genérica (cálculos puntuales sin distribuciones).

Ejercicio tomado de: Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicio.



En síntesis, con el mismo ejemplo se logran visualizar los cambios en la estimación de la disponibilidad, así:

Ejemplos de diferentes disponibilidades

Se observa que en la medida que se incorporan más conceptos de no disponibilidad cambia el valor de la disponibilidad (desde la A_A hacia A_O disminuye por los LDT y al llevarla a la A_{G0} mejora al aumentar los UT debidos al *Ready Time*), al igual mejora el índice de disponibilidad al considerar solo el tiempo activo de reparación neto en la A_r .

DISPONIBILIDAD	SIMBOLO	VALOR
GENÉRICA	A_G	89.08%
INTRÍNSECA	A_I	93.21%
ALCANZADA	A_A	88.74%
OPERACIONAL	A_O	88.59%
OPERACIONAL GENERALIZADA	A_{OG}	90.37%

En síntesis se puede concluir que los diferentes factores que afectan la funcionalidad de los equipos son considerados por las distintas maneras de calcular la disponibilidad, ya cada empresa asume la que más le conviene, sobretodo adopta la que puede usar acorde a los datos que posee.

Factores que afectan la funcionalidad de los equipos y las disponibilidades que los consideran.

		Factores que disminuyen la funcionalidad del dispositivo, equipo o sistema						
		Tiempo de no disponibilidad Down time de cualquier índole	Fallas que implican reparación correctiva	Mantenimientos planeados Preventivos o Predictivos	Tiempos administrativos	Retrasos logísticos de insumos, repuestos o recursos	Tiempos logísticos que generan indisponibilidad= suma de ADT +	Ready Time, tiempo en que el equipo está disponible pero no produce.
Término		DT	TTR	PM	ADT	LDT'	LDT	RT
Disponibilidad que considera el concepto	Genérica A_G	X						
	Inherente A_I		X					
	Alcanzada A_A		X	X				
	Operacional A_O		X	X	X	X	X	
	Operacional Generalizada A_{GO}		X	X	X	X	X	X

Fuente de la Ilustración: Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicio.

Curva de confiabilidad. La forma gráfica en que se expresa la confiabilidad, depende de su formulación matemática. La probabilidad de ocurrencia de un evento se define mediante la expresión:

Ecuación 5 - Probabilidades de ocurrencia de un evento (de falla) y confiabilidad

$P_f = \left(\frac{n}{N}\right)$ donde n es (son) el (los) evento (s) de falla (en confiabilidad) a estudiar;

N es el número total de eventos posibles; P_f es la probabilidad de falla.

$P_f = \lim_{N \rightarrow \infty} \left(\frac{n}{N}\right)$ con P_f definida como la probabilidad de que ocurra el evento n ante una serie grande o infinita N de eventos posibles.

$R_a = 1 - P_f$ con R_a como la probabilidad de confiabilidad o de éxito o de supervivencia en un tiempo a , siendo P_f la probabilidad de falla en ese mismo tiempo a .

Fuente Bibliográfica Ecuación: Ramakumar, 1996, 13

La curva de confiabilidad es la representación gráfica del funcionamiento después de transcurrido un tiempo t en un período T total. Se puede entender de dos maneras: la primera consiste en la representación de la probabilidad de confiabilidad o supervivencia que tiene un elemento, máquina o sistema después de transcurrido un determinado tiempo t ; la otra forma de interpretarla es cuando se están analizando varios o múltiples elementos (no reparables, normalmente) similares que tienen la misma distribución de vida útil, en este caso expresa el porcentaje de ellos que aún funcionan después de un tiempo t .

Ejercicio 6 - Ejemplo de Curva de confiabilidad en A_i , Registros Históricos y cálculos de β eta y Eta, Weibull.

Se toma el mismo ejemplo que se utiliza en el cálculo de disponibilidades del Ejercicio 4 - Ejemplo de disponibilidad Inherente (cálculos puntuales sin distribuciones), donde:

Dato	Fecha y hora inicio de falla	Hora fin de falla, inicio de operación normal	TBF	TTR
HORAS				
1		Día 01 de Enero del Año inicial a las 00:00 horas	110	
2	Día 05 de Enero del Año inicial a las 14:00 horas	Día 05 de Enero del Año inicial a las 16:00 horas	330	2
3	Día 19 de Enero del Año inicial a las 10:00 horas	Día 20 de Enero del Año inicial a las 12:00 horas	120	26
4	Día 25 de Enero del Año inicial a las 12:00 horas	Día 26 de Enero del Año inicial a las 22:00 horas	220	34
5	Día 05 de Febrero del Año inicial a las 02:00 horas	Día 05 de Febrero del Año inicial a las 05:00 horas	220	3
6	Día 14 de Febrero del Año inicial a las 09:00 horas	Día 14 de Febrero del Año inicial a las 18:00 horas	220	9
7	Día 23 de Febrero del Año inicial a las 22:00 horas		Ahora	

Resulta que en este ejemplo hay 3 UT que son iguales, por lo tanto el tratamiento de alineación es diferente al evento en que no repitieran, se toman los tres iguales y solo se deja uno, el que tenga el $F(t)$ más crítico a la luz de las fallas, para el caso particular se toma $F(t_5)$ que vale 0.7344 y los dos similares se eliminan, el caso para alineación se trabaja como si fuese de dos datos menos, o sea de solo 4 eventos y ahí sí se procede a la alineación. En el caso de que se trabaje con MTTR, los DT o TTR repetidos se manejan igual que lo se acaba de explicar para TBF

Nuevos cálculos reales y correctos por repetición de UT

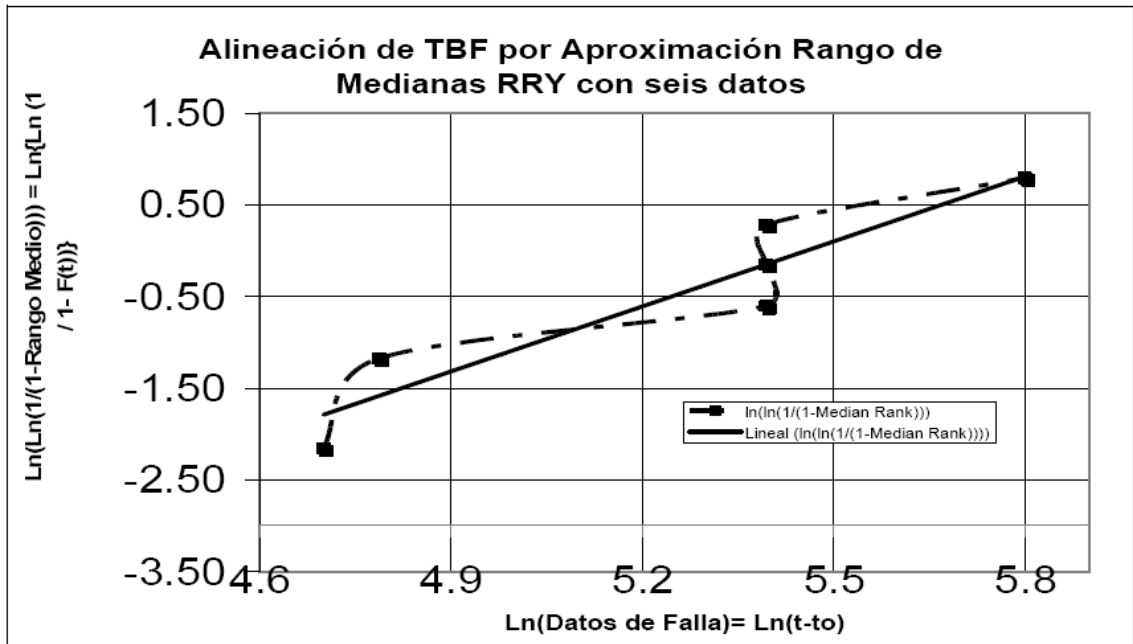
Estimación de parámetros con aproximación de Rango de Mediana Benard RRY - Weibull				
1	2	3	4	5
N o . D a t o	Datos de operación sin fallas - Runs Hours = Λ - en horas	C e n s u r a d o	Horas de operación sin fallos, organizados con Λ ascendente	RM - Rango de Mediana Benard - $F(t)$
1	110	1	110	0.1094
2	330	1	120	0.2656
3	120	1	220	
4	220	1	220	
5	220	1	220	0.7344
6	220	1	330	0.8906

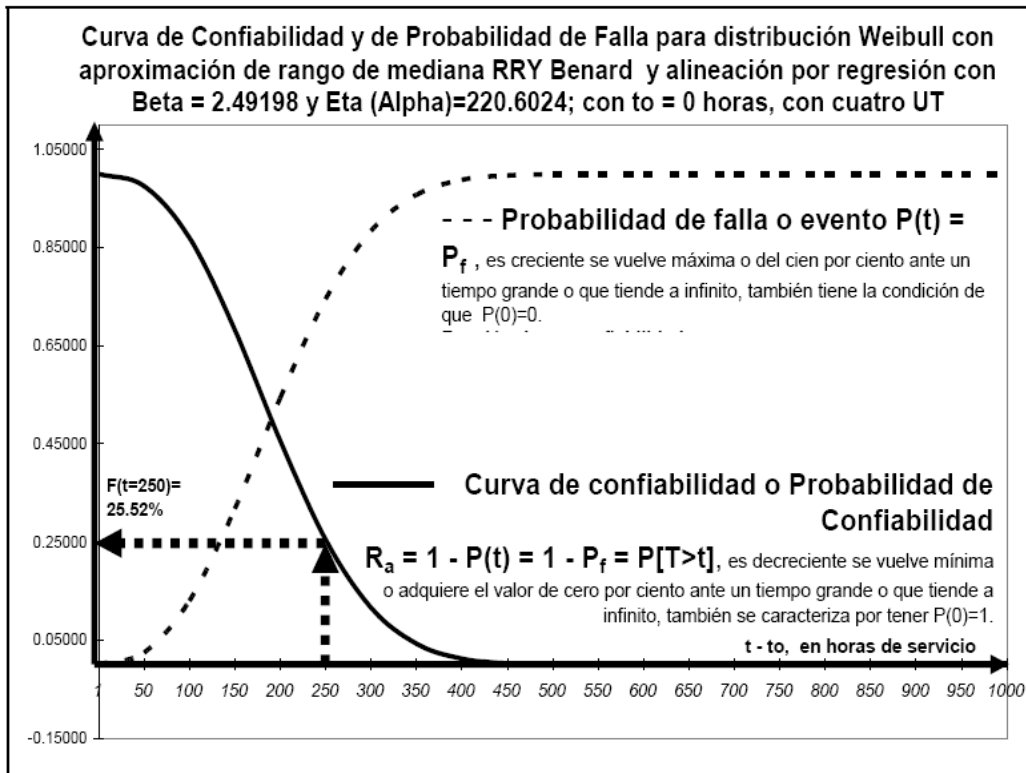
Alineación con regresión - Mínimos Cuadrados		
6	7	8
$1 / (1 - \text{Rango Mediana})$	$\text{Ln}(\text{Ln}(1/(1-R.M.)))$ - Y de la regresion	$\text{Ln de datos} - X$ de la regresion
1.122807018	-2.15562	4.700480366
1.361702128	-1.17527	4.787491743
3.764705882	0.28192	5.393627546
9.142857143	0.79434	5.799092654

4 Elementos totales

Intercepto	-13.4476	
β - Beta	2.49198	horas
Alpha o Eta	220.6024	η
r	0	Ro
MTBF Tiempo promedio de funcionamiento sin fallas	195.7173	horas
MTBF = η * Gamma Γ (1+ 1/β)		

Con *TBF* como tiempo entre fallas y *TTR* como tiempo para reparar.





Tiempo en Horas - t	Funcion de probabilidad de fallas acumuladas f.d.p.s Suma de fallas hasta el tiempo t $P(t)=1R(t)= F(t)$	Funcion de probabilidad de fallas $R(t)=1-F(t)$
1	0.00%	100.00%
50	2.44%	97.56%
100	13.00%	87.00%
150	31.78%	68.22%
200	54.31%	45.69%
250	74.48%	25.52%
300	88.37%	11.63%
350	95.75%	4.25%
400	98.78%	1.22%
450	99.73%	0.27%
500	99.95%	0.05%
550	99.99%	0.01%
600	100.00%	0.00%
650	100.00%	0.00%
700	100.00%	0.00%

La función de confiabilidad permite responder la pregunta: ¿cuál es la probabilidad de que la máquina dure más de T horas sin fallas en la función $R(t) = P(T > t)$?, si se toma el punto de la ilustración para $R(250) = P[T > 250]$, se lee de la gráfica anterior y de la tabla en el Ejercicio 6 - Ejemplo de la Curva de confiabilidad en AI, Registros Históricos y cálculos de β eta y Eta en Weibull, que expresa que la probabilidad de que un elemento dure más de 250 horas sin fallar es del 25.52%; si se hace la lectura para múltiples elementos similares o equipos no reparables se expresa que después de 250 horas deben funcionar correctamente más del 25.52 % de ellos; como también se visualiza que existe una probabilidad del 98.78 % de que un elemento entre en falla antes de 400 horas.

Es de anotar que en este ejemplo explicativo solo se tienen cuatro *TBF* y cinco *TTR*, pero en la realidad al simular comportamientos de fallas y/o reparaciones deben ser al menos 31 datos de cada uno (teorema del límite central).