

Diseño e implementación de un plan de mantenimiento bajo el modelo *Total Productive Maintenance* (TPM) asistido por computador, aplicado en el Centro Tecnológico de Automatización Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana – Sede Bogotá.



ALEXANDER CÁRDENAS RAMOS
YUDY LORENA URREA MORALES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
2010

Diseño e implementación de un plan de mantenimiento bajo el modelo *Total Productive Maintenance* (TPM) asistido por computador, aplicado en el Centro Tecnológico de Automatización Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana – Sede Bogotá.



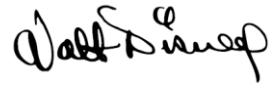
ALEXANDER CÁRDENAS RAMOS
YUDY LORENA URREA MORALES

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Industrial

Directora – Trabajo de Grado
Martha Manrique Torres
Mecánica Industrial, MSc

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
2010

*“I happen to be kind of an inquisitive guy
and when I see things I don’t like, I start
thinking ‘Why do they have to be like
this and how can I improve them?’”*

A handwritten signature in black ink that reads "Walt Disney". The signature is written in a cursive, flowing style with a small heart-like flourish above the letter 'i' in "Disney".

(Walt Disney)

Queremos manifestar nuestro agradecimiento a la Pontificia Universidad Javeriana y su Facultad de Ingeniería, por la formación profesional que impartieron en nosotros durante estos últimos años.

A nuestros padres y hermanos, porque han sido un soporte invaluable en nuestras vidas y un ejemplo real de la fortaleza que se debe tener para alcanzar aquello que más deseamos.

A la profesora Martha Ruth Manrique Torres, por su motivación y seguimiento constante en la dirección de este Trabajo de Grado.

Al personal técnico y administrativo del Centro Tecnológico de Automatización Industrial, por su ayuda incondicional en el desarrollo de este proyecto.

Y a todas aquellas personas que día tras día nos impulsan a seguir adelante, construyendo nuevas metas y fijándonos grandes objetivos para nunca dejar de soñar...

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE GRÁFICAS.....	10
LISTA DE ANEXOS	11
GLOSARIO	12
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA (ANTECEDENTES Y FORMULACIÓN).....	17
JUSTIFICACIÓN	19
OBJETIVOS	21
Objetivo General	21
Objetivos Específicos.....	21
1. MARCO TEÓRICO.....	22
2. FASE DE PREPARACIÓN	41
2.1 IMPORTANCIA DEL RECURSO HUMANO EN EL TPM.....	41
3. FASE DE INTRODUCCIÓN.....	47
3.1 ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL CTAI	47
3.1.1 Evaluación Inicial	47
3.1.1.1 Metodología de la Evaluación	52
3.1.1.2 Primera Evaluación.....	56
3.1.1 Distribución de planta	60
3.1.2 Tipo de Mantenimiento	62
3.1.3 Seis grandes pérdidas.....	64
3.1.4 Política de calidad.....	65
3.1.5 Importancia del mantenimiento en la política de calidad	67
3.2 DESCRIPCIÓN DE MÁQUINAS, EQUIPOS E INSTALACIONES.....	70
3.2.1 Descripción General de máquinas, equipos e instalaciones	70
3.2.2 Jerarquización de máquinas equipos e instalaciones	78

3.2.3	Clasificación y codificación de máquinas, equipos e instalaciones.....	83
4.	FASE DE IMPLEMENTACIÓN	85
4.1	DISEÑO DE REGISTROS	85
4.2	DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO EN EL CTAI.....	107
4.3	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR COMPUTADOR.....	110
4.3.1	Caracterización del mantenimiento interno	110
4.3.2	Caracterización del mantenimiento externo	111
4.3.2.1	Protocolos de Calibración y Encendido.....	111
4.3.3	Diseño de interfaz gráfica.....	114
4.4	PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN EN LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL CTAI ..	121
4.5	INDICADORES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	122
5.	FASE DE CONSOLIDACIÓN	127
5.1	SEGUIMIENTO DE INDICADORES DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	127
5.2	CAPACITACIÓN DEL PERSONAL	128
6.	EVALUACIÓN DEL PROYECTO	130
6.1	SEGUNDA EVALUACIÓN	130
6.2	ANÁLISIS DE LAS EVALUACIONES DEL PROYECTO TPM	134
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	136
	BIBLIOGRAFÍA.....	139

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Beneficios Prácticos del modelo TPM	26
Tabla 2. Resumen de las 5S's.....	29
Tabla 3. Resumen Implementación de los pilares del TPM en el laboratorio	31
Tabla 4. Planeación de capacitaciones para el personal.....	42
Tabla 5. Plan de Capacitaciones.....	43
Tabla 6. Descripción de los equipos y Actividades de mantenimiento:.....	50
Tabla 7. Designación de colores y ponderaciones para evaluación de criterios.....	53
Tabla 8. Criterios de evaluación del Mantenimiento	54
Tabla 9. Criterios de Sistematización	56
Tabla 10. Criterios de MantenimientoFuente: Los autores	57
Tabla 11. Criterios de Seis Pérdidas	58
Tabla 12. Criterios de las 5S's.....	59
Tabla 13. Convenciones de la Distribución de Planta	61
Tabla 14. Asignaturas ofrecidas en las Salas del CTAI	78
Tabla 15. Frecuencia de Uso del Compresor y las Salas del CTAI.....	79
Tabla 16. Frecuencia de Uso de las Salas del CTAI	79
Tabla 17. Uso de los equipos de la Sala de Automatización	81
Tabla 18. Uso de la UPS y los equipos de la Sala CIM	82
Tabla 19. Uso de los equipos de la Sala CIM	83
Tabla 20. Sistemas de Mantenimiento.....	91
Tabla 21. Protocolos de comunicación y supervisión en la estructura organizacional del CTAI	121
Tabla 23. Indicador de Gestión de Mantenimiento: Costo de reparación de las fallas	124
Tabla 24. Indicador de Gestión de Mantenimiento: Fallas causadas por Mantenimiento Preventivo deficiente.....	125
Tabla 25. Indicador de Gestión de Mantenimiento: Eficiencia del Equipo	125
Tabla 26. Criterios de Sistematización	130
Tabla 27. Criterios de Mantenimiento	131
Tabla 28. Criterios de Seis Pérdidas	132
Tabla 29. Criterios de las 5S's.....	133
Tabla 28. Ponderación en Evaluaciones.....	134

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Costo Real del Mantenimiento Reactivo	25
Figura 2. Los pilares del modelo TPM	28
Figura 3. Módulos imprescindibles en un sistema GMAO	40
Figura 4. Elementos Fundamentales para la Práctica del TPM	44
Figura 5. Organigrama del CTAI.....	45
Figura 6. Distribución de planta del CTAI	60
Figura 7. Estructura de la Documentación	66
Figura 8. Mapa de Procesos del Centro Tecnológico de Automatización Industrial.....	67
Figura 9. Codificación Torno EMCO PC TURN 125	84
Figura 10. Cuadro de diálogo: Tipo de Usuario	85
Figura 11. Cuadro de diálogo: Ayuda	86
Figura 12. Cuadro de diálogo: Datos adjuntos	86
Figura 13. Registro: Codificación de máquinas	87
Figura 14. Registro: Hojas de Vida	88
Figura 15. Registro: Protocolos de encendido	89
Figura 16. Cuadro de diálogo: Agregar datos adjuntos.....	89
Figura 17. Registro: Protocolos de calibración.....	90
Figura 18. Registro: Mantenimiento de Sistemas	91
Figura 19. Acceso a las tareas de mantenimiento según la sala, en el Formulario INICIO	92
Figura 20. Acceso al informe: Mantenimientos Diarios, en el Formulario INICIO	92
Figura 21. Registro: Mantenimientos Programados	93
Figura 22. Cuadro de diálogo: Nombre de la máquina	93
Figura 23. Registro: Ingreso de código y nombre de la máquina.....	94
Figura 24. Registro: Reportes de Mantenimiento	95
Figura 25. Acceso a envío de correos con los reportes de mantenimiento, en el Formulario INICIO	96
Figura 26. Acceso a consulta de reportes de mantenimiento por máquina, en el Formulario INICIO	97
Figura 27. Registro: Reportes de Mantenimiento no realizados	97
Figura 28. Registro: Reporte de Hallazgos	98
Figura 29. Acceso a reportes de hallazgos, desde Formulario INICIO.....	99
Figura 30. Acceso al informe y envío de e-mail de las solicitudes de Insumos de Mantenimiento y Consumibles, desde Formulario INICIO	99
Figura 31. Registro: Solicitud de insumos	100
Figura 32. Acceso al informe y envío de e-mail de las solicitudes de Mantenimiento Externo, desde Formulario INICIO.....	100
Figura 33. Registro: Solicitud de Servicios Externos.....	101
Figura 34. Registro: Tiempo Programado de las máquinas según grupos	102

Figura 35. Cuadro de diálogo: Indicadores de Eficiencia	102
Figura 36. Proceso de solicitud de productos para el área de Mantenimiento.....	107
Figura 37. Proceso de solicitud de servicios para el área de Mantenimiento	108
Figura 38. Proceso de ejecución del Mantenimiento Interno.....	110
Figura 39. MÓDULO 1 – Codificación/Hojas de Vida/P. Encendido/P. Calibración	115
Figura 40. MÓDULO 2 – Periodicidad de Sistemas de Mantenimiento / Reportes de Mantenimiento	116
Figura 41. MÓDULO 3 – Abastecimiento	117
Figura 42. MÓDULO 4 – Indicadores de Gestión - BSC	118
Figura 43. MÓDULO 5 – Reporte de Hallazgos - NC.....	119
Figura 44. Ciclo de Mejoramiento Continuo	123

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Aspectos más valorados por la dirección empresarial	23
Gráfica 2. Problemas más importantes del Mantenimiento en Colombia	23
Gráfica 3. Uso del computador en el Mantenimiento	24
Gráfica 4. Gráfico de burbuja (ejemplo).....	55
Gráfica 5. Gráfico de radar (ejemplo)	55
Gráfica 6. Uso de las Salas del CTAI.....	80
Gráfica 7. Uso de los equipos de la Sala de Automatización	81
Gráfica 8. Indicador Eficiencia	103
Gráfica 9. Indicador Costo de Mantenimiento Correctivo	104
Gráfica 10. Indicador Fallas por Mantenimiento Preventivo Deficiente.....	105
Gráfica 11. Indicador Costo de Mantenimiento Correctivo	106
Gráfica 12. Radar: Evaluación Criterios del Sistema de Mantenimiento	134

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Modelos de Mantenimiento	141
Anexo 2. Acta de reunión: Capacitación en los fundamentos del TPM	143
Anexo 3. Acta de reunión: Capacitación en el funcionamiento del sistema de información	144
Anexo 4. Acta de reunión con el círculo de calidad del CTAI	145
Anexo 5. Análisis de Pareto: Salas del CTAI y Compresor Kaeser	147
Anexo 6. Análisis de Pareto: Salas del CTAI y Compresor Kaeser	148
Anexo 7. Análisis de Pareto: Relación entre las Asignaturas dictadas en la Sala CIM y el uso de los equipos de la misma.	149
Anexo 8. Análisis de Pareto: Equipos de la Sala CIM y UPS	151
Anexo 9. Análisis de Pareto: Equipos de la Sala CIM	152
Anexo 10. Análisis de Pareto: Relación entre las Asignaturas dictadas en la Sala de Automatización y el uso de los equipos de la misma.	153
Anexo 11. Análisis de Pareto: Equipos de la Sala de Automatización.....	154
Anexo 12. Codificación de las máquinas	155
Anexo 13. Protocolo de calibración para la Fresadora Benchman VMC 4000 y Dispositivo de Fresado del Torno Unimat PC	161
Anexo 14. Protocolo de calibración para el Torno EMCO PC TURN 125, Torno Unimat PC y Torno Winston BD 1340.....	177
Anexo 15. Protocolo de calibración Robot Melfa Mitsubishi RV2A.....	197
Anexo 16. Protocolo de encendido Fresadora Benchman VMC 4000	199
Anexo 17. Protocolo de encendido Centro Integrado de Manufactura (CIM).....	204
Anexo 18. Protocolo de encendido Torno Winston BD 1340	220

GLOSARIO

- **BACKUP:** Copia total o parcial de información considerada como importante que se encuentra en discos duros, bases de datos u otro medio de almacenamiento.
- **CAD:** Siglas en ingles de Diseño Asistido por Computador (*Computer Aided Design*)
- **CALIBRACIÓN:** Procedimiento que permite evaluar la precisión de las partes constituyentes de la máquina en cuanto a forma, dimensiones, posición y movimientos relativos.
- **CAM:** Siglas en ingles de Manufactura Asistida por Computador (*Computer Aided Manufacturing*)
- **CIM:** Siglas en ingles de Manufactura Integrada por Computador (*Computer Integrated Manufacturing*)
- **CONSUMIBLES:** Son elementos necesarios para el funcionamiento de las máquinas, su nombre se deriva a la naturaleza bajo la cual el elemento se agota en su funcionamiento, entre estos se encuentran: aceite, piedras (esmeril), leds (testigos de máquinas), etc.
- **COSTO DIRECTO DE REPARACIÓN DE FALLAS:** Gasto económico relacionado únicamente con las tareas de Mantenimiento Correctivo, incluye gastos de mano de obra, insumos, equipo alquilado y contratistas.
- **COSTO DIRECTO TOTAL DE MANTENIMIENTO:** Gasto económico relacionado con las tareas de Mantenimiento, tanto Correctivo como Preventivo. Incluye gastos de mano de obra, insumos, equipo alquilado y contratistas.
- **DIAGRAMA DE PARETO:** Herramienta que permite identificar el 20% de las causas totales que hacen que se originen el 80% de los efectos.
- **DISPONIBILIDAD:** Característica que permite asegurar que la maquinaria se encuentra en perfectas condiciones de funcionamiento en cualquier momento.
- **ENCENDIDO:** Puesta en funcionamiento de una máquina.
- **FORMULARIO:** Un formulario es una plantilla utilizada para el ingreso ordenado de datos bajo unos parámetros establecidos y relacionados con prioridad y secuencia. En

informática es utilizado para un conjunto de campos que deben ser llenados y que son almacenados para su posterior ubicación.

- **GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASISTIDA POR COMPUTADOR (GMAO):** Sistema de Información que permite la Gestión de Mantenimiento de los equipos e instalaciones.
- **INDICADORES DE GESTIÓN:** Herramienta que permite identificar, analizar y proyectar el estado de un proceso frente a un parámetro de comparación definido.
- **INSUMO:** Son elementos necesarios para el correcto funcionamiento de las máquinas y equipos, entre estos encontramos: Tornillos, Tuercas, abrazaderas, etc. Se han caracterizado para efectos del presente trabajo de grado como elementos que tienen una larga duración y su periodicidad de cambio es grande (superior a 1 año).
- **KPI:** Siglas en ingles de Indicadores Clave de Desempeño (*Key Performance Indicators*)
- **LOG DE SEGURIDAD:** Bitácora que permite identificar los accesos y los dispositivos de seguridad que tiene el servidor habilitados en el momento.
- **LOG DE TRANSACCIONES:** Bitácora que permite revisar los eventos del sistema en un momento determinado (Ejemplo: Cierre de sesión, cierre de terminal). Cuenta con la descripción, fecha y hora del evento.
- **MANTENIMIENTO CORRECTIVO:** Mantenimiento orientado a la reparación de la máquina o equipo luego de haberse producido el daño.
- **MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** Mantenimiento que se realiza teniendo en cuenta una programación definida de actividades tales como ajustes, lubricación, limpieza y calibración.
- **MEJORAMIENTO CONTINUO:** Proceso en el que se identifican y ejecutan oportunidades de desarrollo, para una organización.
- **NÚMERO DE FALLAS QUE DEBERÍAN HABER SIDO EVITADAS:** Tareas de Mantenimiento Correctivo que el Plan de Mantenimiento Preventivo debería haber contemplado y evitado.
- **NÚMERO TOTAL DE FALLAS:** Suma de la cantidad de Tareas de Mantenimiento Correctivo realizadas durante un periodo de tiempo determinado.

- **PLAN DE MANTENIMIENTO:** Sistema conformado por un conjunto de tareas programadas para la preservación de los niveles de referencia de las máquinas, equipos e instalaciones. Contempla fechas para la realización de actividades, responsables, periodicidad, indicadores de gestión del mantenimiento y una codificación que garantice la trazabilidad de la información que alimenta el sistema de información en mantenimiento TPM. Ésta información se relaciona con los sistemas, hojas de vida y protocolos de encendido y calibración de las máquinas.
- **REGISTRO:** Es la recopilación de datos específicos y seleccionados a través de un formulario, y que posee características como seguimiento, almacenamiento, etc.
- **TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADAS:** Número de tareas que han sido designadas para un período de tiempo determinado.
- **TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADAS:** Número de tareas programadas que se han ejecutado para un período de tiempo determinado.
- **TIEMPO DE ACTIVIDAD:** Cantidad de horas reales de trabajo del equipo en un periodo determinado.
- **TIEMPO PROGRAMADO:** Cantidad de horas de trabajo presupuestadas para el equipo en un periodo de tiempo determinado de acuerdo a la cantidad de grupos de cada asignatura.
- **TOTAL DE HORAS – HOMBRE EMPLEADAS EN SOLUCION DE FALLAS:** Número de horas que el personal de Mantenimiento ha destinado para la realización de tareas de Mantenimiento Correctivo.
- **TOTAL DE HORAS – HOMBRE TRABAJADAS EN MANTENIMIENTO:** Número de horas que el personal de Mantenimiento ha empleado para la realización de las tareas de Mantenimiento, tanto Correctivo como Preventivo.
- **TRABAJO DE GRADO:** Investigación sobre un tema específico, puede presentar diversos niveles de profundidad descriptiva y ser requisito para optar a un título en estudios de pregrado y posgrado en las modalidades de especialización y maestría. Es diferente de la tesis.

RESUMEN

Los Laboratorios para la Formación de Profesionales se caracterizan por ser un espacio de aprendizaje en el cual los estudiantes se encuentran en contacto con máquinas y equipos propios de su labor. Con el objeto de proporcionar un excelente servicio a los usuarios, éstos elementos deben estar siempre en perfectas condiciones de funcionamiento, lo cual, se garantiza mediante un robusto plan de mantenimiento. Para los laboratorios educativos, ésta es una tarea con variables de difícil control, ya que los usuarios se identifican por tener poco conocimiento en los principios de operación de la maquinaria. En consecuencia, surge la necesidad de realizar compras o cambios de herramientas, y detenciones que no han sido programadas.

Con objeto de mejorar la productividad de las máquinas y equipos del Centro Tecnológico de Automatización Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana, se ha diseñado e implementado un Plan de Mantenimiento bajo el modelo *Total Productive Maintenance* (TPM) asistido por computador, a través del cual, se pretende desarrollar una filosofía de mantenimiento en la comunidad educativa, eliminar los problemas en los equipos mediante actividades de prevención, programación y predicción, elevar la vida útil de las máquinas e incrementar el nivel de productividad de las mismas. El plan de mantenimiento del CTAI se apoya en un sistema de información diseñado en Microsoft Access®, mediante el cual se administra la información referente a las tareas y reportes de mantenimiento, se generan alarmas para las actividades programadas, y se controla la información referente a las máquinas, equipos e instalaciones. Las tareas de mantenimiento asistidas por computador permiten obtener información confiable y oportuna sobre las actividades desarrolladas en un laboratorio de Ingeniería, garantizando la trazabilidad exigida por los procesos de Mantenimiento y de certificación en los sistemas de calidad.

INTRODUCCIÓN

Diariamente un gran número de compañías colombianas deben luchar con problemas relacionados con daños en la maquinaria, generando inconvenientes en la productividad y vida útil de los equipos. En Colombia, aunque hay muchas empresas que entienden la importancia de implementar adecuados planes de mantenimiento, son pocas las que lo efectúan correctamente, alcanzando alta disponibilidad de la maquinaria y evitando riesgos por paradas y altos costos en tareas de emergencia. El proceso de globalización presenta un nuevo reto a las compañías colombianas, que deben lograr altos índices de productividad, garantizar tiempos de respuesta muy cortos y productos que cumplan con los requerimientos del cliente y los estándares de calidad. Sin embargo, a pesar de estar enfocados en el alcance de este objetivo, la mayoría de las compañías no cuentan con un plan de mantenimiento que permita maximizar la vida útil de la maquinaria, optimizar los recursos humanos y por ende disminuir los costos de mantenimiento.

En su origen, el mantenimiento solo se llevaba a cabo luego de algún daño. Posteriormente, poco a poco las compañías tomaban consciencia del papel del mantenimiento en su acción diaria, aunque no diligenciaban registros ni usaban herramientas informáticas en su ejecución, por lo cual, no se contaba con datos actualizados y oportunos. En contraste, el siglo XXI requiere sistemas de gestión que propendan por el cuidado del medio ambiente y por el manejo de datos en tiempo real, pensando en estos aspectos, se consideró como uno de los ejes principales del Trabajo de Grado, la aplicación de Tecnologías de Información y Comunicación, en lo relacionado con bases de datos y comunicación vía e-mail que permiten la toma de decisiones a través del análisis de información gracias a su constante actualización.

La construcción del sistema de información se realiza teniendo en cuenta las características específicas y requerimientos del laboratorio, así como la alineación del proyecto con el sistema de gestión de calidad. Por tal razón, es de vital importancia crear un ambiente de confianza con los integrantes del área de mantenimiento y captar información veraz y efectiva acerca de los aspectos más importantes del proyecto. Por otra parte, se desea resaltar que el éxito de un plan de mantenimiento radica en la capacitación y concienciación constante de los trabajadores acerca de la importancia que tiene su participación en el proyecto, el TPM busca que cada uno de los colaboradores se preocupe por el estado de la maquinaria y emprenda actividades proactivas en la búsqueda de mantener adecuados niveles de operación de los equipos. Así mismo, la dirección debe estar en continua planeación, seguimiento y mejoramiento del plan de mantenimiento, la compañía debe estar orientada en su totalidad a la filosofía de cero defectos.

El sistema TPM se constituye como un avance en el área de mantenimiento en los laboratorios educativos, ya que puede ser replicado en centros de práctica de diversas facultades de Ingeniería en el país y se proyecta como una alternativa que puede ser aplicable a PYMES del sector privado.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA (ANTECEDENTES Y FORMULACIÓN)

La evolución de los sistemas de manufactura a través del tiempo, se ha fundamentado en producir productivamente, buscando el aumento de la efectividad, relacionada con el consumo de recursos (por lo general escasos) y con el alcance de los objetivos e indicadores planteados. Las máquinas, equipos y herramientas son recursos dispuestos al servicio de los sistemas productivos y según su uso planeado, contribuyen en gran medida a la consecución de una alta productividad.

El ciclo productivo de cualquier empresa es afectado por las condiciones de los recursos empleados para determinado trabajo. Las máquinas y equipos hacen parte esencial de los diversos procesos de producción tanto de bienes como de servicios y dada su gran importancia es necesario realizar estudios y análisis sobre su desempeño, teniendo en cuenta la capacidad operativa y la capacidad requerida para la cual ha sido establecido un equipo en determinado centro de trabajo.

Es así como se debe velar por alcanzar altos índices de confiabilidad en las máquinas (recursos), de tal manera que el proceso productivo no se vea afectado en ningún momento por la reducción en el rendimiento dentro de una línea o un proceso específico. Para llevar a cabo este objetivo, las compañías se preocupan por diseñar planes y procedimientos relacionados con el mantenimiento de máquinas y equipos; estos métodos en planta se hacen necesarios en la planeación de la capacidad de los centro de trabajo, pues son parte fundamental en el cuidado de las condiciones óptimas de los recursos empleados para determinada labor.

El Centro Tecnológico de Automatización Industrial (CTAI) como entidad prestadora de servicios educativos de la Facultad de Ingeniería y centro de investigación al servicio de la industria colombiana, cuenta con una gran cantidad de máquinas, equipos e instalaciones de alta vanguardia, adquiridas para asistir los procesos de diseño y fabricación de producto, planeación y control de la producción y simulación de procesos, entre otros.

En el CTAI se realiza mantenimiento programado a las máquinas, equipos e instalaciones en los recesos universitarios, es decir, cada seis meses. Durante el mantenimiento se realiza la inspección programada, y se hace un registro de las operaciones llevadas a cabo. Sin embargo, en numerosas ocasiones ha sido necesario recurrir al mantenimiento correctivo, ya que en la mayor parte del tiempo, quienes manipulan las máquinas, equipos e instalaciones, son estudiantes sin experiencia y con pocos conocimientos en su utilización. Esta situación, ha ocasionado costos adicionales, dificultad en la prestación del servicio, e inactividad de algunos equipos.

El CTAI trabaja para mantener el funcionamiento adecuado de las máquinas, dada la importancia que tienen para la prestación adecuada e ininterrumpida del servicio. Una máquina averiada o sala cerrada, detendría el funcionamiento de los procesos, y esto resultaría en perjuicio de los clientes (Estudiantes de pregrado y posgrado, y el sector industrial que solicita proyectos y estudios de

factibilidad), por esta razón, el CTAI ha diseñado estructuras que faciliten la administración del mantenimiento que se realiza a máquinas y equipos.

Aunque en el CTAI existe conciencia de la importancia que tiene el mantenimiento de la maquinaria, el plan de mantenimiento actual no corresponde a un modelo estructurado, ya que aún existen dificultades en el registro histórico de cada uno de los equipos, conocimiento de la vida útil de máquinas y herramientas, frecuencia de recambio y *stock* de repuestos necesarios. Así mismo, la planeación del mantenimiento es realizada únicamente para tres máquinas, por lo cual, las fechas de mantenimiento de los demás equipos están sujetas a la memoria del personal técnico encargado.

Por otra parte, es importante destacar que aunque se realizan reportes de las tareas de Mantenimiento, éstos no son diligenciados oportunamente ni ubicados en un lugar de fácil acceso para el análisis global (carpeta correspondiente a cada equipo). Por esta razón, no se dispone de información confiable, oportuna y centralizada. Así mismo, el laboratorio no cuenta con indicadores definidos para la evaluación de la Gestión de Mantenimiento ni con un Sistema de Información Asistido por Computador, que permita consultar las fechas de Mantenimiento de los equipos, disponer de material de gran importancia como los manuales de las máquinas y consultar información actualizada de los reportes de Mantenimiento y la efectividad de su ejecución.

Sin embargo, dados los procesos de mejoramiento continuo que el CTAI enmarca como centro de investigación de la Pontificia Universidad Javeriana, ratificado por la certificación de calidad ISO 9001:2008 con la cual se ha acreditado, sumado a los deseos de renovación de la acreditación institucional de la Pontificia Universidad Javeriana (2003) ante el Ministerio de Educación Nacional, se hace necesario preparar un plan de mantenimiento global que tenga en cuenta la proyección de este Centro Tecnológico y que favorezca la prestación del servicio mediante la consecución de una alta confiabilidad relacionada con el desempeño de los equipos tecnológicos.

El CTAI debe poner en práctica procedimientos detallados relacionados con el mantenimiento de máquinas y equipos para continuar con su proceso de desarrollo, desde el mantenimiento se deben gestar todos los procesos relacionados con la administración de la maquinaria dentro de las instalaciones del Centro Tecnológico de la Facultad de Ingeniería y se deben desarrollar alternativas de modificación y mejora en la capacidad de los equipos.

Ante los diversos procesos de mejoramiento continuo enmarcados por la Facultad de Ingeniería y la Universidad, el presente trabajo de grado busca responder al interrogante ***¿Bajo el modelo TPM, cuál es el plan de mantenimiento óptimo que se ajusta a las necesidades del CTAI, teniendo en cuenta las tendencias de investigación y servicios académicos, a través del uso efectivo de las máquinas, equipos e instalaciones?***

JUSTIFICACIÓN

La evolución del CTAI requiere una administración adecuada de los recursos empleados en el desarrollo de los diversos procesos productivos, fallas en las máquinas pueden ocasionar detrimentos en la calidad del servicio prestado, para la organización es necesario fortalecer los procedimientos de mantenimiento que son aplicados en la actualidad, dada la importancia de los recursos como base del desempeño.

Debido a la gran cantidad de información que maneja el laboratorio, se hace necesaria la implementación de sistemas informáticos que asistan la ejecución de las tareas de mantenimiento, y que favorezcan el crecimiento y la proyección de las labores relacionadas con tal fin. Así, se puede tener información confiable y oportuna sobre una situación determinada relacionada con la capacidad instalada del Centro tecnológico.

Teniendo en cuenta los beneficios proporcionados por un modelo TPM [ver anexo 1] y su posible adaptación a las necesidades y requerimientos de calidad del CTAI, que surgen de la manipulación sin experiencia de las máquinas, equipos e instalaciones, por parte de los estudiantes, quienes se encuentran en proceso de formación académica. Así, se busca fomentar la agilización de los procesos administrativos que realizan los técnicos del laboratorio y en un momento determinado ser la base para la gestión (toma de decisiones basada en información) de compra y adquisición de equipos por parte de los analistas de mantenimiento. Dada la necesidad de un plan de mantenimiento aplicado a centros de prácticas de investigación, el plan de diseñado, sirve como un modelo que podría ser replicado en otros laboratorios educativos.

Justificación Académica

El presente trabajo de grado busca poner en práctica herramientas de Ingeniería industrial aplicadas a los sistemas productivos y a temas específicos como producción, tecnologías de información, mantenimiento, entre otros.

Es una gran oportunidad para realizar investigación en temas del quehacer del Ingeniero Industrial, así como de desarrollo y generación de conocimiento; se perfila como una sinergia entre diversos temas de Ingeniería aplicados al diseño de una propuesta de mejoramiento.

Justificación Social

El CTAI presta servicios de capacitación a nivel académico, además de consultoría e investigación a la industria Colombiana, el desarrollo de un plan de mantenimiento fortalecerá la utilización adecuada de máquinas, equipos y herramientas y de este modo se favorecerá la calidad de los servicios prestados, y se contribuirá en alguna medida al desarrollo de la industria.

La investigación en mantenimiento en un país latinoamericano es una luz que se enciende y busca propagar a muchas más, contribuye a un cambio de mentalidad en la que el mantenimiento debe ser primordial en los sistemas de producción y en los procesos de planeación empresarial, es la puesta en práctica de las filosofías enseñadas en oriente, base del éxito de sus industrias y prueba del mejoramiento continuo de los procesos, como base del trabajo planificado.

Justificación Personal

El desarrollo de este trabajo de grado se muestra como una oportunidad de realizar un trabajo de aplicación real y que motiva la adquisición de conocimientos y experiencias relacionadas con el desarrollo de la profesión.

Al profundizar las nociones y experiencias sobre la profesión, crece un amor y sentido de pertenencia por la misma que incentiva la búsqueda de conocimientos por medio de la investigación autónoma, lo cual hace que se formen Ingenieros Industriales competentes para la sociedad. Más que eso, perfila un elemento que hace la diferencia entre los demás ingenieros, estableciendo la base para la formación de una identidad nueva.

OBJETIVOS

Objetivo General

Establecer una propuesta de mejoramiento en el sistema de mantenimiento utilizado en el Centro Tecnológico de Automatización Industrial (CTAI), mediante la elaboración de un plan bajo el modelo de Mantenimiento Productivo Total (TPM) asistido por computador.

Objetivos Específicos

- Realizar una clasificación de las máquinas, equipos e instalaciones existentes en el CTAI, para identificar las áreas en las que se enfocará el plan de mantenimiento.
- Proyectar un plan de mantenimiento adaptado a las condiciones y especificaciones del CTAI, buscando ser la base del proceso de mejoramiento, teniendo en cuenta el impacto del proyecto en los índices de eficiencia del laboratorio.
- Diseñar una interfaz gráfica ajustada a los recursos y tecnologías existentes en el laboratorio, que permita el intercambio y visualización de datos e indicadores, relacionados con el desempeño de máquinas, equipos e instalaciones y el programa de mantenimiento TPM.
- Capacitar al personal técnico del Laboratorio acerca de la implementación y consolidación del Plan de Mantenimiento realizado y el uso del Sistema de Información desarrollado.

1. MARCO TEÓRICO

La Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana cuenta con un Centro Tecnológico de Automatización Industrial (CTAI) cuyo objetivo es brindar a los estudiantes de pregrado y posgrado un espacio de investigación y generación de proyectos relacionados con los procesos tecnológicos desarrollados en la industria, además de ser un espacio que brinda servicios de consultoría a las empresas del sector público y privado teniendo en cuenta sus necesidades en el diseño y fabricación de producto, planeación y control de la producción, simulación de procesos, integración de procesos, operaciones de control numérico, control de calidad por visión artificial, manufactura integrada por computador y análisis ambiental del ciclo de vida de productos.

Para el desarrollo de sus funciones, el CTAI cuenta con cinco salas al servicio tanto de los estudiantes como de la labor investigativa, entre estas se encuentran: la Sala CAD/CAM, especializada en software aplicado a los procesos industriales, la Sala SAP, que permite simular la gestión de la cadena de valor. Así mismo, el CTAI posee dos salas destinadas a la ejecución de prácticas relacionadas con la neumática y electroneumática aplicada (Sala de Automatización) y a la programación y control de procesos realizados en condiciones industriales simuladas (Sala CIM). Por último, este Centro Tecnológico, cuenta con una sala de robótica, orientada a investigaciones y simulaciones especializadas.

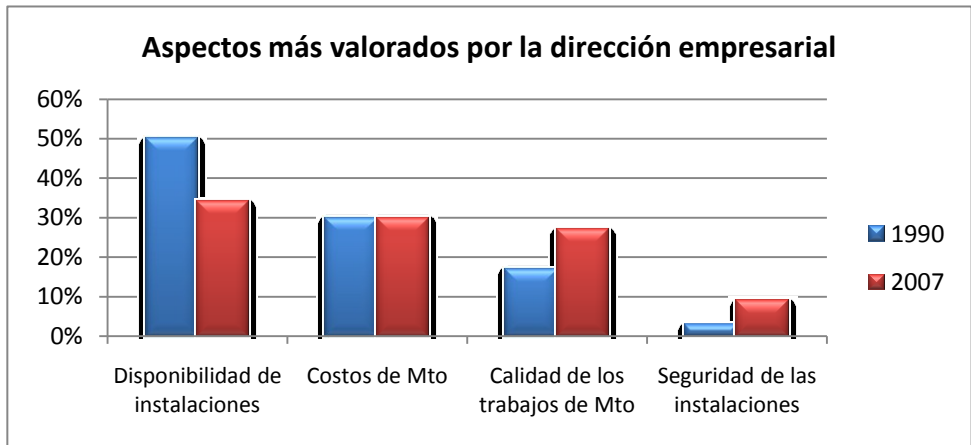
Teniendo en cuenta la información anterior, es importante conocer el concepto de Mantenimiento en los Laboratorios con orientación Profesional como el Centro Tecnológico de Automatización Industrial; para lo cual, se desean identificar en primera instancia las características del desarrollo del Mantenimiento en Colombia. Según el estudio realizado por la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM) la evolución de la Gestión de mantenimiento en Colombia desde 1990 hasta 2007 ha contado con diversos avances y cambios de filosofía¹.

En primera lugar, es necesario evaluar cuáles son los aspectos que tienen mayor importancia y generan mayor preocupación para las organizaciones. Como se puede apreciar en la Gráfica 1, la disponibilidad de las instalaciones es uno de los aspectos que han representado mayor importancia a través de los años. Por otra parte, es conveniente resaltar la constante preocupación de la dirección por los costos de mantenimiento, aunque en la actualidad, gran parte del presupuesto del Área de Mantenimiento se debe a la adquisición de nueva tecnología e implementación de filosofías que permitan garantizar mejores condiciones de mantenimiento y mejoramiento de los procesos.

¹ ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIEROS. *Estudio del Estado del Arte Mantenimiento en Colombia (Análisis comparativo 1990-2007) [en línea].*

<<http://www.aciem.org/bancoconocimiento/E/EncuestadelEstadodelArtedelMantenimiento/Estudio%20Estado%20del%20Arte%20Mtto%20Colombia%201990%20-%202007.pdf>> [citado en 24 de mayo de 2010]

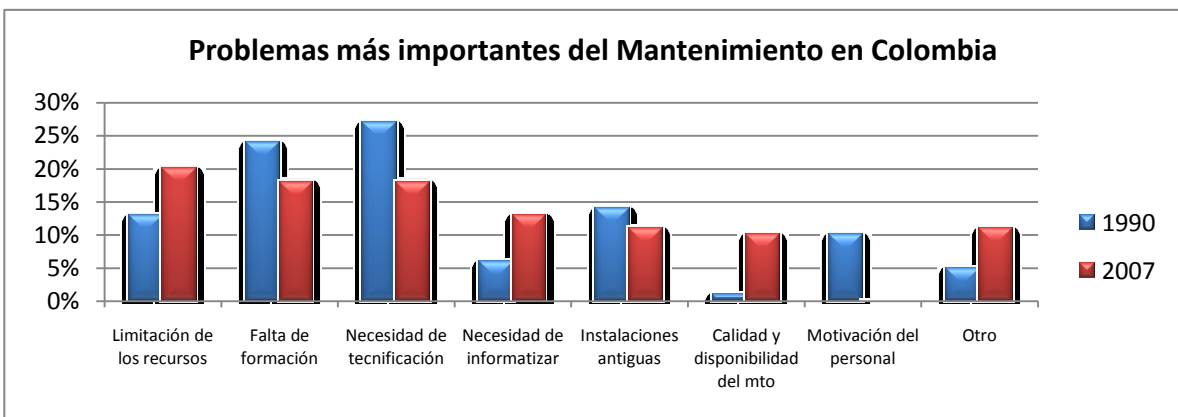
Gráfica 1. Aspectos más valorados por la dirección empresarial



Fuente: Estudio del Estado del Arte Mantenimiento en Colombia²

Por otra parte, es de gran importancia reconocer los principales problemas que ha tenido el Mantenimiento en Colombia a través de la historia e identificar así sus más significativos avances. Uno de los problemas de mayor importancia, es la falta de tecnificación y formación del personal, sin embargo, como se puede observar en la Gráfica 2, en la actualidad, las compañías resaltan la importancia de la capacitación del personal de mantenimiento, ya que poco a poco esta práctica se ha convertido en una de las claves de su operación. Igualmente, es posible inferir la importancia de los sistemas de información, que son reconocidos como una herramienta que permite obtener gráficas, estadísticas e indicadores en tiempo real, facilitando la oportuna toma de decisiones y la evaluación constante del impacto del plan de mantenimiento.

Gráfica 2. Problemas más importantes del Mantenimiento en Colombia

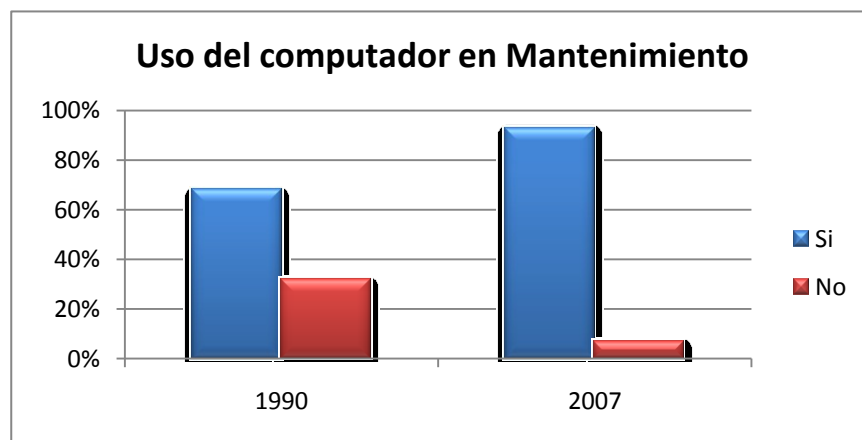


Fuente: Estudio del Estado del Arte Mantenimiento en Colombia³

² Ibid.

Con el objeto de destacar la importancia del uso de un sistema de información para lograr mejores índices de Gestión de mantenimiento, se ha evaluado la necesidad del uso del computador en esta labor y se ha identificado que a diferencia de las décadas anteriores, hoy se cuenta con mayor accesibilidad a la tecnología y se tiene un conocimiento más preciso de la misma. Como se muestra en la Gráfica 3, en el año 1990 solo el 68% de las empresas encuestadas usaba el computador en Mantenimiento, esta situación ha cambiado, ya que 17 años más tarde solo el 7% de las empresas no usan el computador en esta labor. En conclusión, el computador se ha convertido en una herramienta indispensable, ya que permite obtener información actualizada y realizar constante monitoreo tanto al comportamiento de los equipos como al plan de mantenimiento.

Gráfica 3. Uso del computador en el Mantenimiento



Fuente: Estudio del Estado del Arte Mantenimiento en Colombia⁴

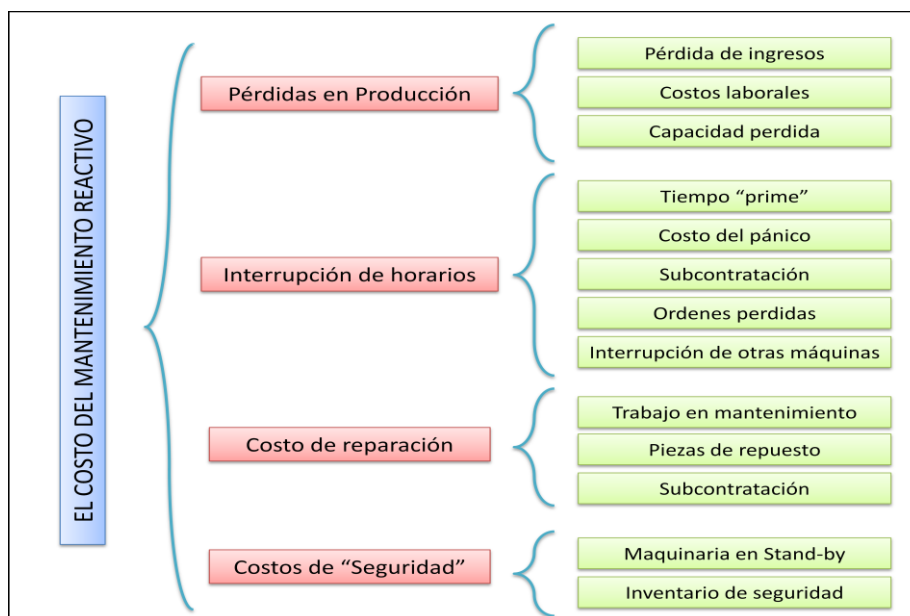
Diariamente las compañías colombianas deben luchar con problemas relacionados con el funcionamiento de la maquinaria, que en la mayoría de ocasiones ocurren de forma imprevista, generando gastos en reparación, cambios de herramienta e incluso de maquinaria que no habían sido contemplados por la organización. En la mayoría de compañías colombianas no existe consciencia de la gran importancia que tiene el mantenimiento en los niveles de productividad. Este concepto propio de la mayoría de empresas del país, se extiende además a pequeñas organizaciones como los laboratorios con orientación Profesional, que si bien tienen como objetivo brindar un excelente servicio a sus usuarios, en la mayoría de los casos no cuentan con un plan de Mantenimiento claro, fundamentado en una planeación clara, y una filosofía de prevención.

³ *Ibid.*

⁴ *Ibid.*

Una vez se ha contextualizado el Mantenimiento en Colombia y en los laboratorios con orientación profesional, se profundizarán los conceptos claves acerca del área de mantenimiento y la implementación de un modelo TPM asistido por computador. En este orden de ideas, es importante resaltar que la necesidad de mantenimiento ha estado latente a través de la historia. Desde el principio de los tiempos y actualmente en algunas compañías el mantenimiento realizado aún es correctivo o reactivo; el cual, es llevado a cabo en el momento en que las máquinas presentan desperfectos y cuyo objetivo es restablecerlas a su estado de operación. El mantenimiento correctivo no cuenta con programación alguna y por el contrario, se realiza en momentos imprevistos, presenta una serie de desventajas como la posibilidad de daños secundarios en las máquinas, riesgos de seguridad latentes, pérdidas o retrasos en la producción y mayor costo en el mantenimiento. El verdadero costo del Mantenimiento Reactivo se ve reflejado en las pérdidas en producción, horarios interrumpidos, costos de reparación y costos de seguridad⁵ (Figura. 1).

Figura 1. Costo Real del Mantenimiento Reactivo



Fuente: Implementation of TPM in cellular manufacture⁶

A partir de 1950 se establecen las bases del Mantenimiento Preventivo, que se realiza teniendo en cuenta una programación definida de actividades tales como ajustes, lubricación, limpieza y calibración. Pretende detectar las fallas en los equipos y corregirlas en el momento oportuno; así,

⁵ CHAND, G. SHIRVANI, B. *Implementation of TPM in cellular manufacture. Journal of Materials Processing Technology. Volumen 103. Año: 2000. p 149-154.*

⁶ *Ibid.*

se evitarán altos costos generados por daños en las máquinas y pérdidas o retrasos en la producción. Permite lograr un alto índice de confiabilidad y vida útil de los equipos, evitar los riesgos de seguridad y reducir notablemente los tiempos muertos por ajustes y detenciones de las máquinas.

El *Mantenimiento Productivo Total (TPM)* comienza a implementarse en Japón en los años setenta, especialmente en el sistema de producción Toyota. Ha sido considerado como la evolución del mantenimiento preventivo y tiene como objetivo “eliminar desechos obteniendo el mejor rendimiento de los equipos y reduciendo las interrupciones o paradas de producción”⁷.

El modelo TPM es un método empleado para mejorar y aumentar la productividad en las empresas, a través del análisis de máquinas, equipos y herramientas empleadas en los procesos de producción de bienes y prestación de servicios. “Es la aplicación práctica de datos desde la disponibilidad de los equipos, la planeación de objetivos y calidad de los productos. A través de estas mediciones, la eficiencia del equipo completo indica el mejor uso de los recursos.”⁸ (Anexo 1)

Los beneficios por la implementación de un modelo TPM son diversos, no sólo por su aplicación directa en las operaciones, sino porque este proceso de mejoramiento se ve reflejado en toda la organización en el área estratégica, misional y de soporte, que conforman el mapa de procesos de toda organización, ya sea de manufactura y/o servicios. En la Tabla 1 se pueden ver algunas de las mejoras que conlleva la correcta aplicación de un programa TPM en la industria.

Tabla 1. Beneficios Prácticos del modelo TPM

Ambiente de trabajo mejorado	Menores equipos causantes de problemas de calidad
Mejoras en la seguridad industrial	Habilidades mejoradas
Mayor orgullo del personal	Alto retorno de la inversión
Menores averías de mantenimiento	Velocidad de equipos mejorada
Menores tiempos de cambio y alistamientos	Capacidad de expansión
Menores costos de mantenimiento	Seguridad en el empleo
Menos mantenimiento relacionado con tiempos de inactividad	

Fuente: MAYNARD’S INDUSTRIAL ENGINEERING HANDBOOK⁹

⁷ RODRIGUES, Marcelo. HATAKEYAMA, Kazuo. *Analysis of the fall of TPM in companies; Journal of Materials Processing Technology*. Edición 179, Año: 2006. p 276–279.

⁸ MAYNARD, Harold Bright. ZANDIN, Kjell B; MAYNARD’S INDUSTRIAL ENGINEERING HANDBOOK. 5th ed. Pittsburgh Pennsylvania. Año: 2001. p 16.58 – 16.59.

⁹ *Ibid.* p 16.58.

El método TPM se fundamenta en una estrategia organizacional, ocho pilares básicos, y tres cimientos principales (Figura 2)¹⁰ En primer lugar, el modelo TPM se basa en la estrategia de la Dirección de la compañía, que ha sido resultado de la fase de preparación, en la cual se ha identificado la situación actual de la organización, y se ha desarrollado un plan de formación y comunicación en la estructura empresarial. Así mismo, el programa TPM se fundamenta en los siguientes ocho pilares principales que se enfocan en la productividad, calidad y seguridad:¹¹

Mantenimiento Autónomo: Involucrar a los colaboradores en las actividades de mantenimiento mediante capacitación y concienciación de la importancia de su participación. De esta manera, el colaborador emprenderá acciones preventivas, con el fin de conservar las áreas libres de desorden y los equipos en perfecto funcionamiento. El conocimiento y apropiación de la filosofía TPM proporcionará autogestión y control.

Mantenimiento Programado: Eliminar los problemas en los equipos mediante actividades de prevención y predicción. Para lograr un buen resultado es necesario contar con una óptima base de información y datos precisos acerca del plan de mantenimiento, los cuales permitirán realizar una correcta programación de los recursos mediante el uso de la tecnología.

Gestión de Calidad en los procesos: Mejorar la calidad del producto mediante el control de los componentes y equipos directamente relacionados con la fabricación. De esta manera, establecer y apropiar la filosofía de cero defectos en la producción.

TPM en la oficina: Mejoramiento continuo de la planeación, administración y ejecución del Plan de Mantenimiento; actividades que son el soporte para un funcionamiento eficiente de la producción.

Educación y Entrenamiento: Capacitar a los colaboradores en la identificación y detección de problemas en los equipos. Igualmente, es de vital importancia afianzar los conocimientos en el funcionamiento de la maquinaria y desarrollar habilidades de análisis y resolución de dificultades con los mismos.

Seguridad y Gestión Ambiental: Exaltar los conceptos de seguridad, salud y desarrollo sostenible en el Plan de Mantenimiento Total, mediante la identificación y eliminación de riesgos

¹⁰ REY Sacristán, Francisco. *Mantenimiento total de la producción TPM – Proceso de implementación y desarrollo*. FC Editorial. 2001. p 48.

¹¹ RODRIGUES, Marcelo. HATAKEYAMA, Kazuo. *Analysis of the fall of TPM in companies; Journal of Materials Processing Technology*. Edición 179, Año: 2006. p 276–279.

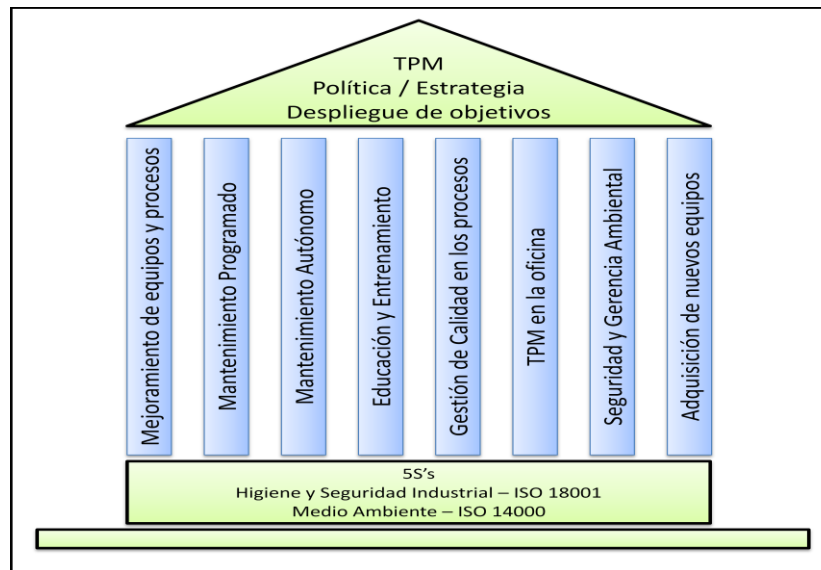
provenientes de los equipos y cumplimiento estricto del reglamento. Gracias al logro de este objetivo, se logrará reducir pérdidas en los diversos niveles de productividad.

Mejoramiento de equipos y procesos: Continua inspección y mejoramiento de las actividades de producción y los equipos relacionados, con el fin de eliminar las posibles pérdidas y maximizar la efectividad tanto en los procesos como en la planta.

Adquisición de nuevos equipos: Ejecutar un historial del funcionamiento de los equipos con el fin de identificar las causas de desperfecto en las máquinas y las posibles mejoras en el diseño. En consecuencia, analizar y gestionar la adquisición de nuevos equipos que contribuyan al mejoramiento de la productividad, teniendo en cuenta dicho historial.

Por otra parte, el modelo TPM se encuentra cimentado en tres bases fundamentales: Aplicación de la Teoría de las 5S's (Eliminar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Mantener la limpieza y Rigor en la aplicación de consignas y tareas), Cumplimiento de la higiene y seguridad industrial (OSHAS 18001) y respeto al medio ambiente (ISO 14001)¹², así como sistemas de gestión de calidad que se verán con detalle en los próximos capítulos:

Figura 2. Los pilares del modelo TPM



Fuente: Mantenimiento total de la producción TPM – Proceso de implementación y desarrollo¹³

¹² REY Sacristán, Francisco. *Mantenimiento total de la producción TPM – Proceso de implementación y desarrollo*. FC Editorial. 2001. p 48.

Una de las herramientas que utiliza el TPM es la teoría de 5S's. Ésta teoría se desarrolló en Japón y se constituye en una de las herramientas primarias más importantes en los procesos de mejoramiento continuo en servicios y producción. Se enfoca fundamentalmente en la estandarización de los procesos (Consigna básica de la Ingeniería Industrial) a través de 5 ejes fundamentales que se pueden ver en profundidad en la Tabla 2:

Tabla 2. Resumen de las 5S's

PALABRA EN JAPONES		TRADUCCIÓN	BENEFICIOS
SEIRI	クリア	ELIMINAR	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuir la interrupción en el flujo de producción. • Tiempos de respuesta más rápidos. • Liberar espacio físico. • Disminuir defectos. • Gestión con Stocks reducidos. • Crear áreas de trabajo seguras. • Disminuir los factores de riesgo. • Mejorar la responsabilidad y compromiso.
SEITON	する	ORGANIZAR	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar accidentes causados por elementos dejados en sitios en los cuales no deben estar. • Disminuir la probabilidad de incurrir en un error al tratar de ubicar un elemento. • Crear una Cultura o pensamiento visual que ayude a establecer y actuar con base a estándares y señales visibles utilizadas para la ubicación de elementos.
SEISO	クリーン	LIMPIAR	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la vida útil del equipo e instalaciones. • Menor probabilidad de contraer enfermedades. • Menos accidentes. • Mejor aspecto. • Ayuda a evitar mayores daños al medio ambiente.
SEIKETSU	リストへ	ESTANDARIZAR	<ul style="list-style-type: none"> • Se guarda el conocimiento producido durante años. • Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente. • Los operarios aprenden a conocer con profundidad el equipo y elementos de trabajo. • Se evitan errores de limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.

¹³ *Ibid.*

Tabla 2. (Continuación)

PALABRA EN JAPONES		TRADUCCIÓN	BENEFICIOS
SHITSUKE	それを	MANTENER	<ul style="list-style-type: none"> • Se evitan reprimendas y sanciones. • Mejora la eficacia de los operarios. • El personal es más apreciado por los jefes y compañeros. • Mejora la imagen.

Fuente: El Mantenimiento Productivo Total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación¹⁴. (Modificado por los autores)

Es importante destacar que las S's se implementan para mayor efectividad en orden, las últimas dos son características fundamentales que deben tener todos los procesos de mejoramiento, implican que nunca se debe evaluar una mejora u objetivo logrado a partir del cumplimiento en un periodo establecido (por ejemplo un indicador de productividad que aumentó en un mes determinado), las mejoras obtenidas solo se pueden valorar cuando hay repetición en los resultados obtenidos (el indicador aumentó y se mantiene en los meses siguientes).

Las últimas dos S's, implican la estandarización de las mejoras logradas a través de herramientas como manuales de procedimientos, instructivos o métodos estándar de trabajo, entre otros. Una vez se han estandarizado los procesos, se puede continuar con la disciplina, que establece el eje más importante, la forma como se mantienen los avances logrados, desde éste eje se estructuran las opciones de mejora y comienza un ciclo de mejoramiento que siempre busca el crecimiento sostenible de la organización.

El proyecto se estructurará desde la casa TPM, mostrada en la figura 2. La fase contemplada en este trabajo de grado, contempla el diseño e implementación de políticas asociadas con seis elementos de la estructura TPM, existen cuatro aspectos que por el orden en la implementación del proyecto, deben ser contemplados para futuros trabajos de grado, ya sea en pregrado o maestría. A continuación se describen cada uno de los pilares y elementos de la estructura TPM, además de su relación directa con la implementación en el Centro Tecnológico de Automatización Industrial de la Universidad Javeriana.

¹⁴ LOPEZ, A. Ernesto A. *El Mantenimiento Productivo Total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación [Trabajo de grado]*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería; 2009. p 31.

Tabla 3. Resumen Implementación de los pilares del TPM en el laboratorio

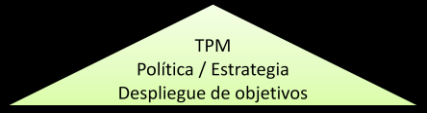
	<p>El plan de mantenimiento TPM, ha sido identificado por la dirección del laboratorio y el personal docente como una alternativa de mejoramiento continuo de los procesos relacionados con mantenimiento.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Mantenimiento Programado</p>	<p>El proyecto contempla la programación de las tareas de mantenimiento, tanto administrativas como operativas, a través de un sistema de información asistido por computador (mediante el software MS Access®), a cada una de las tareas se les asigna un responsable, y una fecha para su realización, las tareas son verificadas al término determinado por un asesor de mantenimiento. Es importante destacar que la programación del mantenimiento soporta los procesos de mejoramiento continuo bajo los cuales se puede analizar la trazabilidad del mantenimiento que se le realiza a las diversas máquinas.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Mantenimiento Autónomo</p>	<p>El mantenimiento autónomo es uno de los pilares del modelo TPM, en el Centro Tecnológico se ve su aplicación en las capacitaciones frecuentes que se les da a los estudiantes antes de iniciar sus cursos al iniciar los semestres académicos. El manual del laboratorio establece el cuidado y atención que se le debe dar a las máquinas y equipos. Adicionalmente el sistema de información que se diseñará contará con un formulario para mantenimientos diarios, asociados con el mantenimiento autónomo / proactivo. Se han determinado todas las tareas de inspección y verificación asociadas en cada una de las salas.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Educación y Entrenamiento</p>	<p>El plan de mantenimiento que se desea implementar, reconoce la importancia del recurso humano en la correcta ejecución de las tareas y el afianzamiento de una filosofía de mantenimiento productivo. Por lo anterior se realizaran unas capacitaciones para el personal técnico y administrativo del laboratorio acerca de las generalidades de los sistemas de mantenimiento y del sistema de información diseñado para el CTAI, adicionalmente se elaboraran planes de capacitación para estudiantes (usuarios del laboratorio), aprendices SENA, técnicos e ingenieros, para garantizar la gestión del conocimiento a través del proyecto.</p>

Tabla 3. (Continuación)

<p>Gestión de Calidad en los procesos</p>	<p>El sistema de información integra varias actividades relacionadas con mantenimiento y de esta manera se puede garantizar la trazabilidad de las operaciones realizadas a cada una de las máquinas. El mantenimiento es uno de los macroprocesos establecidos dentro del mapa de procesos y el sistema de gestión de calidad del laboratorio, por lo tanto, el diseño e implementación de un plan de mantenimiento TPM para el laboratorio contribuye en gran medida a la correcta prestación del servicio, pues de este modo se garantiza la operación en cada una de las salas a través de la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas.</p>
<p>TPM en la oficina</p>	<p>En el futuro, una vez el proyecto se encuentra implementado y se haya consolidado en un periodo establecido por la dirección del laboratorio, se pueden fortalecer aspectos relacionados con el TPM en la oficina, es decir es aspecto administrativo del sistema, que contempla 5S's y seis grandes pérdidas, a través de planes de acción que mediante campañas y actividades, fortalezcan el desarrollo de este pilar. Estos procesos deben ser documentados de tal manera que se pueda garantizar la continuidad aun cuando se presente cambios en el personal técnico o administrativo.</p>
<p>Seguridad y Gerencia Ambiental</p>	<p>El modelo TPM puede servir como plataforma para desarrollar temas como la seguridad, gerencia ambiental, además su relación con el impacto de las máquinas y equipos al medio. Mediante el sistema de información se evaluará en un futuro alternativas orientadas a la optimización de los recursos naturales (energía eléctrica, agua, etc.). La gerencia ambiental tiene en cuenta aspectos relacionados con el correcto funcionamiento de las máquinas, cuando se trabaja en forma sincronizada con los niveles de referencia y los niveles de diseño, estos aspectos ambientales también se tiene en cuenta a nivel de Ciclo de Vida de Producto (PLM).</p>
<p>Adquisición de nuevos equipos</p>	<p>El sistema de mantenimiento que se implementa en el laboratorio, a futuro servirá de plataforma para la adquisición de máquinas, ya que se tiene información de los reportes de mantenimiento, tanto preventivos como correctivos y en este sentido se puede analizar qué máquinas tienen un mejor desempeño de acuerdo con la carga horaria de asignaturas en el Centro Tecnológico. De acuerdo a lo anterior, se tendría un soporte en el caso de ampliar la capacidad de servicio basados en máquinas de igual referencia, cuando las máquinas son diferentes se puede realizar análisis en los sistemas de mantenimiento para conocer que enfoque debe buscarse para el abastecimiento de equipos.</p>

Tabla 3. (Continuación)

<div style="background-color: #add8e6; padding: 2px; display: inline-block; transform: rotate(-90deg); transform-origin: center;">Mejoramiento de equipos y procesos</div>	<p>La ejecución de tareas a través del sistema de información TPM asistido por computador, permite el mejoramiento del proceso de mantenimiento, además de la prestación del servicio de enseñanza (clases relacionadas con mantenimiento – Caso: Máquinas y Equipos para Ingeniería Industrial). En el futuro el sistema puede ser tomado como ayuda para el mejoramiento de las capacidades de las máquinas, ya que si se cuenta con un análisis de falla de los componentes o sistemas se pueden reforzar las características de las mismas, para obtener un mayor desempeño, acorde con las exigencias establecidas por la dirección.</p>
<div style="border: 1px solid black; background-color: #d4edda; padding: 5px; text-align: center;"> <p>5S's Higiene y Seguridad Industrial – ISO 18001 Medio Ambiente – ISO 14000</p> </div>	<p>La base de la implementación del modelo TPM, son las 5S's, relacionadas con el rigor y disciplina de la implementación de procesos (cambio y mejoramiento), además de otras normas que pueden servir de soporte para el modelo (ISO 14001 e ISO 18001).</p>

Fuente: Los Autores

El modelo TPM se ha constituido como una de las herramientas más fuertes de los sistemas de producción de los países desarrollados, por esta razón, se relaciona directamente con otras técnicas de gestión de procesos como el mejoramiento continuo (*Kaizen*) y la producción con cero defectos (*Poka Yoke*), teniendo en cuenta que para garantizar el continuo procesamiento de partes en la producción de bienes, se busca cada vez más, sistemas de máquinas, equipos y herramientas confiables que garanticen la estabilidad del proceso productivo¹⁵.

El sistema de mantenimiento industrial TPM, vela por el cuidado y aprovechamiento de las máquinas y dispositivos que asisten los procesos de producción, mediante la fijación de niveles esenciales de eficiencia, relacionados directamente con el tipo de industria y realizando proyecciones para evaluar el crecimiento del rendimiento, basado en un plan de mejoramiento continuo que permitan aumentos en eficacia y efectividad.

Estos niveles de eficiencia son llamados por algunos autores “estados de referencia”, éstos se entienden como el punto donde la máquina de producción suministra su mayor rendimiento, en función directamente proporcional de la concepción (capacidad necesaria en el sistema) para la cuál ha sido establecido el equipo, además de otros aspectos relacionados con la planificación de

¹⁵ *Ibid.*

la producción en lo relacionado con aumento de capacidad como herramienta de la planeación agregada.

Es importante asegurar el mantenimiento en el estado de referencia, porque garantiza la continuidad de las operaciones mediante la aplicación de un buen mantenimiento preventivo total a través de una evaluación periódica relacionada con:

- a) Tiempo de ciclo.
- b) Parámetros de proceso (soldadura, temperatura, etc.)
- c) Parámetros de lubricación (tipos de aceite, niveles, etc.)
- d) Parámetros de reglaje de útiles, herramientas, calibres, etc.
- e) Parámetros eléctricos
- f) Parámetros de calidad
- g) Parámetros mecánicos (ajustes, ruido, etc.)
- h) Parámetros hidráulicos (presiones, niveles, etc.)

Estos aspectos, son la base para realizar una clasificación de las máquinas y equipos, según la prioridad de sus necesidades, relacionadas directamente con el sistema de mantenimiento¹⁶.

Como se ha resaltado anteriormente, uno de los objetivos principales del modelo TPM es maximizar la eficacia de los equipos. El programa TPM desarrolla dos actividades principales para el logro de este objetivo: A nivel cuantitativo se mejora la disponibilidad del equipo y su productividad en un periodo operativo. A nivel cualitativo se reduce el número de productos defectuosos estabilizando la calidad de los mismos. La maximización de la eficacia de los equipos puede verse limitada por seis grandes pérdidas, concentradas en tres grupos principales: Pérdidas de tiempo, pérdidas en la velocidad y pérdidas de calidad.¹⁷

1. Pérdidas de tiempo – Se refieren al periodo en que una máquina debería estar produciendo y no lo está haciendo; se encuentra detenida por problemas relacionados con el aprovisionamiento y transporte de materiales. Estas pérdidas se traducen en disminución de la disponibilidad de los equipos y se refiere a dos tipos:

a) *Pérdidas por averías* – Las averías causan dos tipos de pérdidas: las pérdidas de tiempo mediante una reducción de la productividad y pérdidas de cantidad al brindar productos defectuosos. Las averías pueden presentarse esporádicamente mediante fallos repentinos o inesperados causando paradas no planificadas, aunque son fáciles de corregir son difíciles de

¹⁶ *Ibid.*

¹⁷ NAKAJIMA, Seiichi. *PROGRAMA DE DESARROLLO DEL TPM - Implementación del Mantenimiento Productivo Total*. Productivity Press, Inc. 1989. p 29 – 35, 127 - 161.

eliminar, por lo cual, se recurre a la minimización del tiempo necesario para corregir los problemas cuando éstas se presentan. Por otra parte, también pueden presentarse averías crónicas, que a menudo son descuidadas y subestimadas. Para lograr la maximización de la eficacia se debe apuntar a un programa de cero averías, lo cual se puede lograr con un cambio fuerte de mentalidad.

b) Pérdidas de preparación y ajustes – El tiempo de producción se reduce cuando las máquinas se encuentran en espera, debido a ajustes y cambios de herramientas necesarios. El tiempo de cambio o ajuste, se mide desde que se realizó el último producto apto antes del inicio del alistamiento hasta que sale el primer producto apto al finalizar el alistamiento. Actualmente, en algunas compañías se ha aplicado la técnica japonesa *Single Minute Exchange of Die (SMED)* que pretende reducir este tiempo a menos de 10 minutos.

2. Pérdidas en la velocidad – Se relacionan con el funcionamiento de la maquinaria a una velocidad menor que su estado de referencia máximo. Esta situación se debe a dos tipos de pérdida: Inactividad y pérdidas de paradas menores, y pérdidas de velocidad reducida.

a) Inactividad y pérdidas de paradas menores – Los tiempos muertos y paradas menores se ocasionan cuando un equipo no produce debido a pequeños problemas como bloqueos o atascamientos. Las paradas se producen cuando un instrumento detecta un problema y detiene automáticamente el equipo; estas paradas pueden ser por sobrecarga o debidas a anomalías de calidad. Los tiempos muertos y paradas menores son una pérdida difícil de cuantificar y en muchas ocasiones olvidada en las compañías, debido a la facilidad de restablecer las actividades del proceso. Se caracterizan por su aparición aleatoria y su variable localización.

b) Reducción en pérdidas de velocidad – Una pérdida de velocidad es la producción que se ha perdido por causa de la diferencia entre la velocidad estándar y la velocidad real de la máquina. En ocasiones, tanto los equipos diseñados por la compañía como maquinaria antigua existente, no presentan una velocidad clara, propia del área de diseño, por lo cual, las máquinas pueden estar siendo operadas a niveles elevados o a una velocidad muy baja. Por otra parte, la reducción de velocidad puede ser causada por problemas mecánicos en la maquinaria.

3. Pérdidas de calidad – Ocurren cuando la máquina fabrica productos defectuosos debido a dos tipos de pérdidas de calidad:

a) Pérdidas por defectos de calidad – Está relacionado con la fabricación de productos que no cumplen con los requerimientos de calidad debido a un mal funcionamiento del equipo de producción. Estas pérdidas pueden ocurrir en las siguientes ocasiones: En primer lugar, en la puesta en marcha de la maquinaria, en la cual, la producción no es estable y los primeros

productos no cumplen con los estándares de calidad. En segundo lugar, se pueden presentar al final de la producción, en la cual los productos pierden estabilidad y calidad.

b) Repetición de Trabajo – Se relaciona con la operación necesaria para que algunos productos defectuosos puedan ser convertidos en productos de calidad, disponibles para la venta. La operación de reprocesamiento requiere una inversión adicional en mano de obra para la repetición del trabajo o reparaciones.

Con objeto de evitar las seis grandes pérdidas anteriormente mencionadas o minimizar sus efectos, existen trabajos o tareas programables enfocadas al mantenimiento preventivo (como en el caso del modelo TPM), las cuales, pueden ser a su vez, de los siguientes tipos:¹⁸

Tipo 1- Inspecciones visuales: Las inspecciones visuales suponen una gran rentabilidad dado su bajo costo, consiste en realizar comparación de los parámetros de las máquinas con los niveles requeridos para un correcto funcionamiento.

Tipo 2 – Lubricación: Esta tarea vela por la prevención de fallas debido al esfuerzo mecánico o a grandes volúmenes de trabajo procesados por una máquina, el interés sobresaliente es preservar la vida útil.

Tipo 3 – Verificaciones del correcto funcionamiento realizadas con instrumentos propios del equipo (verificaciones online): Este tipo de tarea consiste en la toma de datos de una serie de parámetros de funcionamiento utilizando los propios medios de los que dispone el equipo, entre estos se tiene:

- Verificación de alarmas.
- Toma de datos de presión, temperatura, vibraciones, etc., mediante el uso de sensores, pantallas y medidores propios de la máquina.

Tipo 4 - Verificaciones del correcto funcionamiento realizadas con instrumentos externos del equipo: Con este tipo de tarea, se busca determinar el estado de funcionamiento del equipo basado en el cumplimiento de especificaciones prefijadas, pero para cuya medición es necesario desplazar determinados instrumentos o herramientas especiales que pueden ser usados por equipos simultáneamente y que por tanto no están acopladas permanentemente a las máquinas como en el caso anterior. Esta verificación se puede dividir en dos categorías:

- *“Las realizadas con instrumentos sencillos, como pinzas amperimétricas, termómetros por infrarrojos, tacómetros, vibrómetros, etc.*

¹⁸ GARCÍA Garrido, Santiago. ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DEL MANTENIMIENTO. Ediciones Díaz de Santos S.A. 2003. p 43 – 45.

- *Las realizadas con instrumentos complejos, como analizadores de vibraciones, detección de fugas por ultrasonidos, termografías, análisis de la curva de arranque de motores, etc.*¹⁹

Tipo 5 – Limpiezas técnicas condicionales: Son procedimiento de remoción de objetos extraños que degeneran el equipo y pueden ocasionar fallas en el normal funcionamiento.

Tipo 6 – Ajustes condicionales: Son variaciones en los parámetros de trabajo cuando el equipo se ha desajustado y presenta cambios en los procesos de producción.

Tipo 7 – Limpiezas técnicas sistemáticas: Son realizadas cada cierta hora de funcionamiento, o cada cierto tiempo, sin importar cómo se encuentre el equipo.

Tipo 8 – Ajustes sistemáticos: Son variaciones en los parámetros de trabajo sin considerar que el equipo se ha desajustado y presenta alteraciones , estos ajustes son intencionales y buscan mejorar el proceso debido a un cambio en un nivel de referencia.

Tipo 9 – Sustitución sistemática de piezas: Cambios en herramientas o suministros de las máquinas debido al cumplimiento de horas de servicio, o por fecha calendario, sin comprobar su estado.

Tipo 10 - Grandes revisiones: Sustitución de una gran cantidad de piezas sometidas a desgaste, resultado de ejecuciones propias o inherentes al trabajo de la máquina.

Gracias al desarrollo de estas tareas y a la correcta implementación de un modelo TPM se obtendrán inmensos resultados en el mejoramiento de la calidad, en términos de la productividad derivada de producir un bien o servicio, la participación en el mercado y la rentabilidad del negocio.

El modelo TPM se enfoca en el mejoramiento de los tres ejes transversales básicos de la calidad total:²⁰

- **Calidad del producto:** Al mantener el estado de referencia o patrón de producción como parámetro bajo el cual se realiza control del proceso y contribuir con la estandarización de las operaciones.
- **Costos asociados:** Relacionados con el proceso de producción, y todos aquellos que la organización debe poner a disposición del área de manufactura.

¹⁹ *Ibid.*

²⁰ REY Sacristán, Francisco. *Mantenimiento total de la producción TPM – Proceso de implementación y desarrollo.* FC Editorial. 2001. p 62 – 63.

- **Tiempos de entrega:** Es la seguridad que se imprime en el funcionamiento de las líneas y todos los aspectos relacionados, permitiendo fabricar en justo a tiempo y por lo tanto reducir el *Lead Time* y los *stocks*.

Una vez entendidas las ventajas del modelo TPM relacionadas con calidad, es importante conocer las fases para realizar un correcto desarrollo del modelo, se realiza mediante 4 fases que incluyen la preparación, introducción, implementación y la consolidación del modelo.

I.Fase de preparación

Es muy importante elaborar de forma cuidadosa el proyecto y en general los fundamentos en los que se cimienta un programa TPM. Esta fase comienza con el anuncio de la alta dirección de su intención de introducir un programa TPM y se complementa cuando se ha desarrollado un plan maestro de trabajo.

II.Fase de introducción del proyecto TPM

Este comienzo se entiende como la preparación del ambiente idóneo que eleve la moral y el enfoque de mejoramiento en cada uno de los colaboradores del negocio (Común denominador en las filosofías de producción gestadas en oriente), en ocasiones consiste en reuniones con todo el personal en las que se invitan clientes, filiales y subcontratistas. Es un momento adecuado para confirmar el deseo de implementación de un modelo TPM en todos los niveles de la organización desde la alta gerencia, además de informar del trabajo realizado en la fase de preparación.

III.Fase de implementación: Mantenimientos en la planta

Durante esta fase se realizan actividades específicas para llevar a cabo los objetivos del plan maestro. Se ajusta el cronograma de actividades y se adapta a las características particulares de la empresa, división o planta. Algunas actividades pueden realizarse simultáneamente.

IV.Fase de consolidación: Afianzar los niveles logrados y mejorar las metas (Sostener la implementación del programa TPM)

El modelo TPM no tiene un fin como proceso específico, ya que se relaciona directamente con la filosofía del mejoramiento continuo (*Kaizen*), en la cual siempre hay algo por hacer dentro del proceso de hacer las cosas de la mejor manera. La paradoja de Zenón de Elea, expresa que siempre se debe creer estar en la mitad del camino para poder tener toda una mitad que recorrer, de este modo, siempre se trabajará para poder hacer las cosas con mejores métodos y con uso eficiente de los recursos empleados.

Teniendo en cuenta la paradoja de Zenón, uno de las metodologías que permiten brindar mayor soporte al área de mantenimiento, y obtener con mayor facilidad tanto la máxima eficiencia de los

equipos como el máximo rendimiento de los operarios es la Gestión de Mantenimiento Asistida por Computador (GMAO).

El proceso de implementación de esta herramienta informática inicia con la preparación del entorno en que se va a desarrollar el sistema de información mediante la creación de un equipo responsable de la implementación, la selección del software y el escenario adecuado a las necesidades de la organización. Posteriormente, se procede a realizar el diagnóstico de los requerimientos del área de mantenimiento, relacionados con la configuración del historial de cada uno de los equipos, la programación de tareas y revisiones, y el control del almacenamiento de repuestos. Una vez completada la implementación, es necesario divulgar la información mediante una formación ardua a todo el personal, e introducir el sistema GMAO a los demás módulos de producción²¹.

Un sistema de Gestión de Mantenimiento Asistida por Computador permite administrar el mantenimiento de los equipos a través de módulos coordinados que controlan las eventualidades de la maquinaria y las tareas propias del área de mantenimiento.²² Se caracteriza por la facilidad de interpretación que brinda al usuario, y cuenta con los siguientes módulos²³ (Figura 3):

- Ordenes de Trabajo – El sistema debe generar ordenes de trabajo para equipos y sistemas. Este documento debe reflejar los datos precisos sobre la máquina a intervenir, el tipo de mantenimiento a efectuar y la estimación de horas/hombre previstas
- Gestión de Inventario – Control de los datos históricos y especificaciones correspondientes a cada uno de los equipos.
- Personal – Información específica de los operarios y técnicos, como datos personales, estudios o cursos realizados, entre otros.
- Mantenimiento Preventivo – Creación de instrucciones precisas de la labor de mantenimiento en cada uno de los equipos, teniendo en cuenta los materiales necesarios para su realización.
- Gestión de Activos - Información y registro relacionado con las especificaciones de los equipos y activos de la organización (Hoja de vida de las máquinas).
- Seguridad – Gestión de la documentación necesaria para cumplir la normativa de seguridad, y especificaciones de los riesgos y accesos restringidos de los equipos.
- Otras Utilidades – Especificaciones propias de la compañía en la que se implementará el software.

²¹ CUATRECASAS Arbos, Lluís. *TPM Total Productive Maintenance, Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción*, Gestión 2000 S.A. p 258 – 264.

²² PORTAL DEL GMAO. *Gestión de Mantenimiento Asistido por Computador [en línea]*. <<http://www.gmao.es/gmao.htm>> [citado en 11 de Febrero de 2010]

²³ GONZÁLEZ Fernández, Francisco Javier. *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. FC Editorial. Año 2005. p 418 - 421

Figura 3. Módulos imprescindibles en un sistema GMAO



Fuente: Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado²⁴

²⁴ *Ibid.*

2. FASE DE PREPARACIÓN

2.1 IMPORTANCIA DEL RECURSO HUMANO EN EL TPM

El modelo TPM se fundamenta en la idea de mejorar de forma continua la manera como se realizan los procesos de mantenimiento, para llevar a cabo este objetivo es de suma importancia el involucramiento del personal, pues a diferencia de otros proyectos de optimización de procesos productivos, es necesario contar con la participación activa de las personas en el desarrollo de tareas y responsabilidades relacionadas con el proyecto y no realizar una imposición de funciones, que a corto plazo desemboca en apatía al cambio.

Una vez se tenga claro que las personas son un aspecto imprescindible en la implementación del TPM, la organización estructura desde la alta dirección una cultura de mantenimiento y el autocuidado de los recursos, esto implica tener un sistema de control de bienes en todos los niveles de la organización. Para ello se establecen equipos de apoyo al sistema TPM, pequeños grupos de trabajo que se enfocan en diferentes criterios para la implementación y crecimiento del plan de mantenimiento.

En el CTAI existen dos grupos de trabajo, el primero conformado por tres técnicos, cada uno de ellos encargado de uno o varios aspectos relevantes en las tareas de mantenimiento, y a quienes se les ha asignado máquinas, equipos e instalaciones de acuerdo a sus habilidades y conocimientos (Neumática, automatización, mecánica, etc.) para realizar sus funciones.

Existe un segundo grupo de trabajo conformado por el Asesor de mantenimiento, el Ingeniero de abastecimiento, el Asesor de informática y el Director del laboratorio, aquí se realiza control y verificación de las tareas de mantenimiento realizadas, además de tomar decisiones fundamentadas en la medición de indicadores de Gestión de mantenimiento. Adicionalmente, desde este grupo se trabaja en el funcionamiento adecuado e ininterrumpido de los sistemas de información que se utilizarán para el manejo masivo de datos relacionados con hojas de vida de la maquinaria, reportes y solicitudes de mantenimiento, medición de indicadores de gestión, programación de mantenimientos y codificación de máquinas y equipos, entre otros.

El diseño y desarrollo de reportes, formularios, tablas y consultas, en lo que se relaciona directamente con el sistema de información, pueden ser consultados en el numeral 4.3.

Otro de los aspectos mencionados anteriormente es el sistema de formación, la implementación de un sistema de mantenimiento integral (es decir, que se relaciona y es transversal a varios procesos del CTAI), necesita capacitación de todas las personas involucradas directamente. Este sistema de formación contempla dos ítems, el primero relacionado con instructivos de operación, manuales de uso de los sistemas de información y documentación en general del programa TPM

que esté en algún medio de almacenamiento y que pueda ser controlado en términos de su ubicación, disponibilidad, protección y actualización. El segundo aspecto se relaciona con las capacitaciones que se le den al personal, en este sentido, este proyecto contempla la realización de dos capacitaciones generales para los miembros del CTAI, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 4. Planeación de capacitaciones para el personal

Título: TPM - ¿Hacia dónde vamos?	Realizada por: Los Autores	Temas a tratar: ¿Qué es el TPM? Orígenes, evolución. Componentes. Ejemplos de éxito en Colombia, caso <i>Colcafé</i> ®. Importancia de un TPM en el CTAI. Pasos de implementación en el CTAI.
Título: Un sistema de información TPM	Realizada por: Los Autores	Temas a tratar: Componentes del sistema de información. Descripción del funcionamiento. Video de operación. Ideas de mejoramiento. ¿Cómo va el proceso de implementación TPM?

Fuente: Los autores.

Así mismo, se ha estructurado un plan de capacitaciones para los miembros del CTAI que se debe realizar en el momento de su ingreso laboral al laboratorio con el fin de integrar a los nuevos integrantes en el desarrollo y mejoramiento continuo de la filosofía TPM:

Tabla 5. Plan de Capacitaciones

Título	Objetivo	Temas a Tratar	Intensidad	Responsable	Participantes	Seguimiento
¿TPM - Hacia dónde vamos?	Instruir a los participantes en los fundamentos de la filosofía TPM que se desarrolla en el laboratorio Centro Tecnológico de Automatización Industrial.	¿Qué es el TPM?, Orígenes, evolución, pilares (Implementaciones actuales y futuras), ejemplos de éxito en Colombia, caso <i>Colcafé®</i> , importancia de un TPM en el CTAI, pasos de implementación en el CTAI.	2 horas	Asesor de Mantenimiento	Nuevo miembro del laboratorio	Asistencia a la capacitación
Un sistema de información TPM	Ilustrar a los participantes en el funcionamiento e ingreso de datos en el Sistema de Información desarrollado	Componentes del sistema de información, descripción del funcionamiento, video de operación, ideas de mejoramiento, ¿cómo va el proceso de implementación TPM?	2 horas	Auxiliar técnico encargado del soporte del sistema de información	Nuevo Personal técnico del laboratorio responsable del Mantenimiento	Asistencia a la capacitación
TPM – Departamento de Compras	Instruir a los participantes en el funcionamiento del módulo Abastecimiento, presente en el sistema de información	Componentes del módulo Abastecimiento, descripción de su funcionamiento, video de operación, ideas de mejoramiento.	1 hora	Auxiliar técnico encargado del soporte del sistema de información	Ingeniera de Compras	Asistencia a la capacitación
TPM – Sistema de Gestión de Calidad	Ilustrar a los participantes en los procedimientos y documentos del sistema de información útiles para el Sistema de Gestión de Calidad.	Informes y documentos del sistema de información que permiten garantizar la trazabilidad de los procesos de Mantenimiento.	1 hora	Asesor de Mantenimiento y Auxiliar técnico encargado del soporte del sistema.	Integrantes del Círculo de Calidad	Asistencia a la capacitación
TPM – Toma de decisiones	Instruir a los participantes en los indicadores de gestión del sistema y su importancia en la toma de decisiones.	Indicadores de gestión del plan de mantenimiento	2 horas	Asesor de Mantenimiento y Auxiliar técnico encargado del soporte del sistema.	Dirección del laboratorio	Asistencia a la capacitación

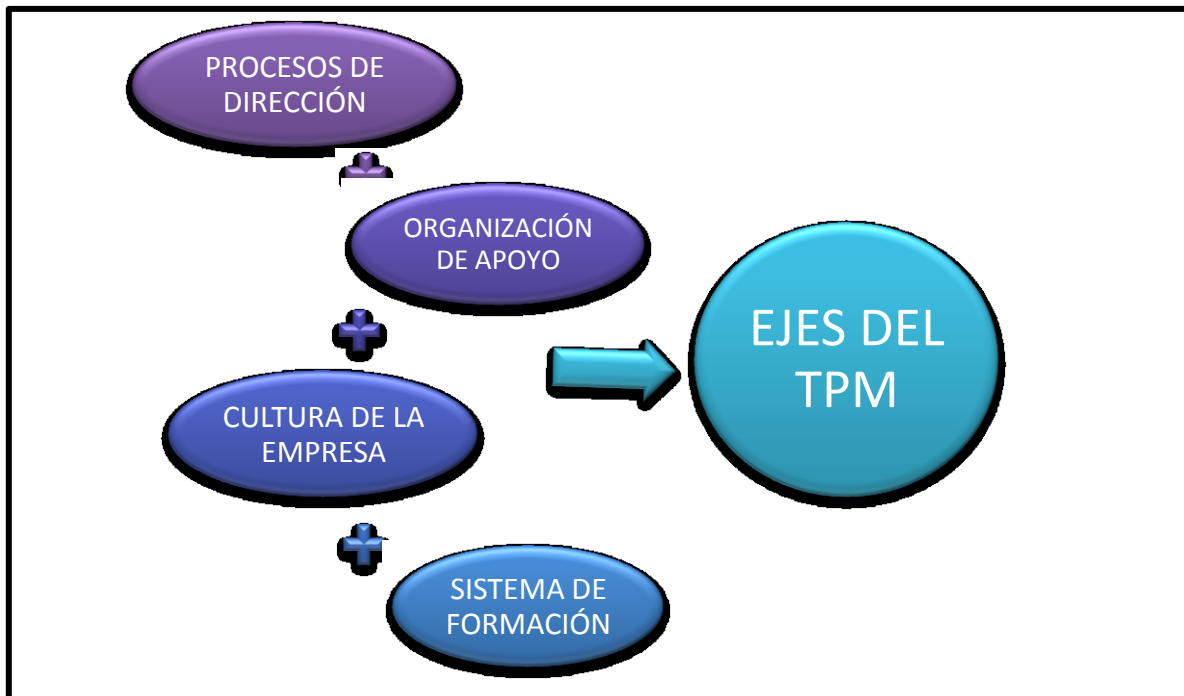
Fuente: Los Autores

Luego de cada una de las capacitaciones se llenarán actas de reunión para recopilar toda la construcción colectiva que se pueda llevar a cabo entre los miembros de este grupo. Las actas pueden verse en los Anexos 2 y 3.

Adicionalmente, se llevo a cabo la reunión con el círculo de calidad del laboratorio y algunos asesores externos del CTAI en búsqueda de retroalimentación del proyecto e ideas de mejoramiento del programa diseñado, se diligenció el acta correspondiente [Anexo 4].

En la Figura 4, se puede apreciar el lugar que ocupa y la importancia de la cultura en la organización, los grupos de apoyo y el sistema de formación en el modelo TPM que se implementará en el CTAI.

Figura 4. Elementos Fundamentales para la Práctica del TPM



Fuente: www.ceroaverias.com "La práctica del TPM"²⁵

El recurso humano cumple un papel muy importante en la implementación de un programa de mejoramiento continuo, pues se debe reconocer que todo proceso de mejora pretende abrir el camino para realizar un cambio que en la mayoría de los casos tiene una percepción negativa por

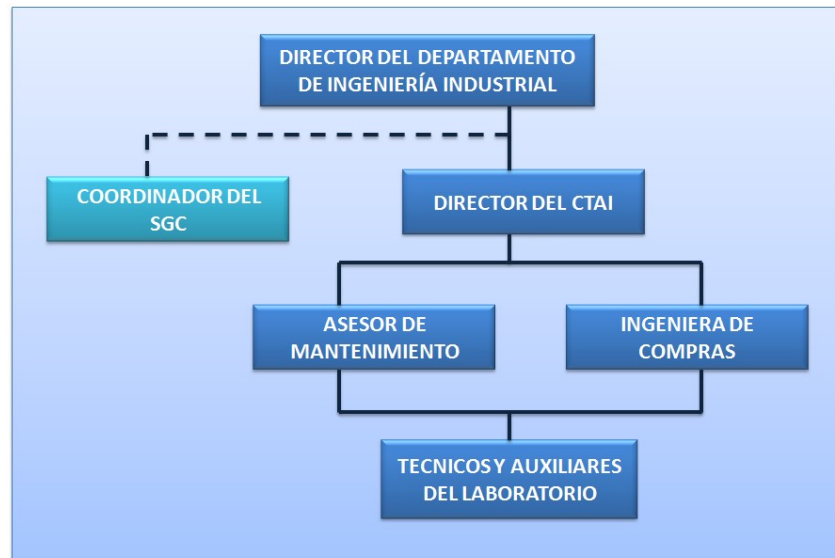
²⁵ ALVAREZ LAVERDE, Humberto. *La Práctica del TPM* [en línea].
<<http://www.ceroaverias.com/pageflip/consideracionesparapractica.htm>> [Citado en 13 de Julio de 2010]

parte de las personas, pues significa renunciar a la comodidad de aquello a lo que ya se está acostumbrado, a lo confortable de la experiencia.

Sin embargo como lo afirma Raúl Nieto²⁶, es necesario tener en cuenta que la resistencia al cambio no entorpece la implementación correcta de éste, al contrario se debe esperar que las personas presenten resistencia porque el cambio es en sí mismo una molestia, ésta muestra que efectivamente si se está renunciando y emprendiendo un proceso de mejora a partir del pasado, en conclusión el cambio es hacia lo que aún no está hecho, hacia lo no conocido. Una manera de ahondar en lo expuesto anteriormente es comprender el cambio como la forma como se hace más capaz al sistema de tener incertidumbre, teniendo en cuenta que el cambio hay que controlarlo pero a la vez dejarlo libre para no pasar por alto ningún aspecto de mejora u observación importante.

El CTAI cuenta con un grupo de colaboradores con aptitudes necesarias para el correcto desarrollo de sus funciones y tareas diarias, existe un organigrama y funciones para cada uno de las personas.

Figura 5. Organigrama del CTAI



Fuente: Los autores

En la actualidad, el mantenimiento es un proceso de soporte de la organización y por lo tanto relaciona directamente al personal técnico con el desarrollo de tareas de inspección, verificación y mejora (acciones correctivas) del estado de los recursos físicos, adicionalmente existe la figura del

²⁶ NIETO, Raúl Eduardo. *El cambio y el sentido de lo irracional: incertidumbre, complejidad y caos*. 1 ed. Bogotá. Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2006. p 24 – 25.

Asesor de mantenimiento que vela por el control y auditoría del cumplimiento de las tareas y actividades de mantenimiento. Dada la importancia del mantenimiento en el CTAI, gracias a su objeto social enfocado a la prestación de servicios, la alta dirección, es decir el director y la comunicación con el Departamento de Ingeniería Industrial y la Facultad de Ingeniería, establece control desde los procesos de mejora continua.

3. FASE DE INTRODUCCIÓN

3.1 ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL CTAI

3.1.1 Evaluación Inicial

En la fase inicial del proyecto fue necesario realizar un diagnóstico con el fin de identificar el estado inicial del laboratorio en cuanto a temas como Política de calidad, planeación del mantenimiento, tipo de mantenimiento, indicadores de Gestión, equipo de emergencia para fallos, reparaciones internas y externas, descripción general de los problemas en los equipos y uso de sistemas de información. A través de esta información, es posible identificar las deficiencias actuales y los beneficios que se pretenden obtener con la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total asistido por computador. Es importante resaltar que fue necesario realizar un estudio cualitativo ya que el laboratorio no cuenta con información oportuna y clara para el registro de indicadores. A continuación se enumeran las características principales del actual Plan de Mantenimiento del CTAI²⁷:

- 1. Política de Calidad:** El Centro Tecnológico de Automatización Industrial se encuentra certificado bajo la Norma ISO 9001:2008, lo cual es garantía de la excelente implementación y desarrollo del sistema de calidad y es un reconocimiento al personal técnico y docente presente en el laboratorio que contribuye al cumplimiento de las normas de calidad y su adaptación como filosofía educativa.
- 2. Planeación del mantenimiento:** El personal del laboratorio realiza la programación anual de las actividades específicas de mantenimiento de tres de sus máquinas: Torno EMCO PC TURN 125, Torno EMCO Unimat PC y Fresadora Benchman VMC 4000. Sin embargo, las actividades no están relacionadas con la inspección de cada uno de los sistemas de acuerdo a su criticidad y características específicas, por el contrario, son enunciadas como tareas generales de mantenimiento. Por otra parte, la planeación no contempla la totalidad de las máquinas, lo cual, se ha evidenciado en los altos niveles de mantenimiento correctivo en el laboratorio.
- 3. Tipo de Mantenimiento:** Los usuarios del laboratorio se caracterizan por tener pocos conocimientos en el funcionamiento de los equipos. Como consecuencia, se presentan fallos y detenciones en las máquinas, y se elevan los índices de mantenimiento correctivo como característica principal de la naturaleza del servicio del laboratorio.

²⁷ Los ítems destacados con color rojo se relacionan con los puntos en los que pretende impactar el proyecto.

4. **Indicadores de Productividad de Mantenimiento:** El laboratorio no cuenta con indicadores definidos para medir y evaluar la gestión de Mantenimiento. Por esta razón, se tienen pocas herramientas para el análisis de las tareas realizadas.
5. **Equipo de emergencia en caso de fallos:** El CTAI cuenta con la UPS MGE 72-1610-00 cuya función principal es garantizar el suministro de energía eléctrica a todos los equipos que hacen parte del laboratorio.
6. **Reparación interna y externa:** El personal técnico del laboratorio cuenta con los conocimientos necesarios para llevar a cabo las tareas de mantenimiento. Sin embargo, el mantenimiento del Compresor Kaeser AT y la UPS MGE 72-1610-00 se realiza a nivel externo debido a la disponibilidad de herramientas y recursos para la realización del mantenimiento y políticas específicas de los proveedores, quienes expresan que si el personal del laboratorio realiza el mantenimiento del equipo ellos no garantizan el buen funcionamiento del mismo.
7. **Sistema de Información:** Las actividades de mantenimiento son registradas en formatos físicos y son archivados en la carpeta específica del equipo. Los reportes de mantenimiento cuentan con la siguiente información:
 - Recurso: Descripción del equipo al que se le realiza Mantenimiento.
 - Fecha de diligenciamiento.
 - Número de Horas Trabajadas.
 - Tipo: Descripción de las características del Mantenimiento: Básico o Riguroso, Interno o Externo.
 - Garantía Vigente: Señala si la Garantía del equipo al cual se le realiza el Mantenimiento se encuentra vigente.
 - Tipo de Mantenimiento: Indica si el Mantenimiento realizado fue Preventivo o Correctivo.
 - Actividades: Descripción de las tareas específicas de Mantenimiento realizadas.
 - Insumos Requeridos: Informa los elementos que fueron requeridos para la labor de Mantenimiento.
 - Fecha de Realización.

Por otra parte, es importante destacar que el laboratorio no cuenta con un Sistema de Información Asistido por computador que le permita obtener datos oportunos para el análisis y mejora de la Gestión de Mantenimiento.

A continuación se describen las actividades de mantenimiento en cada uno de los equipos del laboratorio, su estructura y clasificación está directamente relacionada con la

codificación realizada, y con el índice de prioridad de las máquinas y equipos, justificados mediante los diagramas de Pareto analizados en capítulos anteriores.

La tabla que se presenta a continuación expresa:

- ☛ **Máquina:** Es el elemento del plan de mantenimiento más importante, sobre él se realizan las tareas, y constituye un pieza fundamental para la prestación del servicio del laboratorio y por tanto el objeto social de la organización.
- ☛ **Actividades de mantenimiento:** Es el conjunto de tareas de orden preventivo que se deben realizar a las máquinas, con el fin de evitar fallos y pérdidas de tiempo, entre ellas se encuentran los ajustes, lubricación y cambio de refacciones, entre otros.
- ☛ **Causas frecuentes de fallos:** Estructura de las fallas que se presentan con mayor frecuencia en las máquinas del laboratorio.
- ☛ **Tiempo de uso en el semestre:** Es la cantidad de semanas (basado en la programación de clases y servicios educativos) que se utilizan las máquinas.
- ☛ **Tipo de Mantenimiento:** Interno o Externo.

Tabla 6. Descripción de los equipos y Actividades de mantenimiento²⁸:

Máquina	Actividades de Mantenimiento	Causas frecuentes de fallos	Tiempo Uso en el Semestre	Tipo de Mantenimiento
Compresor Kaeser AT	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de la correa del motor (6 meses) - Revisión del nivel del aceite (6 meses) - Revisión de los filtros (6 meses) 	<ul style="list-style-type: none"> - Taponamiento de los filtros por exceso de polvo 	18 semanas	Externo
Torno EMCO Unimat PC	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión del ajuste de los cabezales (6 meses) - Revisión de los rodamientos (6 meses) - Inventario de las piezas de la caja de herramientas (6 meses) - Revisión de las copas y prensas (6 meses) - Revisión de la tensión de las correas de los piñones (6 meses) - Eliminar el óxido del equipo (6 meses) 	<ul style="list-style-type: none"> - Exceso en el apriete de los tornillos - Exceso de humedad - Golpes por herramientas con pinzas - Pérdida o ruptura de herramientas - Uso inadecuado 	8 semanas	Interno
Estación de Control de Calidad	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar los antiguos programas (6 meses) - Limpieza (diaria) - Nivelar la cámara (6 meses) 	<ul style="list-style-type: none"> - Desajuste de los tornillos de apriete del nivel de la cámara 	4 semanas	Interno
Prensa	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza (Cuando es utilizada) - Lubricación de las guías (6 meses) - Ajuste del anclaje (6 meses) 	<ul style="list-style-type: none"> - Exceso del torque de la palanca - Uso inadecuado 	18 semanas	Interno
Esmeril	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de las piedras (6 meses) - Ajuste de los tornillos de sujeción de los ejes (6 meses) 	<ul style="list-style-type: none"> - Vida útil de las piedras - Vibraciones del uso 	18 semanas	Interno
Torno EMCO PC TURN 125	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio del aceite de lubricación (inspección) - Revisión del estado de las herramientas (6 meses) - Limpieza de programas antiguos (6 meses) - Limpieza de la bancada y de la bandeja (semanal) - Recirculación del liquido refrigerante (semanal) 	<ul style="list-style-type: none"> - Vida útil de las herramientas - Golpes por uso inadecuado 	4 semanas	Interno y Externo

²⁸ ENTREVISTA con Deivy Durán Sua, Técnico del laboratorio responsable del Mantenimiento. Bogotá, 21 de Junio de 2010.

Tabla 6. (Continuación)

Equipo	Actividades de Mantenimiento	Causas frecuentes de fallos	Tiempo Uso en el Semestre	Tipo de Mantenimiento
Fresadora Benchman VMC4000	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión del estado de las herramientas (semanal) - Eliminación de la viruta (semanal) - Revisión de las posiciones de los cambios de herramientas (6 meses) 	<ul style="list-style-type: none"> - Golpes por uso inadecuado - Desconfiguración del Software - Acumulación de la viruta 	18 semanas	Interno y Externo
Torno Winston BD – 1340	<ul style="list-style-type: none"> - Lubricación (3 meses) - Limpieza 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso inadecuado - Vida útil de las piezas 	18 semanas	Interno
UPS MGE 72-1610-00	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza general - Cambio de baterías (6 meses) 	<ul style="list-style-type: none"> - Agotamiento de las baterías 	18 semanas	Externo
MPS®	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza - Eliminar antiguos programas (6 meses) - Cambio del agua (semanal) 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso inadecuado - Fallas en la inspección del nivel del agua 	3 semanas	Interno
Robot MELFA Mitsubishi MV 2A	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de baterías (anual) - Revisión de la sujeción de las pinzas (6 meses) - Verificación del estado de funcionamiento (anual) 	<ul style="list-style-type: none"> - Golpes por uso inadecuado - Agotamiento de las baterías 	12 semanas	Interno
Banda Transportadora	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de la tensión de la banda (6 meses) - Engrasar de los rodamientos de la banda (6 meses) - Limpieza (semanal) 	<ul style="list-style-type: none"> - Vida útil de los rodamientos 	12 semanas	Interno
Almacén Automático	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión del eje vertical de soporte (6 meses) - Limpieza (semanal) - Inventario de las piezas (semanal) - Lubricación de los rodamientos de los motores (6 meses) 	<ul style="list-style-type: none"> - Vida útil de los rodamientos 	12 semanas	Interno
Robot Display	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza 	<ul style="list-style-type: none"> - Golpes por uso inadecuado 	2 semanas	Interno
PLC Twido	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de baterías (2 años) 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso inadecuado - Eliminación de la IP 	12 semanas	Interno

Fuente: Los Autores

3.1.1.1 Metodología de la Evaluación

El diseño e implementación del sistema de información TPM en el CTAI, será evaluado para efectos del proyecto mediante la asignación de algunos criterios de medición de impacto en el desarrollo y ejecución del macroproceso de mantenimiento (dentro de la estructura de gestión por procesos del laboratorio) y su posterior ponderación, buscando la validación de la mejora.

El proyecto contempla el diseño, cálculo y medición de rangos permisibles de indicadores de gestión del mantenimiento, sin embargo ésta no es una buena manera para evaluar el impacto del proyecto en el CTAI, debido a tres motivos fundamentales:

1. En una situación a priori, el laboratorio no cuenta con reportes y registros de mantenimiento confiables, se presentan reportes ocasionales y se dificulta el desarrollo de la trazabilidad, además el antiguo sistema de mantenimiento no contempla la medición de indicadores de gestión y por lo tanto no se dispone de información veraz para realizar una primera aproximación; aún si fuera posible, los parámetros de comparación con una medición después de implementar el proyecto no son homologables con los de una medición “antes de”, en términos de la periodicidad de los cálculos de los indicadores y la manera como están estipulados en el diseño del nuevo sistema de mantenimiento TPM, esto quiere decir que para una medición a priori se contemplarían periodos semestrales, pero para una medición luego de la implementación el periodo sería de dos o tres meses dado el cronograma de trabajo que se estableció para la propuesta. Esta situación dificultaría el análisis de datos.
2. El cálculo de los indicadores de gestión está directamente relacionado con la periodicidad que se le ha asignado a cada uno (semestral), por este motivo un cálculo de indicadores después de la implementación se saldría del tiempo planeado para la entrega del proyecto, y establecer un periodo de referencia de dos o tres meses no es lo más conveniente dada la naturaleza dinámica del mantenimiento que se lleva a cabo en el laboratorio, es decir, que probablemente la medición en ese periodo de prueba no reflejaría el verdadero comportamiento que puede tener el sistema de información y de mantenimiento.
3. Una medición del impacto del sistema de mantenimiento implementado en el proyecto va más allá del cálculo de indicadores, porque podría presentarse inactividad en máquinas en el periodo de evaluación, como podría no darse esta situación; esto se relaciona en forma directa con una característica del sistema que se busca implementar y es la posible ocurrencia de los eventos en las máquinas y equipos (eventos circunstanciales que están directamente relacionados con como: proveedores, suministros, insumos, programación, predicción, ejecución, etc.), una evaluación a través de indicadores no mostraría en forma

global los avances realizados sobre el sistema en general, sólo tendría impacto en la forma como se realizan las tareas de mantenimiento.

Teniendo en cuenta lo anterior, la manera más idónea para medir el impacto del proyecto de diseño e implementación de un plan TPM en el CTAI, es mediante mediciones “previo a” y “posterior a”, basados en temas previamente definidos y agrupados según: Mantenimiento, 5S’s, 6 grandes pérdidas, sistematización, de esta manera se podrá evaluar las mejoras obtenidas entre las evaluaciones realizadas.

La medición inicial está contemplada en la fase de desarrollo del proyecto, como aún no se ha implementado se pueden conocer las características actuales del sistema, por otra parte, la medición final se realizará una vez el sistema de información se haya implementado en el laboratorio, es decir, luego de una fase de acoplamiento por parte del personal técnico y administrativo y la retroalimentación respectiva por cada una de las partes involucradas. La metodología será la siguiente, cada uno de los temas está compuesto de criterios seleccionados y que reflejan su aporte al sistema de mantenimiento. Los criterios se pueden valorar como sigue:

Tabla 7. Designación de colores y ponderaciones para evaluación de criterios

1	El criterio se encuentra aceptado, el CTAI contempla la aplicación de éste para el desarrollo de sus actividades de mantenimiento.
0	El criterio no se encuentra aceptado, el CTAI no contempla la aplicación de éste para el desarrollo de sus actividades de mantenimiento. Este indicador se debe visualizar como una oportunidad de mejoramiento del sistema, y se encuentra alineado con el macroproceso estratégico de Mejora Continua que realiza la alta dirección del laboratorio.

Fuente: Los Autores

Al finalizar la ponderación de todos los criterios se calcula la validación general del tema en consideración, de la siguiente manera:

Donde

	Validación del modelo, se valida si es > 70%.
	Número de criterios aceptados i .
	Número de criterios aplicables al tema seleccionado.

Para el desarrollo de las mediciones se llenará un formato como el de la siguiente tabla²⁹:

²⁹ Tabla ejemplo para mantenimiento, los demás temas (5S’s, 6 grandes pérdidas, sistematización) se estructuran bajo el mismo formato.

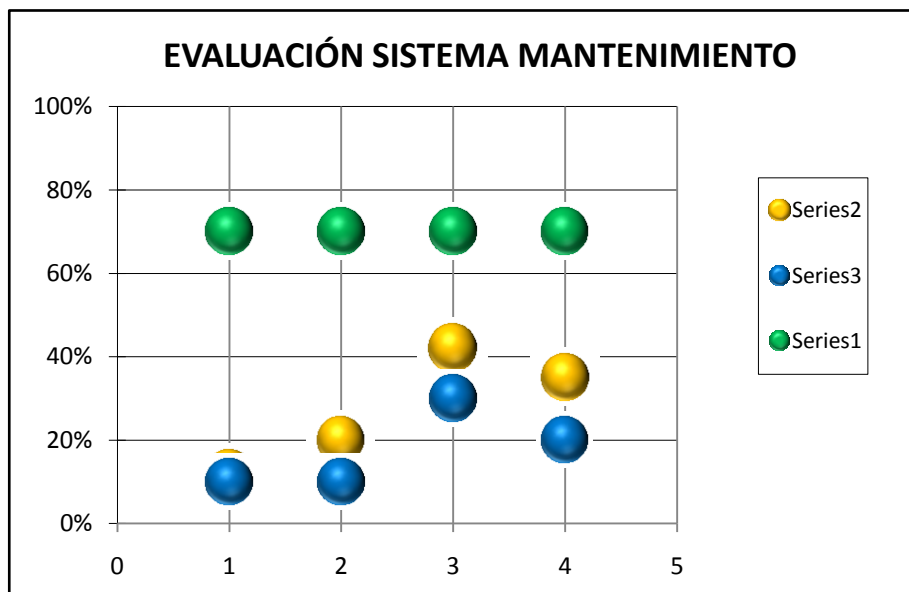
Tabla 8. Criterios de evaluación del Mantenimiento

No	Tipo	CRITERIO A VERIFICAR	No aplicable OK (1) / NOK (0)		COMENTARIOS
1	Planeación, Ejecución y Control	Se llenar registros de mantenimiento periódicamente, en la fecha establecida para la realización de tareas.		1 o 0	
2		Se realiza programación de las tareas de mantenimiento y éstas se comunican a toda los participantes en el proceso.		1 o 0	
3		Los tareas de mantenimiento son validadas por un asesor de mantenimiento luego de su realización, de esta validación queda constancia.		1 o 0	
4		Existe una codificación completa de máquinas y equipos para la realización del proceso de mantenimiento, ésta codificación está actualizada.		1 o 0	
5		Se realizan análisis de la criticidad de las máquinas y equipos para asigna tiempos y tareas de mantenimiento, en coherencia con su importancia para la prestación del servicio.		1 o 0	
6		Se han definido sistemas de mantenimiento en cada una de las máquinas críticas		1 o 0	
7	Talento Humano	Todo el personal del laboratorio está capacitado en mantenimiento y conoce sus tareas o funciones dentro del proceso (Autonomía)		1 o 0	
		Existen planes de capacitación y se deja registros de las realizadas.		1 o 0	
8	Medio Ambiente	El sistema de mantenimiento contribuye a la preservación del medio ambiente mediante la reducción de papelería y otras actividades como jornadas de reciclaje.		1 o 0	
9	Sistema de Información	Existen hojas de vida actualizadas y con los datos necesarios para el conocimiento y/o operación de las máquinas y equipos.		1 o 0	
10		Existe un mecanismo de administración de la información de mantenimiento.		1 o 0	
11		La información está disponible para todos los interesados del proceso.		1 o 0	
12		Los documentos y registros se guardan y se analiza aspectos como seguridad, protección, disponibilidad.		1 o 0	
RESULTADO EN %				100,0%	
VALIDACION DEL NIVEL (validado si > 70 %)					VALIDADO o NO VALIDADO

Fuente: Los autores

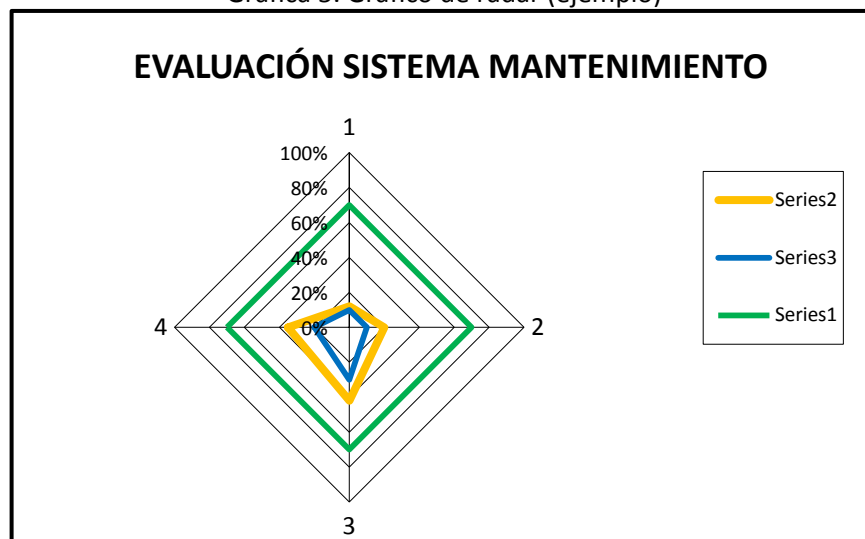
Luego de realizar las mediciones se representará el alcance logrado en el gráfico tipo radar, así mismo, el gráfico de burbuja es importante para las capacitaciones en el Sistema de Información en mantenimiento que se va a diseñar (gráficas 4 y 5)³⁰:

Gráfica 4. Gráfico de burbuja (ejemplo)



Fuente: Los autores

Gráfica 5. Gráfico de radar (ejemplo)



Fuente: Los autores

³⁰ Situación Ejemplo del modelo de evaluación.

Estos gráficos serán explicados en las capacitaciones al personal del laboratorio, y serán comunicados los resultados de cada una de las evaluaciones con el propósito de dar orientación al mejoramiento del proceso de mantenimiento y recibir retroalimentación.

3.1.1.2 Primera Evaluación

A continuación se muestra la primera evaluación TPM realizada en el Centro Tecnológico de Automatización Industrial el día 17 de Junio de 2010, las observaciones en rojo están relacionadas con criterios que aún no han sido validados por el laboratorio y por tanto se proyectan como oportunidades de mejora.

Tabla 9. Criterios de Sistematización

No	Tipo	CRITERIO A VERIFICAR	No aplicable OK (1) / NOK (0)		COMENTARIOS
1	GENERALIDADES	Existe conocimiento entre el personal del laboratorio sobre el manejo y sistematización de la información.		1	El personal conoce software relacionado con las bases de datos
2		Existe conocimiento específico en algún software para manejo de bases de datos.		1	En la actualidad el CTAI cuenta con varias bases de datos entre las que se encuentran: Prestación del Servicio y Reserva de Equipos.
3	BASES DE DATOS	Los procesos de mantenimiento son administrados mediante bases de datos		0	No existe un sistema de información (Bases de datos) que se aplique a las tareas de mantenimiento.
4		Existe conocimiento sobre el manejo del mantenimiento en otros Centros Educativos mediante el uso de bases de datos		0	No hay conocimiento generalizado sobre laboratorios educativos que tengan sistemas de mantenimiento actualizados.
5	MANTENIMIENTO	El mantenimiento se planifica mediante herramientas ofimáticas que permitan la actualización y trazabilidad de cumplimiento		1	En la actualidad el mantenimiento se planifica y se realiza un cronograma mediante el uso de MS Excel.
6		El mantenimiento es analizado y mejorado a partir del uso eficiente de herramientas y tecnologías de la información y comunicación TIC		0	No hay evidencia de la mejora continua en el área de mantenimiento.
7	ACTUALIZACIÓN	La información de mantenimiento es actualizada cuando así lo requiere el sistema, los procesos de mantenimiento son sistematizados.		0	No hay evidencia de actualizaciones de hojas de vida de las máquinas y equipos, reportes de hallazgos menores, etc.
RESULTADO EN %				43%	
VALIDACION DEL NIVEL (validado si > 70 %)					NO VALIDADO

Fuente: Los autores

Tabla 10. Criterios de Mantenimiento

No	Tipo	CRITERIO A VERIFICAR	No aplicable / OK (1) / NOK (0)		COMENTARIOS
1	Planeación, Ejecución y Control	Se llenar registros de mantenimiento periódicamente, en la fecha establecida para la realización de tareas.		0	Existen mantenimientos que no han sido registrados.
2		Se realiza programación de las tareas de mantenimiento y éstas se comunican a toda los participantes en el proceso.		0	Falta comunicación con el asesor de abastecimiento para la planeación y ejecución del mantenimiento.
3		Los tareas de mantenimiento son validadas por un asesor de mantenimiento luego de su realización, de esta validación queda constancia.		1	La ejecución de los mantenimientos programados es inspeccionada por una persona designada.
4		Existe una codificación completa de máquinas y equipos para la realización del proceso de mantenimiento, ésta codificación está actualizada.		0	Existe una codificación, pero ésta es la que se ha asignado a los activos fijos y no se tiene en cuenta para registrar la trazabilidad de las máquinas.
5		Se realizan análisis de la criticidad de las máquinas y equipos para asigna tiempos y tareas de mantenimiento, en coherencia con su importancia para la prestación del servicio.		0	No se tiene registro de la identificación de las máquinas críticas, es posible que esta información se conozca pero no se tiene almacenada.
6		Se han definido sistemas de mantenimiento en cada una de las máquinas críticas		0	El mantenimientos en las máquinas se realiza por sentido común pero no hay registros de una estructura de mantenimientos clara.
7	Talento Humano	Todo el personal del laboratorio está capacitado en mantenimiento y conoce sus tareas o funciones dentro del proceso (Autonomía)		0	Aunque el personal tiene conocimiento de las actividades de mantenimiento, no se registra mantenimiento autónomo (Limpieza)
8		Existen planes de capacitación y se deja registros de las realizadas.		0	No hay pruebas que demuestren que hay capacitación en temas de mantenimiento.
9	Medio Ambiente	El sistema de mantenimiento contribuye a la preservación del medio ambiente mediante la reducción de papelería y otras actividades como jornadas de reciclaje.		0	Excesos de papelería para registrar la información de las máquinas, no se encuentra sistematizado.
10	Sistema de Información	Existen hojas de vida actualizadas y con los datos necesarios para el conocimiento y/o operación de las máquinas y equipos.		1	Algunas hojas de vida están desactualizadas, faltan hojas de vida de equipos nuevos.
11		Existe un mecanismo de administración de la información de mantenimiento.		1	la información de los reportes y tareas de mantenimiento es analizada para efectos de control de sistema de gestión de calidad del CTAL.
12		La información está disponible para todos los interesados del proceso.		1	Existe un lugar conocido, donde están todas los reportes de mantenimiento.
13		Los documentos y registros se guardan y se analiza aspectos como seguridad, protección, disponibilidad.		1	Los documentos están disponibles y su localización no afecta las condiciones de legibilidad, el personal tiene acceso libre.
RESULTADO EN %				42%	
VALIDACION DEL NIVEL (validado si > 70 %)					NO VALIDADO

Fuente: Los autores

Tabla 11. Criterios de Seis Pérdidas

No	Tipo	CRITERIO A VERIFICAR	No aplicable OK (1) / NOK (0)		COMENTARIOS
1	Pérdidas de Tiempo (Averías, Reparación y Ajustes)	No se presenta periodicidad en los tiempos inactivos de las máquinas como resultado de las acciones de mantenimiento.		1	Los mantenimientos evitan periodicidad de las fallas en las máquinas.
2		El desarrollo de las clases no se ve afectado por las acciones de mantenimiento en la ejecución del mismo.		1	El desarrollo de las tareas de mantenimiento no afecta el desarrollo de clases y demás actividades extracurriculares.
3		No existen cambios de herramientas, partes y/o suministros innecesario que disminuyen el tiempo productivo de la máquina, tampoco se llenan documentos innecesarios.		1	El personal del laboratorio garantiza el cambio de herramientas y suministros únicamente cuando su uso es necesario.
4		Existen técnicas implementadas como el SMED que buscan la reducción de tiempos muertos debido a los ajustes en las máquinas.		0	No hay evidencia del interés de la alta dirección del laboratorio para prevenir los tiempos de inactividad de las máquinas. Mediciones del tiempo de mantenimiento.
5	Pérdidas de Velocidad (Inactividad, Pérdidas de paradas menores)	No existen detenciones menores debido a paradas de máquinas causadas por atascamientos menores y fallos en la operación de los equipos		0	Si ha detenciones menores en el servicio, éstas se mitigan mediante la reprogramación de cursos y clases. Ej. Fresadora Benchman VMC 4000.
6		Hay cultura de mantenimiento para reportar los hallazgos de paradas menores en las máquinas y equipos y que afectan en pequeña o gran medida la prestación del servicio.		1	Los hallazgos son comunicados entre todos los interesados, sin embargo es necesario dejar registro de los mismos.
7		Hay análisis de los niveles de referencia de las máquinas, para poder hacer comparaciones de la producción realizada con la planeada, se puede expresar en horas de servicio.		0	No existe evidencia del registro de niveles de referencia de presión, aceite, revoluciones y demás medidas de rendimiento de las máquinas y equipos.
8		Se hace verificación constante para prevenir problemas mecánicos en el funcionamiento de máquinas y equipos.		0	Las inspecciones que se realizan solo se garantizan para periodos programados, exigen condiciones de falla que se pueden evitar.
9	Pérdidas de calidad (Calidad de piezas, Reprocesamiento)	Existe seguimiento al reproceso de piezas y partes en las máquinas debido a la no calidad, y se realizan acciones correctivas para mejorar este tema.	N/A		
10		Se realizan verificaciones de alarmas, paros de emergencia, detenciones, lubricación y ajustes con una periodicidad establecida.		1	Existen planes de mantenimiento que velan por el análisis de las condiciones de máquinas y equipos.
RESULTADO EN %				56%	
VALIDACION DEL NIVEL (validado si > 70 %)					NO VALIDADO

Fuente: Los autores

Tabla 12. Criterios de las 5S's

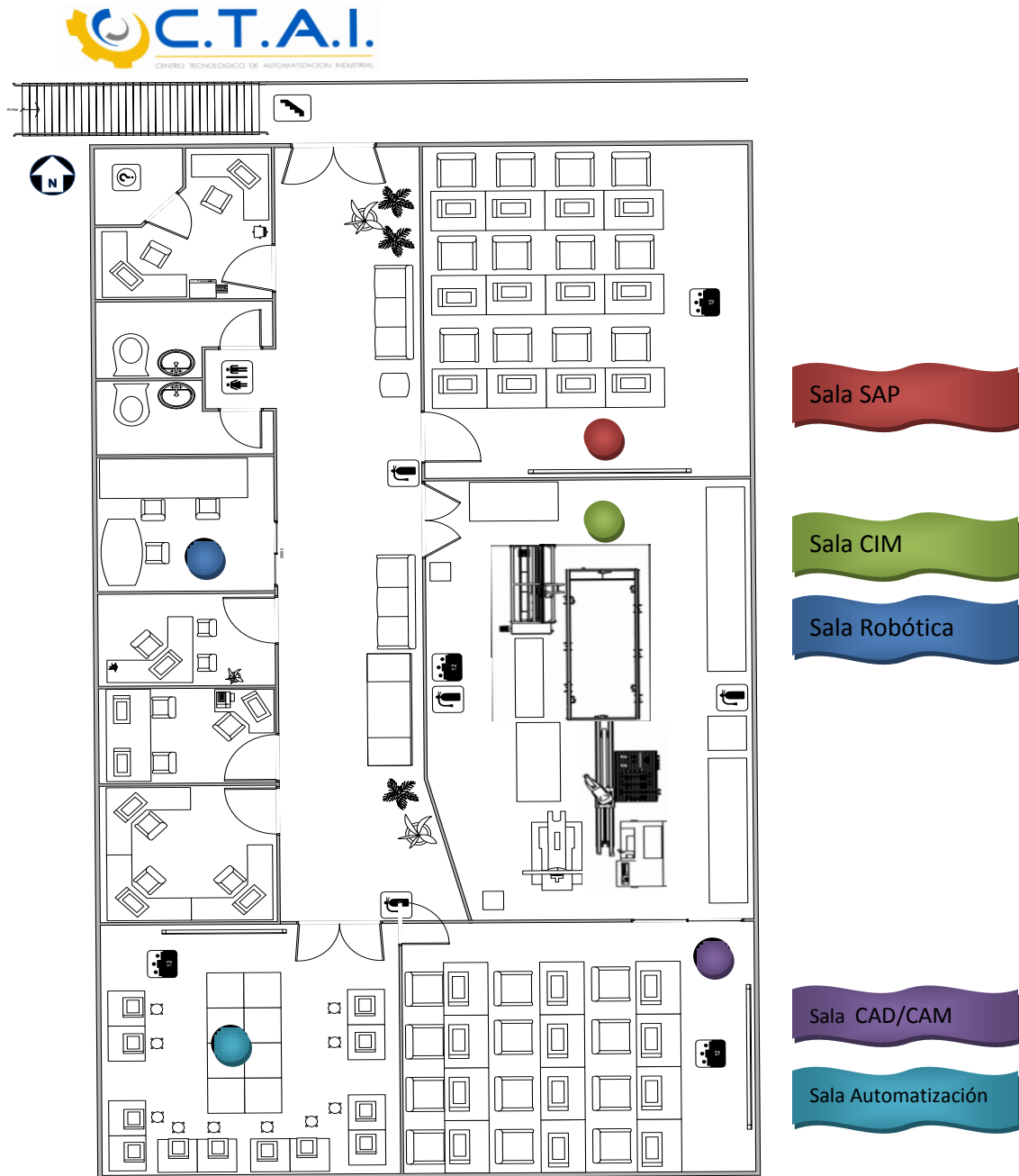
No	Tipo	CRITERIO A VERIFICAR	No aplicable OK (1) / NOK (0)		COMENTARIOS
1	ELIMINAR	No existen mesas de trabajo, cajones, armarios y estanterías innecesarias.		1	
2		No hay herramientas innecesarias o dañadas (observar paredes, encima y dentro de armarios y estanterías). Incluye herramientas de trabajo y elementos de aseo.		1	
3	ORGANIZAR	La documentación cuenta con un lugar asignado y demarcado (Carpetas, tableros, tótems, carteleras, etc.)		1	la documentación es guardada en archivada en carpetas, información como manuales y guías está en muebles especiales.
4		Existe una rutina de evacuación de residuos, la cual previene acumulación y desorden (frecuencia, responsable, etc.)		1	Ésta rutina se realiza pero no está escrita.
5	LIMPIAR	Las herramientas y equipos para la prestación del servicio, están limpios y en buen estado.		1	
6		Los elementos de seguridad (incluyendo alarmas) están en buen estado de funcionamiento. El alumbrado es suficiente y funciona correctamente.		1	
7	ESTANDARIZAR	La información comunicada en los tableros o sitios asignados, cumple con los lineamientos corporativos, todo el personal del área conoce la información y conoce quien es el responsable de su actualización		1	
8		Existe un plan de mantenimiento de los equipos de seguridad (extintores, botiquín, etc.). El plan de evacuación esta actualizado y desplegado.		0	No hay evidencia de los planes de mantenimiento.
9	MANTENER	Se realiza seguimiento a las actividades de mejoramiento en 5S's, es importante destacar las acciones correctivas y planes de acción relacionados.		1	
10		5S es una prioridad para el equipo de trabajo. Hay un indicador de 5S sobre el tablero de indicadores		0	No hay estructura 5S's en el laboratorio.
RESULTADO EN %				80,0%	
VALIDACION DEL NIVEL (validado si > 70 %)					VALIDADO

Fuente: Los autores

La primera evaluación de criterios muestra tres temas no validados y un tema validado, sin embargo, todos los factores tienen criterios no aceptados y por lo tanto existen posibilidades de mejoramiento para cada uno de ellos.

3.1.1 Distribución de planta






Figura 6. Distribución de planta del CTAI



Fuente: Los autores

En la siguiente tabla se encuentran las convenciones para el análisis de información en la figura que contiene la distribución de planta del Centro Tecnológico de Automatización Industrial, lugar de aplicación del presente trabajo de grado.

Tabla 13. Convenciones de la Distribución de Planta

Convenciones	
símbolo	Descripción
	Ubicación de los baños para hombres y mujeres.
	Ubicación de extintores (SOLKAFLAM, 3700g), para atención temprana ante una eventual emergencia.
	Aulas de clase con capacidad para 12 alumnos, dotadas de computadores, tableros, videobeam y el software necesario para la prestación del servicio.
	Escaleras que permiten el acceso al laboratorio.
	Oficina de Insumos y suministros del mantenimiento, consumibles para el desarrollo de actividades del laboratorio.

Fuente: Los autores

La distribución de planta es importante ya que permite el análisis de información relacionada con las salas en las que se presta el servicio educativo, las salas que tiene el laboratorio son:

- a) Sala de Automatización.
- b) Sala CAD / CAM.
- c) Sala CIM
- d) Sala de Robótica
- e) Sala SAP

En las secciones siguientes...Véase capítulo 3.2... se pueden encontrar descripciones de cada una de las salas, éstas se distribuyen en:

- ☛ Planta física
- ☛ Mobiliario
- ☛ Aplicación - Software

3.1.2 Tipo de Mantenimiento

Como laboratorio orientado a la Formación Profesional, cuenta con usuarios con diversos niveles de conocimiento de la maquinaria, por lo cual, un gran porcentaje de la operación de mantenimiento está ligada a la corrección de los accidentes o daños causados por los Estudiantes. Sin embargo, a pesar de esta situación, el personal del Laboratorio tiene un plan de mantenimiento con el objetivo de mitigar las posibilidades de daños en la maquinaria y cultivar una filosofía de cuidado en la comunidad. A continuación se expresan con mayor detalle los dos enfoques del área de mantenimiento del CTAI.

- **Mantenimiento Correctivo**

El Centro Tecnológico de Automatización Industrial como espacio de desarrollo de aprendizaje está orientado a estudiantes que cursan diversas asignaturas propias de la Facultad de Ingeniería y de la Facultad de Arquitectura y Diseño. Para muchos estudiantes, ésta es la primera oportunidad de hacer uso de los equipos disponibles en el laboratorio, y aunque en el CTAI se ha exigido la certificación del conocimiento de las reglas existentes en el laboratorio por parte de los estudiantes, algunos de ellos no reconocen la importancia del cuidado de la maquinaria y los demás elementos dispuestos para su aprendizaje.

Teniendo en cuenta los equipos necesarios para el desarrollo de asignaturas como Máquinas y Equipos, Procesos Industriales, Procesos Básicos de Manufactura, Manufactura Flexible, entre otras, la Sala CIM y la Sala de Automatización, se reconocen como espacios en los que los estudiantes pueden tener acceso a maquinaria que hasta el momento ha sido desconocida para ellos. Producto del poco o nulo conocimiento que tienen los estudiantes acerca de los principios de operación de las máquinas y elementos del laboratorio, la vigilancia, control y soporte, por parte de los docentes y el personal técnico del CTAI surgen como herramientas de vital importancia en el aseguramiento del buen funcionamiento de los equipos.

A pesar del estricto control por parte del personal del laboratorio en el uso adecuado de los equipos, en algunas ocasiones la poca habilidad de los estudiantes se ve reflejada en daños producidos tanto a las herramientas como al funcionamiento general de la maquinaria. En consecuencia, surge la necesidad de realizar compras o cambios de herramientas, y detenciones de la maquinaria en periodos que no han sido programados. Teniendo en cuenta una de las características principales de los laboratorios educativos, que es la dificultad que existe en el control del impacto que tienen los estudiantes en el funcionamiento de los equipos, producto de su nivel de conocimiento y práctica, es importante destacar que el seguimiento estricto de un plan de mantenimiento está sujeto a eventualidades ocurridas a partir del desarrollo de las clases y la manipulación de los equipos por parte de los estudiantes.

- **Mantenimiento Preventivo.**

A pesar de la notoria dificultad existente en el control de los posibles daños ocasionados por la acción de los estudiantes, el CTAI ha fundamentado su plan de mantenimiento existente a través de dos pilares.

Inicialmente se ha trabajado por difundir una filosofía enfocada al uso adecuado de las máquinas, equipos e instalaciones. Los estudiantes, son los llamados a ser conscientes de la importancia que tienen estos elementos en su aprendizaje, ya que pueden aplicar la teoría aprendida a través de la manipulación de equipos, que aunque son utilizados con fines educativos, son un espejo de lo sucedido en la realidad. El objetivo del personal del laboratorio es lograr que los estudiantes sientan que los equipos son de su propiedad, y de esta manera lleven a cabo labores de limpieza y cuidado de manera autónoma y no por reglamento del CTAI. Así mismo, los estudiantes deben cumplir una labor proactiva, a través de la cual, es posible detectar fallas en los equipos antes de que éstas puedan tener un alto impacto en el desarrollo de las actividades del laboratorio.

Por otra parte, los docentes y orientadores de las asignaturas dictadas en las instalaciones del laboratorio deben velar por la adecuada puesta en marcha de los equipos de acuerdo a los protocolos establecidos y vigilar que las máquinas se encuentren en óptimas condiciones para su operación. Igualmente, son responsables de difundir en los estudiantes la filosofía de la prevención y la proactividad desde su propio ejemplo, a través de tareas como la calibración y la revisión constante de los equipos.

El mantenimiento programado es el segundo pilar del plan de mantenimiento existente en el CTAI. A través de la proyección de actividades como calibración, lubricación y otras tareas propias del mantenimiento, el personal del laboratorio busca garantizar al máximo las condiciones de operación de las máquinas y evitar la suspensión de algunas actividades por la no disponibilidad de equipos. Las fechas en que se han programado las tareas de mantenimiento, responden a un análisis de criticidad e impacto de los equipos en el aprendizaje de los estudiantes y el funcionamiento del laboratorio. El personal del laboratorio debe certificar el cumplimiento de las tareas de mantenimiento en el tiempo y fecha programada. Aunque, es necesario tener en cuenta que éstas deben llevarse a cabo en horarios o espacios que no impacten el desarrollo de las clases. Así mismo, es de vital importancia, garantizar que los elementos y herramientas necesarias para llevar a cabo las actividades programadas deben encontrarse en el momento de la ejecución, con el objetivo de evitar retrasos y fallas potenciales.

3.1.3 Seis grandes pérdidas

Las seis grandes pérdidas son desventajas que limitan el logro de la maximización de la eficacia de los equipos, por lo cual, es de vital importancia identificar cada una de ellas en el desarrollo de la labor del laboratorio. A continuación se explican las seis grandes pérdidas del CTAI, concentradas en tres grupos principales: Pérdidas de tiempo, pérdidas en la velocidad y pérdidas de calidad.

1. Pérdidas de Tiempo

- a) **Pérdidas por averías:** Como se ha destacado anteriormente, una de las causas principales de averías en el laboratorio es el poco conocimiento y experiencia de sus usuarios en la manipulación de máquinas industriales, ya que en el desarrollo de su aprendizaje ocasionan algunos daños en las máquinas que pueden ser de alto o bajo impacto. Por otra parte, los problemas en la ejecución del plan de mantenimiento, constituyen otra causa importante de averías, si no se lleva a cabo la revisión correcta de cada uno de los sistemas de las máquinas en la fecha programada, se presentarán dificultades en su operación.

Las averías presentadas en las máquinas, equipos e instalaciones pueden ser reparadas a nivel interno o a nivel externo de acuerdo a los requerimientos específicos. El tiempo de reparación y ajuste de la maquinaria genera una reducción notable en el nivel de servicio del laboratorio, ya que los estudiantes no pueden tener acceso a los elementos propios de su aprendizaje y deben recurrir al uso de otras máquinas complementarias.

- b) **Pérdidas de preparación y ajustes:** La utilización de las máquinas por parte de los estudiantes se realiza luego de una previa autorización del docente, quien debe certificar que ha recibido todos los elementos en perfecto estado, ya que al final debe entregarlos en las mismas condiciones. El tiempo que ocurre en la entrega y recibo de máquinas entre una clase y otra, representa una pérdida por demora.

2. Pérdidas en Velocidad

- a) **Paradas menores:** Ocasionalmente las máquinas presentan interrupciones en su operación debido a errores en la manipulación por parte de los estudiantes, por lo cual, las paradas de emergencia deben ser accionadas para evitar daños en los equipos.
- b) **Velocidad reducida:** Las máquinas trabajan a una velocidad menor que la velocidad estándar con objeto de prevenir accidentes, ya que los usuarios tienen pocas habilidades para la manipulación de la maquinaria.

3. Pérdidas de Calidad

- a) **Pérdidas por defectos de calidad:** Los productos obtenidos de las máquinas no tienen un estándar de comparación ya que son realizados con objeto de aprendizaje. Teniendo en cuenta que no existe un lote de producción, los productos cumplen con los requerimientos específicos de las clases.
- b) **Repetición de Trabajo:** Asumiendo que el servicio ofrecido por el laboratorio está orientado a la adquisición y aplicación de conocimientos, los productos obtenidos de la maquinaria no están sujetos a reprocesamiento. Los materiales utilizados (cera y bronce) se caracterizan por permitir su reutilización en los procesos en que son requeridos.

3.1.4 Política de calidad

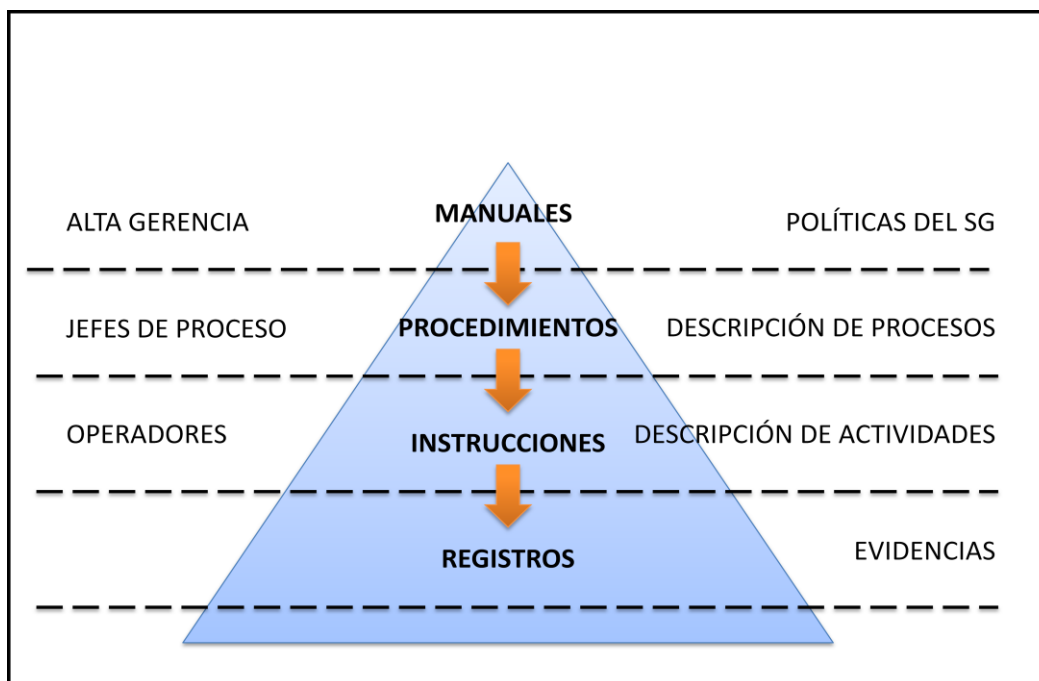
Como ya se ha mencionado anteriormente, el Centro Tecnológico de Automatización Industrial, se encuentra certificado en la norma ISO 9001:2008 bajo el siguiente alcance: “Prestación de servicios para el desarrollo de prácticas de laboratorio relacionadas con los temas de diseño y manufactura asistida por computador y automatización industrial”³¹, se ha validado por un período de tres años hasta el 19 de Agosto de 2012, y se realiza seguimiento continuo mediante auditorías internas o de primera parte, que se programan con personal del Departamento de Ingeniería Industrial y auditorías externas o de tercera parte, programadas por el ente certificador, en este caso Bureau Veritas.

Dentro del marco de la norma ISO 9001:2008, se establecen algunos requisitos de la documentación (Figura 7) y generalidades que se deben tener en cuenta y que no pueden ser excluidas bajo ningún modo. Entre estos requisitos se tiene: “Declaración documentada de la política y objetivos de calidad, manual de calidad, procedimientos documentados por norma, documentos exigidos por la organización para asegurar la efectiva planeación, funcionamiento y control de procesos”³².

³¹ Centro Tecnológico de Automatización Industrial. Política de Calidad [en línea]. <http://puj-portal.javeriana.edu.co/portal/page/portal/Facultad%20de%20Ingenieria/dpto_indust_laboratorios> [citado en 12 de julio de 2010]

³² Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Documentación: Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos. Bogotá: ICONTEC, 2008. p 3. (ISO 9001:2008)

Figura 7. Estructura de la Documentación



Fuente: Curso de Auditor Interno ISO 9001:2008. Manual del participante³³

El CTAI ha establecido la siguiente política de calidad:

“El Centro Tecnológico es un espacio orientado a la prestación de servicios para el desarrollo de prácticas de laboratorio en los temas de diseño y manufactura de productos, control numérico computarizado, neumática y electroneumática, en las cuales se proporcionan los recursos técnicos para contribuir a la formación de futuros profesionales, el desarrollo de proyectos de investigación y de consultoría”³⁴.

A su vez, la dirección del laboratorio ha establecido un conjunto de objetivos de calidad que se caracterizan esencialmente por ser medibles, alcanzables, retadores, coherentes con la política de calidad y con un plazo establecido.

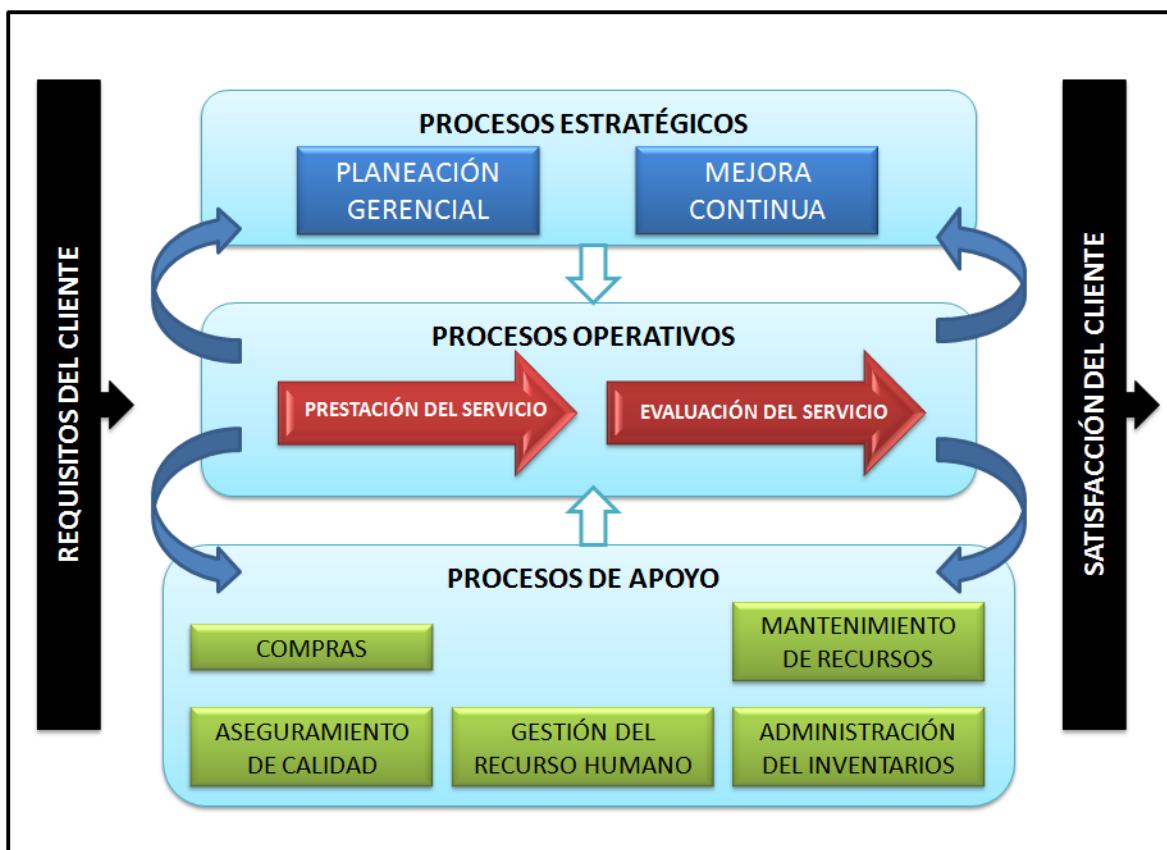
El laboratorio tiene un conjunto de elementos mutuamente relacionados que interactúan entre sí, éstos reciben el nombre de procesos y según su posición en el mapa de procesos (*Porter*) de la

³³ Curso de Auditor Interno ISO 9001:2008. Manual del participante. SGS Colombia S.A. Training Services. Bogotá, Enero 2009. p 26.

³⁴ Centro Tecnológico de Automatización Industrial. Política de Calidad [en línea]. <http://puj-portal.javeriana.edu.co/portal/page/portal/Facultad%20de%20Ingenieria/dpto_indust_laboratorios> [citado en 12 de julio de 2010]

organización, pueden ser estratégicos, misionales o de soporte. Además, posee actividades coordinadas para dirigir y controlar el CTAI en lo relacionado a la calidad. El conjunto de los procesos y las actividades encaminadas al establecimiento y cumplimiento de la política y objetivos de calidad, conforman el Sistema de Gestión de Calidad del CTAI.

Figura 8. Mapa de Procesos del Centro Tecnológico de Automatización Industrial



Fuente: Manual de Calidad. Anexo 1: Mapa de Procesos³⁵

3.1.5 Importancia del mantenimiento en la política de calidad

Tener un Sistema de Gestión de Calidad certificado bajo la norma ISO 9001:2008, significa que el laboratorio está comprometido con la conformidad del servicio de enseñanza e investigación que ofrece y con el aumento de la satisfacción percibida por el cliente, en este caso las diferentes facultades de la Pontificia Universidad Javeriana y las universidades que actualmente tienen

³⁵ Centro Tecnológico de Automatización Industrial. Manual de Calidad. Anexo 1: Mapa de Procesos.

convenio con la Facultad de Ingeniería en la ciudad de Bogotá, además de algunos acuerdos internacionales (Universidad Católica Andrés Bello – Venezuela)

Para poder prestar servicios relacionados con prácticas de laboratorio en los diversos temas de índole tecnológica que ofrece el CTAI, como lo establece la política de calidad, es necesario contar con total disponibilidad en máquinas, equipos e instalaciones, teniendo en cuenta que además de la docencia, son el principal insumo para poder cumplir con la misión de la organización.

Esta disponibilidad debe ser entendida como la confianza que se tiene de que las máquinas, equipos e instalaciones, estarán en condiciones idóneas para la prestación del servicio. La disponibilidad en términos del objetivo buscado, se desarrolla en mayor medida como confiabilidad, es decir, que existe una certeza de que se tendrán máquinas que soporten los procesos establecidos por el laboratorio.

Para poder contar con alta confiabilidad, es necesario establecer mecanismos de aseguramiento de la calidad relacionada con los recursos técnicos y humanos, en este caso se presenta el macro proceso de Mantenimiento, que vela por la conservación de los niveles de referencia y las condiciones establecidas para la prestación del servicio.

El Mantenimiento se relaciona en forma directa con el numeral 6 de la norma³⁶, éste se divide en cuatro ítems, que son:

- a) Provisión de recursos: Máquinas y equipos en las condiciones necesarias para poder prestar el servicio de tal manera que se aumente la satisfacción del cliente y se cumpla con los requisitos establecidos.
- b) Recursos Humanos: Conjunto de personal técnico, administrativo y docente que realiza trabajos que afectan la conformidad del servicio prestado, se basa en la educación, formación, habilidades y experiencia.
- c) Infraestructura: Se debe determinar, proporcionar y mantener la infraestructura, incluyendo edificios, espacio de trabajo, equipo de proceso, software (programas de diseño, análisis masivo de datos, simulación, robótica y herramientas ofimáticas, entre otros) y sistemas de comunicación e información (bases de datos)
- d) Ambiente de trabajo: Se debe velar para que las condiciones ergonómicas no afecten la prestación de las clases, en términos del ruido, la temperatura, la humedad, la iluminación o las condiciones climáticas.

³⁶ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. *Documentación: Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos*. Bogotá: ICONTEC, 2008. p 3. (ISO 9001:2008)

Cuando se cuenta con un Sistema de Gestión de Calidad, se adoptan ocho principios que se relacionan con la prestación correcta del servicio y la satisfacción del cliente, estos principios son³⁷:

- a) **Enfoque al cliente:** Los estudiantes de las diversas facultades y universidades son lo más importante, ellos realizan retroalimentación del servicio prestado al finalizar cada semestre, a través del sistema de información del sitio web del laboratorio. Su punto de vista acerca del mantenimiento en el CTAI es recibido y analizado por los miembros del laboratorio.
- b) **Liderazgo:** Existen en el laboratorio unos lineamientos claros y una brújula de navegación, todas las personas saben para donde va la organización en términos de la Gestión del mantenimiento.
- c) **Participación del personal:** Cada una de las personas que trabajan en el laboratorio tiene voz y voto para expresar sus inquietudes e ideas de mejoramiento para el sistema de mantenimiento, tanto a nivel táctico como operativo.
- d) **Enfoque basado en procesos:** Los procesos garantizan interacción de forma transversal en las actividades y operaciones realizadas. Aquí se muestra cómo el proceso de mantenimiento se relaciona con diversas áreas como abastecimiento, prestación del servicio y planeación, entre otros.
- e) Enfoque de sistema para la gestión.
- f) **Mejora continua:** Se enfoca en las personas y la empresa, antes y después. Se fundamenta en la idea de que siempre estamos a la mitad del camino, y aún hay mucho que hacer para cumplir los objetivos. El mantenimiento en este caso se debe entender como un proceso que siempre es susceptible de hacerse de mejor manera.
- g) **Enfoque basado en hechos para la toma de la decisión:** Para la toma de decisiones es necesario documentarse, en este sentido se tienen claramente definidos unos indicadores de gestión del mantenimiento en el laboratorio.
- h) Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor

³⁷ Los principios en rojo tienen relación clara con el mantenimiento.

3.2 DESCRIPCIÓN DE MÁQUINAS, EQUIPOS E INSTALACIONES

3.2.1 Descripción General de máquinas, equipos e instalaciones

El CTAI, reconocido por ser un espacio orientado a la prestación de servicios académicos, se encuentra ubicado en el Edificio 4 localizado en la Calle 40 5-23 y cuenta con un área total 226.4 m². A continuación se describe detalladamente los espacios con los que cuenta el laboratorio, los utensilios y muebles que sirven de apoyo para la prestación del servicio y el sistema de seguridad industrial existente.

- **Generalidades**

- 1. Planta Física - Mobiliario**

El espacio del laboratorio se encuentra distribuido en 1 oficina para el Director del CTAI, 3 oficinas para el personal del laboratorio y 5 Salas de clase (SAP, CAD/CAM, CIM, Automatización y Robótica).

Una de las oficinas, destinada para la localización de los técnicos y auxiliares del laboratorio, se encuentra adecuada con 3 muebles, disponibles tanto para la ubicación de equipos de cómputo (2) como para la ubicación de impresoras y escáneres (1). Así mismo, se encuentra habilitado un depósito de insumos del laboratorio como marcadores, esferos, grapas y se encuentran disponibles elementos como llaves, equipos de cómputo, video beam, y algunas de herramientas de la maquinaria. Por otra parte, es importante tener en cuenta que el personal que ocupa esta oficina tiene la responsabilidad de brindar acceso al público que desea ingresar al laboratorio.

Las oficinas restantes se encuentran acondicionadas con muebles para el equipo de cómputo y trabajo individual, gavetas, sillas fijas y sillas ergonómicas, tomacorrientes regulados, tomacorrientes estándar y puntos de red para el acceso a Internet.

Por otra parte, el CTAI cuenta con un hall, iluminado por 7 lámparas con 4 tubos fluorescentes cada una, distribuidas de forma equidistante. En el hall se encuentran disponibles 4 armarios, para el almacenamiento de manuales, insumos, trabajos, materias primas y algunas herramientas de la maquinaria. Adicionalmente, con objeto de brindar una visualización más agradable del entorno y proporcionar una estadía agradable, se cuenta con elementos complementarios como sofás, plantas, mesas, canecas, libros, revistas, buzón de sugerencias y cartelera de anuncios.

El CTAI cuenta con un compresor Kaeser AT que se ubica en las afueras del edificio, en él se localiza un secador, tornillo sin fin, y tanque de almacenamiento de aire comprimido, cuya función es mantener una línea de presión de 7 bar, y que puede ser regulada posteriormente al interior del laboratorio, según sean las necesidades y requerimientos de las máquinas y equipos.

2. Servidores³⁸

El CTAI dispone de cuatro servidores soportados en Windows 2003 Server. Dos de los servidores son máquinas robustas, adquiridas aproximadamente 3 años atrás y con especificaciones que permiten garantizar excelente capacidad, memoria y procesador. Estos servidores son utilizados para el soporte de aplicaciones como SolidWorks®, MasterCam®, Arena®, AutoCad®, Promodel®, SAP®, entre otros. Así mismo, sustenta el software que se instala en cada una de las máquinas como Benchman®, Cosimir Control®, LabVIEW®, Automation Studio®, LINDO® y LINGO®. Estas aplicaciones se encuentran distribuidas en los dos servidores con el objetivo de evitar cargas altas. Por otra parte, los servidores restantes son utilizados como apoyo; estos servidores son equipos pequeños, que se han adaptado a Sistema Operativo Servidor, es decir, en ocasiones ejecutan la función de servidor. Sin embargo, estos equipos tienen menor carga, ya que no tienen las especificaciones para cumplir dicha tarea.

El buen funcionamiento de los servidores se garantiza mediante la revisión diaria del log de transacciones y el log de seguridad. Así mismo, es necesaria la inspección de los discos, los cuales, envían errores al log en caso de daño o emiten un sonido a través de un dispositivo de Hardware. Por otra parte, es necesario contar con un cableado estructurado y una regulación de corriente; por esta razón, en el laboratorio se cuenta con una UPS MGE 72-1610-00 de gran capacidad que soporta la mayoría de los equipos y los servidores, así, en caso de una caída de voltaje, se garantiza la reducción en los posibles daños que se pudieran generar en los dispositivos.

Periódicamente se realiza backup de la información de los usuarios del Departamento, con el fin de garantizar la disposición de la información. En caso de falla por parte de los servidores, se reinicia el sistema, se recuperan los programas que hayan sufrido algún problema y se reinstalan las aplicaciones necesarias.

3. Seguridad

El laboratorio cuenta con un sistema de seguridad compuesto por dos cámaras Domo ubicadas en el hall y 6 sensores de movimiento localizados tanto en el hall como en cada una de las salas. Por otra parte, se cuenta con un sistema de alarma conectada con la compañía de seguridad COLVISEG, este sistema es administrado y contratado por la Pontificia Universidad Javeriana.

³⁸ ENTREVISTA con Alex Ruiz, Soporte de Sistemas, Ingeniería Industrial. Bogotá, 14 de julio de 2010

4. Seguridad Industrial

Con el objetivo de prevenir posibles accidentes, el laboratorio ha definido y plasmado la ruta de evacuación, y ha ubicado 4 extintores SOLKAFLAM color blanco, con capacidad de 3700 gramos en el hall principal (2) y en la Sala CIM (2). En esta última, se encuentra habilitado un botiquín de primeros auxilios con elementos como agua oxigenada, algodón y gasa, entre otros.

Por otra parte, es de gran importancia identificar las características físicas, los elementos y mobiliario presentes en cada una de las salas del laboratorio y los elementos informáticos que permiten el logro de un mejor aprendizaje:

- **Sala SAP**

- 1. Planta Física**

La Sala SAP cuenta con un área total de 32.4 m², su iluminación esta soportada por 9 lámparas con 4 tubos fluorescentes cada una, dichas lámparas se encuentran distribuidas de forma equidistante. Tiene una red eléctrica de 120 V, con 48 tomacorrientes: 24 tomas reguladas y 24 tomas estándar; 12 puntos de red disponibles para la conexión a internet de los equipos en funcionamiento.

- 2. Mobiliario**

La Sala cuenta con 12 puestos de trabajo adecuados para el uso de un equipo de cómputo en cada uno de estos, un conjunto de sillas conformado por: 5 sillas ergonómicas con ruedas y 12 sillas estándar. Por otra parte, la Sala SAP dispone de elementos físicos para el desarrollo de las clases como tablero acrílico cuadriculado y mesa circular de acero inoxidable como soporte del video beam. Adicionalmente, posee 20 armarios empotrados disponibles para el almacenamiento de manuales, documentos, trabajos, materias primas, insumos, entre otros.

- 3. Aplicación – Software**

En la Sala SAP, se atienden cursos (Integración de Procesos con TI, Value Chain Simulation) orientados a la simulación de la cadena de suministros mediante el software ERP SAP®, para gestionar los diversos procesos de Abastecimiento, Producción, Ventas y Finanzas dentro de cualquier tipo de organización empresarial mediante el apoyo de herramientas informáticas y bases de datos. Igualmente, se realizan clases de simulación mediante el uso de software especializado (Promodel®, Arena®) para realizar modelación de los procesos productivos, además de software de análisis de datos (PASW Statistics 18®) para la validación de datos estadísticos en la elaboración de modelos de bienes como servicios.

- **Sala CIM**

- 1. Planta Física**

La Sala CIM cuenta con un área total de 62 m², su iluminación esta soportada por 19 lámparas con 4 tubos fluorescentes cada una, dichas lámparas se encuentran distribuidas de forma equidistante. Tiene una red eléctrica de 120 V, con 42 tomacorrientes: 10 tomas reguladas y 32 tomas estándar; y una red eléctrica de 220 V con 1 tomacorriente trifásico. Adicionalmente cuenta con 14 puntos de red disponibles para la conexión a internet de los equipos en funcionamiento.

Además, la Sala CIM cuenta con una red neumática conformada por 7 distribuidores lineales y en cuello de ganso regulados a una presión de 4 bar y una red hidráulica, las cuales abastecen de aire comprimido y recursos hídricos al Centro Integrado de Manufactura y la maquinaria presente en la sala.

- 2. Mobiliario – Equipos**

La Sala cuenta con 3 puestos de trabajo adecuados para el uso de un equipo de cómputo en cada uno de estos; y un conjunto de sillas conformado por: 2 sillas ergonómicas con ruedas, 11 sillas ergonómicas fijas y 6 armarios dispuestos para el depósito de insumos y materias primas.

La Sala CIM cuenta con 6 Tornos EMCO Unimat PC con su correspondiente caja – portaherramientas, la cual cuenta con los siguientes elementos:

- Bridas
- Brocha
- Buril cilindrado
- Cable de poder
- Calibrador
- Calza gruesa
- Calza delgada
- Copa 3 mordazas
- Copa 4 mordazas
- Cuchilla de tronzado
- Disco y plato divisor
- Escariador 6 mm
- Escariador 8 mm
- Fresa en T
- Fresa avellanador
- Llave boca fija 7 mm
- Llave boca fija 10 mm
- Llave brístol 4mm
- Llave brístol 3 mm
- Llave de copa 3 mordazas
- Llave de copa 4 mordazas
- Llave de mandril
- Mandril
- Mesa de fresado
- Palanca
- Porta pinzas
- Pinza 5-6mm
- Pinza 7-8 mm
- Torreta portaherramientas
- Prensa de fresado

Por otra parte, en la Sala CIM se dispone de los siguientes equipos: Torno EMCO PC TURN 125, Fresadora Benchman VMC 4000, Torno Winston BD 1340 y UPS MGE 72-1610-00 EPS 3012/2266. Así mismo, se cuenta con un Sistema MPS®PA conformado por una estación de filtrado, una estación de mezcla, una estación reactor y por último una estación de dosificado. Adicionalmente, en la Sala se encuentra habilitado el Centro Integrado de Manufactura conformado por el Sistema Robot MELFA Mitsubishi MV 2A, el Sistema Banda Transportadora y el Sistema Almacén Automático.

La Sala CIM dispone además de 1 banco hidráulico, que cuenta con los siguientes elementos:

- Bomba hidráulica
- Cilindros doble efecto hidráulico
- Estopa
- Mangueras
- Motores hidráulicos
- Pesas
- Reguladora de caudal
- Sensor de rodillo
- Sensor de presión
- Válvula 4/3 biestable
- Válvula 4/2 monoestable

Igualmente, se dispone de herramientas y equipos como prensa, esmeril, caladora, martillo, conjunto de tarrajas y seguetas que permiten el adecuado desarrollo de las clases.

3. Aplicación – Software

En la Sala CIM se dictan clases relacionadas con máquinas y equipos, además de fabricación por computador. Para su adecuado desarrollo es necesario contar con software especializado en Manufactura Asistida por Computador (CAM) y Control Numérico Computarizado (CNC) como CNC Benchman® y Cosimir Control®.

▪ Sala Automatización

1. Planta Física

La Sala de Automatización cuenta con un área total de 36 m², su iluminación esta soportada por 15 lámparas con 4 tubos fluorescentes cada una, dichas lámparas se encuentran distribuidas de forma equidistante. Tiene una red eléctrica de 120 V, con 33 tomacorrientes conformados por 21 tomas reguladas y 12 tomas estándar; y una red eléctrica de 220 V con 1 tomacorriente trifásico. Adicionalmente, posee 16 puntos de red disponibles para la conexión a internet de los equipos en funcionamiento.

Adicionalmente, la Sala de Automatización cuenta con una red neumática conformada por 8 distribuidores en cuello de ganso regulados a una presión de 4 bar; 4 de estos, se encuentran habilitados para cada uno de los bancos neumáticos disponibles para el desarrollo del aprendizaje.

2. Mobiliario

La Sala cuenta con 6 puestos de trabajo adecuados para el uso de 2 equipos de cómputo en cada uno de ellos, y 12 sillas estándar. Como se nombró anteriormente, la Sala de Automatización dispone de 4 bancos disponibles para el servicio académico. Cada uno de los bancos cuenta con una unidad de mantenimiento, mediante la cual se filtra (purga) el aire comprimido y se regula la presión del mismo a 2 bar. Para el desarrollo de las actividades se cuenta con: 4 bancos neumáticos y 4 bancos electro neumáticos.

Los bancos neumáticos están conformados por los siguientes elementos:

- Cilindros simple efecto
- Cilindros doble efecto
- Cilindros doble efecto magnético
- Cilindros con vástago fijo
- Cabezal de interruptor de vacío
- Detectores de proximidad magnéticos
- Mangueras y T's para la conexión y conducción de aire
- Manómetros
- Módulo de válvulas simultaneidad
- Módulo de válvulas selectoras
- Módulo de pulsadores 3/2 vías
- Módulo de válvulas 3/2 y 5/2 accionadas neumáticamente y retorno por muelle
- Módulo de válvula 5/2 vías con doble accionamiento neumático
- Módulo de paso tipo TAV
- Módulo de paso tipo AAA
- Sensor de anillo
- Temporizador N.C y válvula presosto
- Temporizador N.A y contador
- Tobero de succión de vacío
- Válvulas anti retorno estranguladoras
- Válvulas 3/2 vías accionadas por rodillo abatible
- Válvulas 5/2 vías accionadas por rodillo abatible
- Válvulas 3/2 vías accionadas por pulsador
- Válvulas 3/2 vías accionadas por interruptor de selección
- Válvulas 5/2 vías con doble accionamiento neumático
- Válvula selectora "O"
- Válvula simultaneidad "Y"
- Válvulas 3/2 vías accionadas por rodillo servo pilotada
- Válvulas 3/2 vías servo pilotada accionada por pulsador
- Válvulas 3/2 vías servo pilotada accionada por interruptor de selección
- Válvulas 5/2 vías accionada neumáticamente y retorno por muelle
- Válvula reguladora de presión con manómetro
- Válvula de escape rápido

Por otra parte, se dispone de 4 bancos electro neumáticos conformados por los siguientes elementos:

- Convertidor neumático – eléctrico
- Conexiones eléctricas para la conducción de electricidad.
- Contador con preselección
- Electroválvula 5/2 vías biestable
- Electroválvula 5/2 vías monoestable
- Electroválvula 3/2 vías monoestable
- Final de carrera eléctrico
- Indicador luminoso
- Módulo de pulsadores
- Sensor de proximidad inductivo
- PLC Twido
- Relé
- Temporizadores (conexión y desconexión)

Adicionalmente, con objeto de proporcionar herramientas que ayuden al mejoramiento del proceso de aprendizaje, se dispone de dos maletines FESTO DIDACTIC con fichas imantadas que representan las válvulas y los elementos de trabajo.

3. Aplicación – Software

En esta sala se busca el análisis del funcionamiento de los sistemas de energía aplicados en la automatización, en este caso mediante el uso de energía neumática, y energía eléctrica, aplicada en los bancos de trabajo. La configuración de Controladores Lógicos Programables (PLC) requiere el uso de software especializado, entre los cuales se cuenta con TwidoSoft® y Festo®. En esta sala se atienden cursos de Diseño Asistido por Computador (CAD) en temas relacionados como metodologías de diseño, expresión gráfica, fundamentos de geometría descriptiva y tecnología en el diseño, ésta última mediante el uso de software como SolidWorks® y AutoCad®.

▪ Sala CAD/CAM

1. Planta Física

La Sala CAD/CAM cuenta con un área total de 41 m², su iluminación esta soportada por 12 lámparas con 4 tubos fluorescentes cada una, dichas lámparas se encuentran distribuidas de forma equidistante. Tiene una red eléctrica de 120 V, con 26 tomacorrientes regulados y 10 tomacorrientes estándar y 13 puntos de red disponibles para la conexión a internet de los equipos en funcionamiento.

2. Mobiliario

La Sala tiene disponibles 12 puestos de trabajo adecuados para el uso de un equipo de cómputo en cada uno de ellos, y un conjunto de sillas conformado por 14 sillas ergonómicas con ruedas y 1

silla estándar. La Sala CAD/CAM dispone de elementos físicos para el desarrollo de las clases como tablero acrílico, televisor, VHS y mesa circular de acero inoxidable como soporte del video beam.

3. Aplicación – Software

Esta sala atiende cursos de Diseño Asistido por Computador (CAD) en temas relacionados como metodologías de diseño, expresión gráfica, fundamentos de geometría descriptiva y tecnología en el diseño, ésta última mediante el uso de software como SolidWorks® y AutoCad®. Así mismo, se brindan clases relacionadas con máquinas y equipos, además de fabricación por computador. Para su adecuado desarrollo es necesario contar con software especializado en Manufactura Asistida por Computador (CAM) y Control Numérico Computarizado (CNC), MasterCam®, CNC Benchman® y Cosimir Control® respectivamente.

▪ Sala de Robótica

1. Planta Física

La Sala de Robótica cuenta con un área total de 12.46 m², su iluminación esta soportada por 2 lámparas con 2 tubos fluorescentes cada una, dichas lámparas se encuentran distribuidas de forma equidistante. Por otra parte, cuenta además con un sistema de iluminación especial que ejerce la función de control en la trayectoria de los Robots y asiste la función de visión artificial (a través de una cámara de video); este sistema está compuesto por 2 reflectores de 220 V que son operados a través de un tablero de control ubicado en las afueras del CTAI.

Tiene una red eléctrica de 120 V, con 4 tomacorrientes regulados y 4 tomacorrientes estándar y 2 puntos de red disponibles para la conexión a internet de los equipos en funcionamiento.

2. Mobiliario

La Sala tiene disponibles 3 equipos de cómputo cuya responsabilidad recae en el Departamento de Ingeniería de Sistemas (2) y en el Departamento de Ingeniería Industrial (1), los cuales se encuentran ubicados en una mesa de trabajo. Adicionalmente, cuenta con un conjunto de sillas conformado por 3 sillas ergonómicas fijas y un gabinete de 4 puestos. La Sala de Robótica dispone de una mesa especial utilizada para las pruebas de campo de 10 Robots dispuestos por el Departamento de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ingeniería.

3. Aplicación – Software

La Sala de Robótica es utilizada para el desarrollo de proyectos de investigación de los Departamentos de Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Industrial e Ingeniería Electrónica a través de

Grupos de Investigación como SIRP - Sistemas Inteligentes, Robótica y Percepción. Los equipos disponibles en la Sala cuentan principalmente con Software específico proveniente de los Departamentos de la Facultad de Ingeniería, SolidWorks® y Microsoft Office®.

3.2.2 Jerarquización de máquinas equipos e instalaciones

El Centro Tecnológico de Automatización cuenta con cinco Salas (Sala CIM, Sala de Automatización, Sala SAP, Sala CAD/CAM, Sala de Robótica) reconocidas como un espacio de desarrollo de aprendizaje. Las Salas se encuentran acondicionadas con las máquinas y equipos necesarios para el adecuado desempeño de las asignaturas e investigaciones propias de cada Sala. Por esta razón, es de vital importancia reconocer las actividades llevadas a cabo en cada una de las Salas y el tiempo de uso de las mismas, con el objeto de identificar la importancia y criticidad de estos espacios en el desarrollo de la labor del CTAI. A continuación se relacionan las asignaturas dictadas en el CTAI y las Salas utilizadas para su ejecución.

Tabla 14. Asignaturas ofrecidas en las Salas del CTAI

Sala	Sala CIM	Sala de Automatización	Sala SAP	Sala	Sala CIM
Asignatura	Máquinas y Equipos	Procesos Industriales	Simulación de la Cadena de Valor	Máquinas y Equipos	Grupos de Investigación Departamento Ingeniería Electrónica
	Manufactura Flexible	Manufactura Integrada por Computador	Optimización de Operaciones	Manufactura Flexible	Grupos de Investigación Departamento Ingeniería de Sistemas
	Fabricación por Computador	Procesos Básicos de Manufactura	Simulación	Fabricación por Computador	
	Procesos Industriales	Procesos Avanzados de Manufactura	Diseño de Experimentos	Integración de Procesos con TI	
	Procesos Básicos de Manufactura			Estadística Administradores	
	Manufactura Integrada por Computador			Procesos Industriales	

Fuente: Los Autores

Teniendo en cuenta las diferentes actividades y asignaturas que se desarrollan en las Salas del Centro Tecnológico de Automatización Industrial, se reconoce la importancia de identificar la frecuencia de uso de cada una de ellas con el objetivo de jerarquizarlas respecto a su impacto en el desarrollo de las actividades del CTAI. Según datos históricos del Segundo Semestre del año

2009³⁹ (Anexos 5-11), Estudiantes, Docentes e Investigadores acudieron a las Salas con la siguiente frecuencia:

Tabla 15. Frecuencia de Uso del Compresor y las Salas del CTAI

Sala	Frecuencia (h)	%
Compresor - Kaeser	3024	49,6%
Sala Automatización	1101	18,1%
Sala CIM	985	16,2%
Sala CAD / CAM	641	10,5%
Sala SAP	251	4,1%
Sala Robótica	90	1,5%
Total	6092	

Fuente: Los Autores

Como se ha nombrado anteriormente, el CTAI cuenta con un Compresor – Kaeser ubicado en las afueras del laboratorio, por lo cual no se ha clasificado en una sala en particular. La función de regulación de la presión a 7 bar que cumple el compresor es de vital importancia para el funcionamiento del CTAI, por esta razón, este equipo se encuentra trabajando las 24 horas del día a pesar de que el laboratorio este inactivo. Por otra parte, se pretende identificar la frecuencia de uso de cada una de las salas (Tabla 16) a fin de determinar su importancia al interior del Laboratorio.

Tabla 16. Frecuencia de Uso de las Salas del CTAI

Sala	Frecuencia (h)	%
Sala de Automatización	1101	35,9%
Sala CIM	985	32,1%
Sala CAD / CAM	641	20,9%
Sala SAP	251	8,2%
Sala de Robótica	90	2,9%
Total	3068	100%

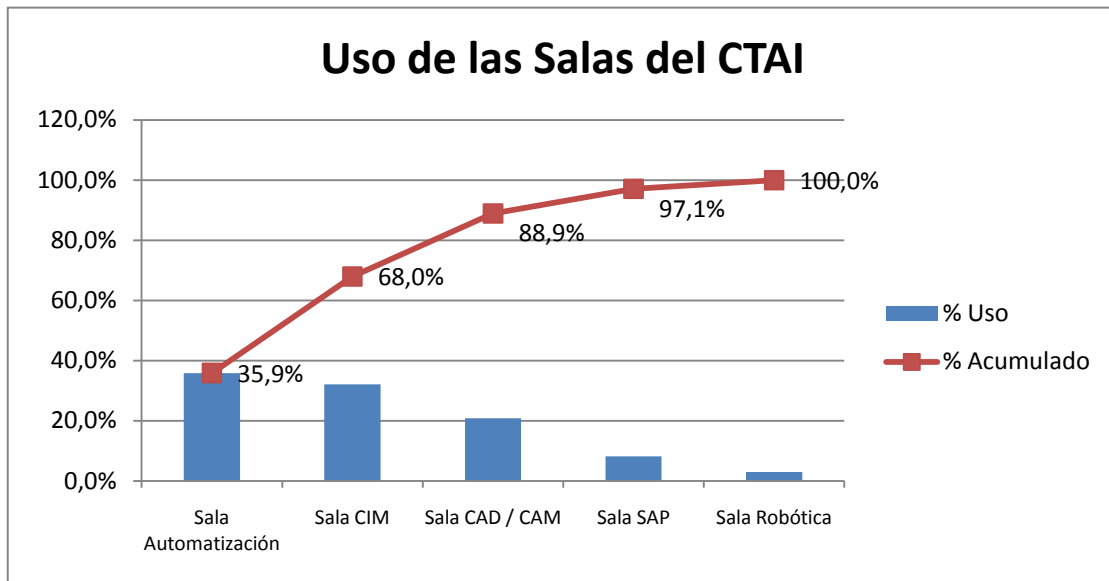
Fuente: Los Autores

Como se puede observar en la Gráfica 6, la Sala de Automatización y la Sala CIM representan el 68% del uso de las Salas del CTAI. Por otra parte, la Sala CAD/CAM ocupa el tercer lugar en

³⁹ SISTEMA DE INFORMACIÓN. Prestación de Servicios. Centro Tecnológico de Automatización Industrial. Bogotá. 16 de Julio de 2010.

importancia con un total de 20,9%, aunque esta sala cuenta únicamente con equipos de cómputo, su ubicación en el CTAI permite la utilización de estos elementos como un apoyo a las actividades que se llevan a cabo en la Sala CIM. La Sala SAP representa el 8,2% del uso del laboratorio. Así mismo, la Sala de Robótica tiene una participación de 2,9%, su baja frecuencia se debe a que está destinada a labores de Investigación, por lo tanto, es usada de acuerdo a las necesidades de los Investigadores y no de forma constante y estable.

Gráfica 6. Uso de las Salas del CTAI



Fuente: Los Autores

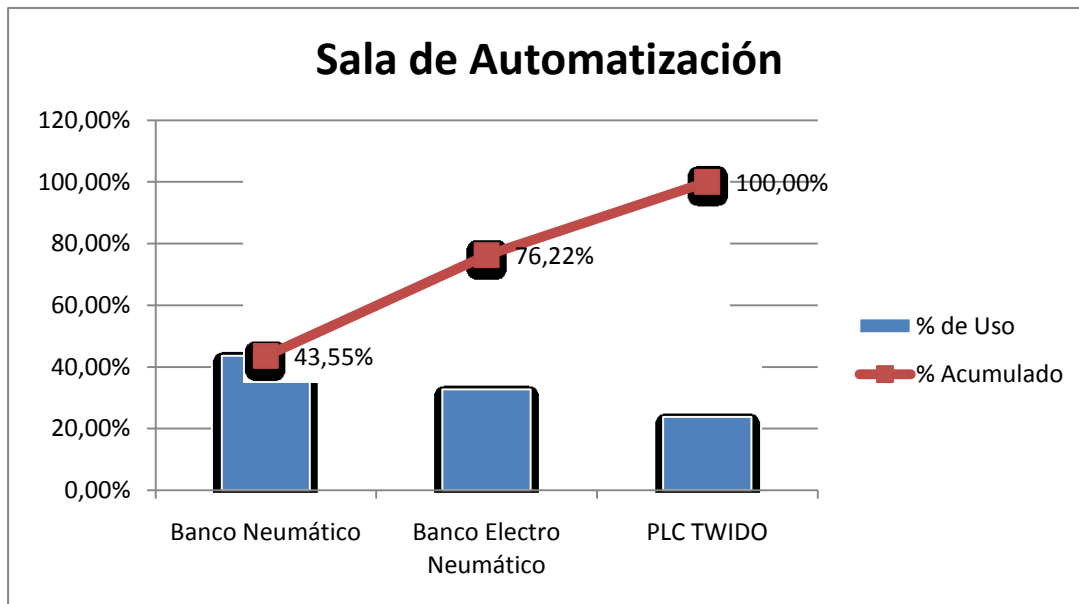
Teniendo en cuenta la importancia que representan tanto la Sala de Automatización como la Sala CIM para el Centro Tecnológico de Automatización Industrial, es necesario identificar la frecuencia de uso de cada uno de los equipos que hacen parte de estas Salas y determinar su importancia para el laboratorio. En primer lugar, la Sala de Automatización cuenta con Bancos Neumáticos, Bancos Electro Neumáticos y PLC Twido como equipos principales para la ejecución de asignaturas como Procesos Industriales, Manufactura Integrada por Computador, Procesos Básicos de Manufactura y Procesos Avanzados de Manufactura, principalmente. A continuación se detallan las horas de clase y horas de práctica en que fueron usados los equipos de la Sala de Automatización.

Tabla 17. Uso de los equipos de la Sala de Automatización

Máquina	Horas de Clase	Horas Práctica Libre	Total Horas
Banco Neumático	272	140	412
Banco Electro neumático	169	140	309
PLC Twido	85	140	225

Fuente: Los Autores

Gráfica 7. Uso de los equipos de la Sala de Automatización



Fuente: Los Autores

Como se puede observar en el Gráfico 7, el Banco Neumático y el Banco Electro Neumático impactan en el 76,22% de las actividades llevadas a cabo en la Sala de Automatización. Sin embargo, es importante resaltar que el PLC Twido es de gran importancia para la aplicación de conocimientos en algunas asignaturas pero es utilizado frecuentemente en la culminación del periodo Universitario.

Por otra parte, en la Sala CIM se encuentra el sistema conformado por el Robot MELFA Mitsubishi RV 2A, el Almacén automático y la Banda Transportadora. Así mismo, a través de equipos como el Torno EMCO PC TURN 125, la Fresadora Benchman VMC4000 y los Tornos EMCO Unimat PC se apoya el aprendizaje en asignaturas como Máquinas y Equipos, Manufactura Flexible,

Manufactura Integrada por Computador y Procesos Básicos de Manufactura, principalmente. En la Tabla 18 se detalla la frecuencia de uso de los equipos localizados en la Sala CIM.

Tabla 18. Uso de la UPS y los equipos de la Sala CIM

Sala CIM		
Máquina	Frecuencia (h)	%
UPS MGE 72-1610-00	3024	76,75%
Fresadora Benchman	254	6,45%
Torno EMCO PC TURN 125	170	4,31%
Torno EMCO Unimat PC	197	5,00%
Robot MELFA Mitsubishi	105	2,66%
Banda Transportadora	62	1,57%
Almacén Automático	62	1,57%
Torno BD Manual	54	1,37%
Banco Hidráulico	12	0,30%
MPS® Filtrado	0	0,00%
MPS® Reactor	0	0,00%
MPS® Mezcla	0	0,00%
MPS® Dosificación	0	0,00%
Total	3940	100%

Fuente: Los Autores

Teniendo en cuenta los resultados de la Tabla 18 es pertinente reconocer la importancia que tiene la UPS MGE 72-1610-00 en el funcionamiento del CTAI. Al igual que el Compresor Kaeser, la UPS se encuentra trabajando 24 horas en el día para garantizar el suministro de energía eléctrica a todos los equipos que hacen parte del laboratorio. Por esta razón, estos dos equipos se caracterizan con prioridad alta y jerárquicamente ocupan las posiciones de mayor importancia para el laboratorio.

Por otra parte, es importante determinar el impacto de los demás equipos pertenecientes a la Sala CIM, teniendo en cuenta la frecuencia de uso de los mismos. Como se puede observar en la Tabla 19, la Fresadora Benchman VMC4000, Torno EMCO PC TURN 125, los Tornos EMCO Unimat PC y el Robot MELFA Mitsubishi representan el 84,08% de las actividades realizadas en esta sala; mientras que los demás equipos se utilizan como apoyo en algunas asignaturas durante un periodo corto de tiempo, por esta razón únicamente constituyen el 15,92% de la frecuencia de uso de la Sala CIM. Así mismo, es significativo resaltar que aunque las estaciones MPS® adquiridas recientemente por la Pontificia Universidad Javeriana no se encuentran en uso actualmente, se debe tener en cuenta su importancia futura en la ejecución de algunas actividades en asignaturas como Manufactura Flexible y Procesos Industriales.

Tabla 19. Uso de los equipos de la Sala CIM

Sala CIM		
Máquina	Frecuencia (h)	%
Fresadora Benchman	271	30,04%
Torno EMCO Unimat PC	199	22,06%
Torno EMCO PC TURN 125	187	20,73%
Robot MELFA Mitsubishi	105	11,64%
Torno BD Manual	62	6,87%
Almacén Automático	62	6,87%
Banda Transportadora	8	0,89%
Banco Hidráulico	8	0,89%
MPS® Filtrado	0	0,00%
MPS® Reactor	0	0,00%
MPS® Mezcla	0	0,00%
MPS® Dosificación	0	0,00%
	902	

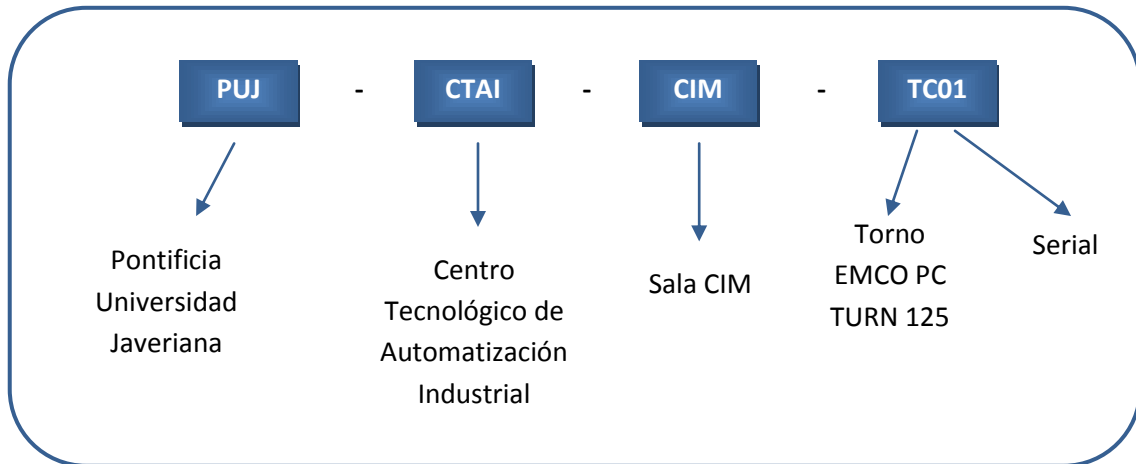
Fuente: Los Autores

3.2.3 Clasificación y codificación de máquinas, equipos e instalaciones

La codificación es una herramienta que permite garantizar la trazabilidad de los procesos a través de un código único para cada una de las máquinas y equipos; la identificación de la maquinaria es una de las premisas principales en la implementación de un plan de mantenimiento asistido por computador, ya que permite verificar el estado de la máquina y las actividades de mantenimiento correspondientes, entre otros. La clasificación y codificación de las máquinas y equipos se realiza teniendo en cuenta el análisis de criticidad. Así mismo, el código utilizado responde a las iniciales del nombre de la máquina y la ubicación al interior del laboratorio. Igualmente, es necesario identificar cada uno de los sistemas que componen la maquinaria buscando facilitar los procesos de mantenimiento preventivo y la identificación de fallas potenciales.

Para lograr una mayor comprensión de los códigos utilizados, en la Figura 9 se desarrolla un ejemplo relacionado con la codificación Torno EMCO PC TURN 125:

Figura 9. Codificación Torno EMCO PC TURN 125



Fuente: Los Autores

Como se puede concluir a partir de la Figura 9, el primer término está relacionado con el código de la Pontificia Universidad Javeriana. En segundo lugar se destaca la ubicación del equipo en el Edificio 04 reconocido como Centro Tecnológico de Automatización Industrial. En tercer lugar se expresa la Sala en la que se encuentra el equipo, esta puede ser: Sala CIM (CIM), Sala de Automatización (AUT), Sala CAD/CAM (CAD), Sala SAP (SAP) o Sala de Robótica (ROB). Finalmente, el último término está compuesto por el código del equipo y el serial, es decir, el consecutivo de los equipos que cumplen exactamente las mismas especificaciones.

De igual forma, la codificación de los equipos contempla cada uno de los sistemas que lo componen, destacándose principalmente el Sistema de Lubricación, Sistema Eléctrico, Sistema Mecánico, Sistema de Refrigeración, Sistema Neumático, Sistema de Transmisión, Sistema de Seguridad y Sistema de Filtrado, principalmente. Cada uno de los sistemas que componen el equipo se encuentra codificado y precedido por el código del equipo al cual pertenece.

Cada una de las máquinas y equipos que hacen parte del Centro Tecnológico de Automatización Industrial cuenta con un código correspondiente, de acuerdo a las características nombradas anteriormente. La codificación de la maquinaria puede ser observada en el Anexo 12

4. FASE DE IMPLEMENTACIÓN

4.1 DISEÑO DE REGISTROS

GENERALIDADES

1) TIPO DE USUARIO

Por seguridad, el Sistema de Información deshabilita por defecto parte del contenido de la base de datos. Por esta razón, es de vital importancia que el usuario habilite inmediatamente el contenido de las macros, con el fin de acceder al sistema correctamente.

Figura 10. Cuadro de diálogo: Tipo de Usuario



Fuente: Los Autores

2) AYUDA

El Sistema de Información TPM cuenta con diferentes botones de mando y formularios. En caso de que el usuario presente dudas en el uso del sistema, puede recurrir al Formulario de Ayuda, en el cual, podrá verificar el procedimiento correspondiente a cada una de las funciones del sistema de acuerdo a las siguientes secciones:

- ☛ Sección: Codificación y Hojas de Vida
- ☛ Sección: Protocolos de Encendido

- ☛ Sección: Protocolos de Calibración
- ☛ Sección: Periodicidad de Sistemas de Mantenimiento de Máquinas
- ☛ Sección: Reportes de Mantenimiento de Máquinas
- ☛ Sección: Reporte de Hallazgos
- ☛ Sección: Abastecimiento
- ☛ Sección: Indicadores de Gestión

Una vez el usuario ha identificado el módulo de su interés, puede verificar en el documento las instrucciones específicas para ejecutar las funciones del mismo. Para acceder a la información es indispensable tener en cuenta las siguientes instrucciones:

- ☛ Haga doble clic en el botón señalado:

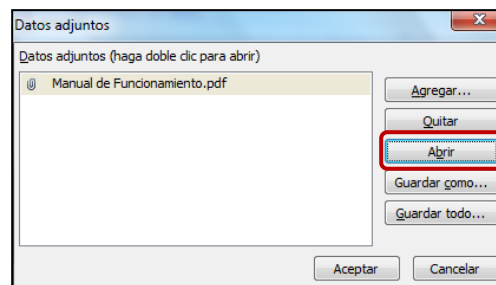
Figura 11. Cuadro de diálogo: Ayuda



Fuente: Los Autores

- ☛ Haga clic en “Abrir”:

Figura 12. Cuadro de diálogo: Datos adjuntos



Fuente: Los Autores

MÓDULO: Codificación/Hojas de Vida/P. Encendido/P. Calibración

1) CODIFICACIÓN CTAI

El Centro Tecnológico de Automatización Industrial se ha caracterizado por el mejoramiento continuo y la búsqueda constante de las mejores alternativas que permitan proporcionar un mejor servicio para los usuarios. En consecuencia, el laboratorio realiza la adquisición de nuevas máquinas y equipos para el aprendizaje de los estudiantes y el desarrollo de proyectos. Es necesario que a dichos equipos se les asigne un código de identificación, mediante el cual, se reconocerán las tareas propias de Mantenimiento, garantizando la trazabilidad de los procesos relacionados con la maquinaria adquirida.

Para el proceso de codificación, es importante elegir correctamente el nombre y código de la sala en la que se encuentra ubicado el equipo. Así mismo, se debe seleccionar su prioridad (BAJA, MEDIA, ALTA), teniendo en cuenta su impacto en el desarrollo de las actividades del laboratorio.

Es responsabilidad del usuario digitar el nombre del equipo y su respectivo código. Dicho código debe empezar con dos letras mayúsculas relacionadas con el nombre de la nueva máquina, seguidas sin espacios de un número serial que inicia en 01.

Figura 13. Registro: Codificación de máquinas

Para ingresar el Código Final del Equipo, por favor tenga que en cuenta que todos los códigos se deben escribir de la siguiente manera:

PUJ-CTAI-(Código de la sala)-(Código del equipo)

Código Final del Equipo:	<input type="text" value="PUJ-CTAI-"/>	Código de la Sala:	<input type="text" value="Por favor, seleccione"/>
Nombre de la universidad:	<input type="text" value="Pontificia Universidad Javeriana"/>	Nombre del equipo:	<input type="text"/>
Código de Universidad:	<input type="text" value="PUJ"/>	Código del equipo:	<input type="text"/>
Nombre del edificio:	<input type="text" value="Centro tecnológico de Automatización Industrial"/>	Prioridad:	<input type="text" value="Por favor, seleccione"/>
Código del edificio:	<input type="text" value="CTAI"/>		
Nombre de la Sala:	<input type="text" value="Por favor, seleccione"/>		

GUARDAR

Fuente: Los Autores

2) HOJA DE VIDA

Las máquinas y equipos del laboratorio cuentan con diferentes características que se especifican en las hojas de vida de acuerdo a la siguiente estructura:

- ☛ **Generalidades:** Código del Equipo, Nombre Genérico, Marca, Funcionalidad, Fecha de Ingreso, Fecha de puesta en marcha, Área que ocupa, Altura, Tipo de Alimentación, Tensión, Peso, Responsable de la operación, Anclaje, Tipo de Mantenimiento y Prioridad.
- ☛ **Operación:** Los aspectos de operación difieren entre una y otra máquina como consecuencia directa de su naturaleza
- ☛ **Proveedores y Documentación:** Nombre del proveedor, País de Origen, Representante en Colombia, Manual técnico, Ubicación, Referencia.
- ☛ **Indicadores de Seguridad Industrial:** Factor de Riesgo, Indicador, Observaciones y/o recomendaciones.

Los manuales técnicos se han digitalizado en su totalidad a fin de lograr mayor disponibilidad y preservación de la información. En caso de que el usuario desee verificar aspectos específicos de la máquina o remitirse a algún manual de operación, es necesario seleccionar la fotografía del equipo que desea ver.

Figura 14. Registro: Hojas de Vida

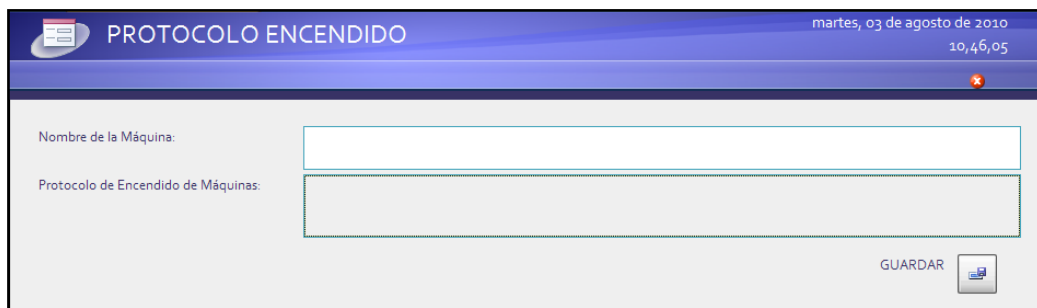


Fuente: Los Autores

3) PROTOCOLO DE ENCENDIDO

En caso de adquisición de nueva maquinaria, es de vital importancia diseñar el correspondiente protocolo de encendido, el cuál será el punto de referencia para estudiantes o usuarios inexpertos. De esta manera, se pretende reducir el índice de daños por fallas en el proceso de puesta en marcha del equipo. Para cargar el protocolo de encendido (debe estar en .pdf) en el sistema debe registrar el nombre de la máquina y hacer doble clic en el espacio diseñado para el documento.

Figura 15. Registro: Protocolos de encendido

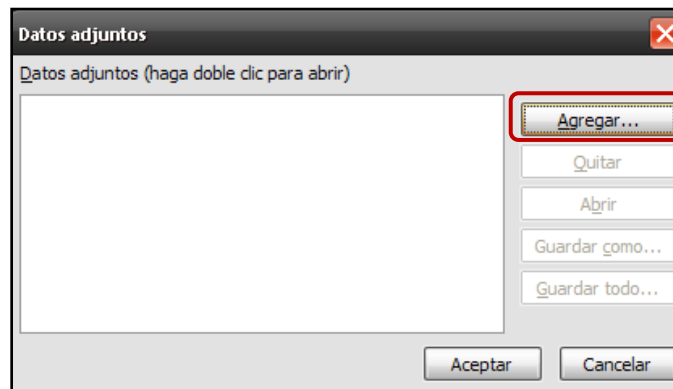


The screenshot shows a web application interface for recording start-up protocols. The title bar reads 'PROTOCOLO ENCENDIDO' and includes the date 'martes, 03 de agosto de 2010' and the time '10,46,05'. The main area contains two input fields: 'Nombre de la Máquina:' and 'Protocolo de Encendido de Máquinas:'. A 'GUARDAR' button with a save icon is located at the bottom right.

Fuente: Los Autores

➡ Posteriormente, haga clic en Agregar.

Figura 16. Cuadro de diálogo: Agregar datos adjuntos

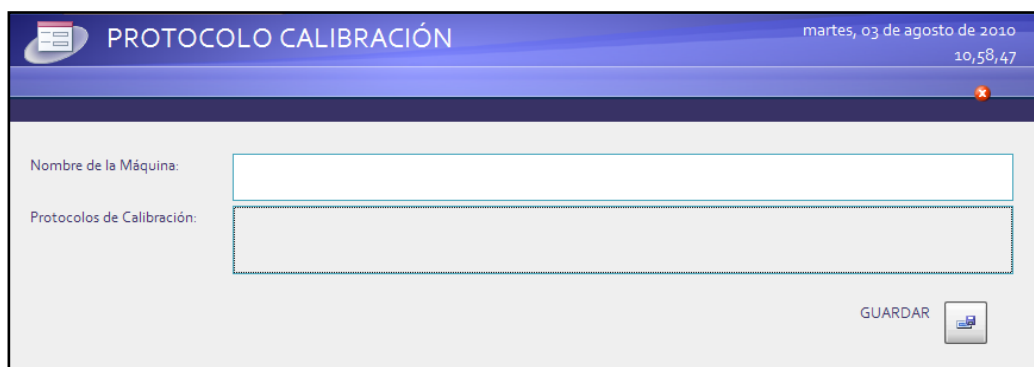


Fuente: Los Autores

4) PROTOCOLO DE CALIBRACIÓN

El proceso de calibración es de gran importancia para garantizar el buen funcionamiento de los equipos, ya que permite certificar que la maquinaria cumple con los requisitos para su operación. Por tal motivo, es necesario diseñar los protocolos de calibración para las máquinas que han sido adquiridas por el laboratorio. Para cargar el protocolo de encendido (debe estar en .pdf) en el sistema debe registrar el nombre de la máquina y hacer doble clic en el espacio diseñado para el documento.

Figura 17. Registro: Protocolos de calibración



Fuente: Los Autores

➤ Posteriormente, haga clic en Agregar... Véase Figura 15.

MÓDULO: Periodicidad de Sistemas de Mantenimiento / Reportes de Mantenimiento

1) MANTENIMIENTO DE SISTEMAS

Como se ha nombrado anteriormente, el laboratorio se encuentra en constante búsqueda de máquinas y equipos que representen oportunidades de aprendizaje para los Estudiantes. En consecuencia, el sistema de información debe permitir la caracterización de los sistemas de las nuevas máquinas e incluso anexas sistemas de mantenimiento a los equipos en funcionamiento. Actualmente, el sistema de Información cuenta con los siguientes sistemas y sus respectivos códigos⁴⁰.

⁴⁰ El usuario debe tener presente los nombres y códigos de los actuales Sistemas de Información, con el fin de ingresar adecuadamente la información.

Tabla 20. Sistemas de Mantenimiento

Nombre del Sistema	Código del Sistema
Caja de Herramientas	CH
Sistema de Lubricación	LU
Sistema de Comunicación	CO
Sistema de Control	SE
Sistema de Fallos	FA
Sistema de Procesamiento de Datos	PD
Sistema de Refrigeración	RE
Sistema de Transmisión	TR
Sistema Eléctrico	EL
Sistema Mecánico	ME
Sistema Neumático	NE

Fuente: Los Autores

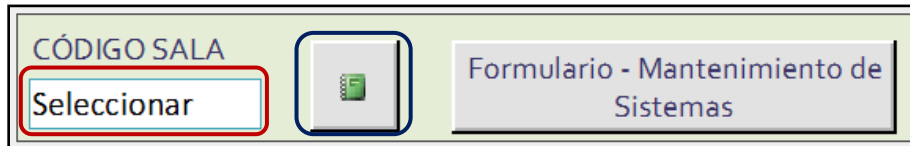
Si el usuario desea agregar un nuevo sistema de Mantenimiento, debe tener en cuenta que el código inicia con dos letras mayúsculas relacionadas con el nombre del sistema, seguido de un número serial. Así mismo, es posible adicionar nuevas tareas de mantenimiento a los equipos existentes, especificando claramente la periodicidad en que se ejecutará la tarea, la descripción de la misma y la fecha en que se realizará dicha actividad de Mantenimiento.

Figura 18. Registro: Mantenimiento de Sistemas

Fuente: Los Autores

Por otra parte, el usuario puede visualizar las actividades de mantenimiento correspondientes a cada una de las salas de acuerdo a su interés. Para ejecutar dicha función, seleccione en el menú desplegable del formulario *INICIO* la sala de la cual desea visualizar las máquinas y sus respectivos sistemas de mantenimiento. Posteriormente haga clic en el botón de ingreso al formulario, que se observa en azul.

Figura 19. Acceso a las tareas de mantenimiento según la sala, en el Formulario INICIO



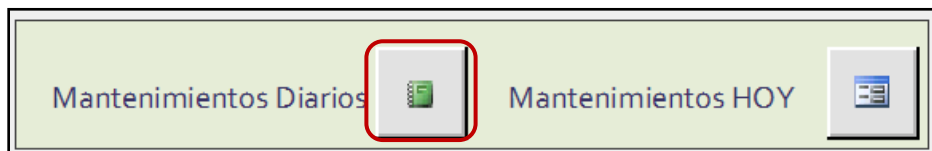
Fuente: Los Autores

2) MANTENIMIENTOS DIARIOS

Informe diseñado con el fin de comunicar al colaborador de mantenimiento las tareas que se deben realizar diariamente en cada una de las máquinas; dichas actividades, dada su periodicidad están orientadas a la inspección, requieren poco esfuerzo físico y no demandan el diligenciamiento del respectivo reporte de mantenimiento.

Para acceder a la información, Haga clic en “Mantenimientos diarios” del formulario *INICIO*, se abrirá un informe con Las tareas de mantenimiento (éste informe se ejecuta automáticamente cuando se inicia el sistema de información, sin embargo, el usuario lo puede cerrar cuando desee)

Figura 20. Acceso al informe: Mantenimientos Diarios, en el Formulario INICIO



Fuente: Los Autores

3) MANTENIMIENTOS PROGRAMADOS

Las tareas de Mantenimiento Preventivo de los equipos se han caracterizado de acuerdo a sus sistemas y la periodicidad en que deben ser ejecutadas (Semanal, Mensual, Trimestral,

Semestral, Anual o Bianual). En el Sistema de Información se encuentran registradas las fechas en que deben llevarse a cabo dichas tareas así como su respectiva periodicidad. De esta manera, una vez se ha ejecutado la actividad y se ha diligenciado el correspondiente reporte de Mantenimiento, el Sistema actualiza la nueva fecha de mantenimiento de acuerdo a las características de la Tarea.

Una vez el usuario ingresa al formulario, puede verificar cuales son los equipos que debe inspeccionar, así como la descripción clara de la tarea de Mantenimiento que debe ejecutar a la fecha.

Figura 21. Registro: Mantenimientos Programados

Código Final del Equipo	Nombre del equipo	Observaciones	Fecha
PUJ-CTAI-CIM-TB01	Torno Winston BD - 1340 Bench Lathe 01	Revisar entrada y flujo de aire comprimido en el sistema.	03/08/2010

Fuente: Los Autores

4) INGRESO DE CÓDIGO Y NOMBRE DE LA MÁQUINA

Para ejecutar el diligenciamiento del reporte de mantenimiento, el usuario debe digitar el nombre del equipo (o una frase representativa del equipo, no es necesario el nombre completo o referencias numéricas) al que le desea realizar un reporte de Mantenimiento y hacer clic en Aceptar.

Figura 22. Cuadro de diálogo: Nombre de la máquina

Introduzca el valor del parámetro

Escriba el nombre del equipo para realizar el Reporte de Mantenimiento

Aceptar Cancelar

Fuente: Los Autores

Posteriormente la función *Ingreso de código y máquina* realiza un búsqueda exhaustiva en los registros del sistema de información y presenta al usuario las opciones de los equipos

en la zona inferior, dichos nombres concuerdan con los apartes descritos en el cuadro de dialogo inmediatamente anterior. Posteriormente, se procede a seleccionar la opción correcta y hacer clic en el botón INGRESAR.

Figura 23. Registro: Ingreso de código y nombre de la máquina

Código Final del Equipo	Nombre del Equipo
PUJ-CTAI-CIM-TB01	Torno Convencional BD 1340
PUJ-CTAI-CIM-TC01	Torno de Control Numérico

Fuente: Los Autores

5) REPORTES DE MANTENIMIENTO

Uno de los objetivos principales de la Gestión de Calidad es garantizar la trazabilidad de los procesos, especificando claramente los responsables de las actividades y la fecha de realización de las mismas. Los reportes de mantenimiento surgen dada la importancia de reconocer las actividades realizadas por los colaboradores, en cuáles equipos y en qué momento.

En el diligenciamiento del reporte, el usuario debe elegir el tipo de mantenimiento realizado, teniendo en cuenta que las tareas ejecutadas que han sido programadas o se efectúan por inspección se clasifican como Mantenimiento Preventivo, por el contrario, algunas actividades que se ejecutan debido a inconvenientes imprevistos con la maquinaria pertenecen a tareas de Mantenimiento Correctivo. Es importante resaltar, que el proyecto busca reducir el índice de tareas de naturaleza correctiva, con el apoyo de la filosofía preventiva. Por otra parte, se deben registrar todos los insumos y consumibles utilizados en el mantenimiento, ya sea correctivo o preventivo. De esta manera, es posible identificar la periodicidad relacionada al cambio de herramientas o piezas de las máquinas.

Las tareas de mantenimiento pueden ser de carácter auditivo cuando se verifican las vibraciones o sonidos de la maquinaria, de carácter visual si se relacionan con actividades de inspección, o de carácter manual si las tareas implican el uso de las extremidades

superiores. Así mismo, las tareas de mantenimiento se pueden llevar a cabo por cumplimiento del programa de Mantenimiento Preventivo o por inspecciones dispuestas por el Sistema de Gestión de Calidad. Los reportes de mantenimiento deben especificar el tipo de inspección realizada (selección de una o varias opciones), así como la justificación de la misma. Adicionalmente, el usuario debe especificar si el mantenimiento fue de carácter interno o externo, básico o riguroso. Igualmente, debe describir detalladamente las actividades de mantenimiento realizadas y el tiempo necesario para su cumplimiento.

En algunas ocasiones las causas de las fallas ocurridas en la maquinaria debieron detectarse como parte del programa de Mantenimiento Preventivo. Por tal razón, el usuario debe registrar en el reporte de Mantenimiento (En caso de ser Correctivo) si la falla encontrada pudo haberse detectado. En tal caso, deben realizarse modificaciones a las tareas de Mantenimiento Preventivo para evitar dichas fallas a futuro.

Por otra parte, se debe conocer el costo asociado a la tarea de Mantenimiento, ya sea de carácter preventivo o correctivo, en cuanto a Mano de Obra, insumos requeridos y Mantenimiento Externo (en caso de ser requerido). Gracias a estos registros es posible determinar la proporción del presupuesto de mantenimiento que ha sido destinado para tareas de mantenimiento correctivo, dicho índice, se pretende reducir con el programa de mantenimiento TPM del laboratorio.

Figura 24. Registro: Reportes de Mantenimiento

The screenshot shows a web application interface for recording maintenance reports. The title bar reads 'Reportes de Mantenimiento' and the date/time is 'viernes, 13 de agosto de 2010 15:26:53'. The form is divided into several sections:

- Equipment Information:** 'Código Final del Equipo:' (PUJ-CTAI-CIM-ES01), 'Nombre del Equipo:' (Esmeril).
- Maintenance Type:** 'Tipo de Mantenimiento:' (Correctivo).
- Inspection Details:** 'Detalle de Inspección:' with checkboxes for 'Tipo de Inspección Auditiva' (checked), 'Tipo de Inspección Visual', 'Tipo de Inspección Manual', 'Tipo de Inspección Calidad', and 'Tipo de Inspección Cronograma'.
- Maintenance Characteristics:** 'Mantenimiento Externo' (checked), 'Mantenimiento Interno', 'Mantenimiento Básico', and 'Mantenimiento Riguroso' (checked).
- Time and Personnel:** 'Tiempo de Mantenimiento:' (1), 'Mantenimiento realizado por:' (empty).
- Observations and Date:** 'Observaciones:' (empty), 'Fecha de Mantenimiento:' (30/07/2010).
- Tools and System:** 'Herramientas Utilizadas:' (empty), 'Sistema de Mantenimiento:' (Sistema de Procesamiento de datos).
- Costs:** 'Falla Evitable:' (Sí), 'Costo Total de Mantenimiento (Mano de Obra+Insumos+M.Externo):' (empty).
- Other Fields:** 'ID:' (88).

A 'GUARDAR' button is located at the bottom right of the form.

Fuente: Los Autores

Así mismo, es posible enviar por correo electrónico los reportes de mantenimiento que se han realizado entre una fecha inicial y una fecha final, para ejecutar dicha función:

- Ingrese las fechas de Inicio y Final, luego haga clic en el botón que se muestra con azul.

Figura 25. Acceso a envío de correos con los reportes de mantenimiento, en el Formulario INICIO

Fuente: Los Autores

- Posteriormente, se abrirá una ventana emergente de *Microsoft Outlook*® que tendrá cargado el archivo como adjunto y que está exportado en *Microsoft Excel*®, el usuario sólo debe hacer clic en el botón enviar. Puede modificar la redacción del e-mail si así lo desea.

6) CONSULTA DE REPORTES POR MÁQUINA

El Asesor de mantenimiento puede verificar en cualquier momento las tareas que han sido ejecutadas en una máquina en particular. Como una garantía de la trazabilidad en los procesos, el sistema de información permite al usuario consultar los reportes de mantenimiento por cada una de las máquinas y enviar el resultado a la persona interesada por correo electrónico. Para acceder a la información, el usuario debe seguir las siguientes instrucciones:

- Establezca como en los pasos anteriores, fecha de inicio y fecha final, luego seleccione en el menú desplegable la máquina que desea ver. Posteriormente, haga clic en el botón indicado en azul, para visualizar un informe digital de los reportes realizados con la máquina que ha sido seleccionada. Así mismo, haciendo clic en el botón en verde el usuario podrá enviar este reporte, el reporte se ha generado en extensión .pdf. Se abrirá una ventana emergente de *Microsoft Outlook*® que tendrá cargado el archivo como adjunto. Sólo debe hacer clic en el botón enviar. Puede modificar la redacción del e-mail o cambiar los destinatarios si así lo desea.

Figura 26. Acceso a consulta de reportes de mantenimiento por máquina, en el Formulario INICIO

Fuente: Los Autores

7) REPORTES DE MANTENIMIENTO NO REALIZADOS

El diligenciamiento de los reportes de Mantenimiento está relacionado directamente con la ejecución de las tareas de mantenimiento a la fecha. Es decir, cuando no se registra la información en los reportes, se podrá concluir que la actividad no se llevo a cabo en la momento previsto. Esta situación se puede presentar por ausencia de insumos necesarios para la tarea, inconvenientes con la disposición de tiempo del personal o debido a que la actualización de la fecha de mantenimiento por parte del sistema de información se generó en un día no laboral.

Para lograr garantizar la trazabilidad de los procesos y el diligenciamiento de los reportes de mantenimiento, la función *reportes no realizados* permite al usuario verificar cuáles reportes y por ende tareas de mantenimiento no han sido ejecutadas, y diligenciar cuál será la nueva fecha de Mantenimiento para dicha actividad. Una vez registrada la próxima fecha, las actividades no ejecutadas podrán ser verificadas en la función *mantenimientos programados*.

Figura 27. Registro: Reportes de Mantenimiento no realizados

Reportes No Realizados				
Código Final del Equipo	Nombre del equipo	Observaciones	Fecha de Mantenimiento no realizado	Nueva Fecha de Mantenimiento
PUJ-CTAI-AUT-BE01	Banco Electro Neumático 01	Revisión y prevención de conexiones, terminales, sensores, etc.	10/08/2010	

Fuente: Los Autores

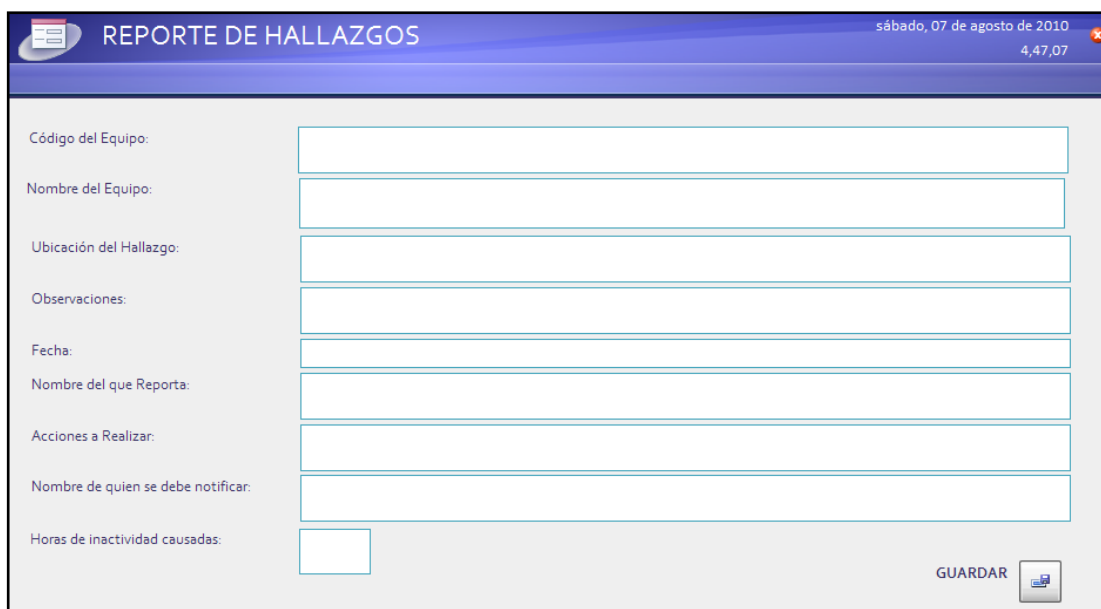
MÓDULO: Reporte de Hallazgos - NC

1) REPORTE DE HALLAZGOS

Existen situaciones que pueden escaparse del alcance del Sistema de Información en mantenimiento TPM del laboratorio, dichas situaciones pueden general el incumplimiento de algunas de las tareas o condiciones que hay que cumplir dentro del marco del buen funcionamiento del sistema de información. La función *reporte de hallazgos*, permite al usuario reportar a la dirección del laboratorio situaciones que se salen de su alcance.

El usuario debe reportar tanto el nombre como el código del equipo en el que se han presentado las No Conformidades. Igualmente, es necesario describir en detalle el hallazgo así como las acciones que se deben realizar para dar trato a la No Conformidad registrada. En ocasiones los hallazgos encontrados pueden causar horas de inactividad (fallas en la prestación del servicio), las cuales, deben ser diligenciadas de forma precisa. Finalmente, es importante que se describa claramente la fecha del hallazgo, la persona que lo reporta, así como la persona que debe ser notificada del mismo.

Figura 28. Registro: Reporte de Hallazgos



The screenshot shows a web application window titled "REPORTE DE HALLAZGOS". The window has a blue header bar with the title and a date/time stamp: "sábado, 07 de agosto de 2010 4,47,07". Below the header, the form contains several input fields with labels on the left:

- Código del Equipo: [input field]
- Nombre del Equipo: [input field]
- Ubicación del Hallazgo: [input field]
- Observaciones: [input field]
- Fecha: [input field]
- Nombre del que Reporta: [input field]
- Acciones a Realizar: [input field]
- Nombre de quien se debe notificar: [input field]
- Horas de inactividad causadas: [input field]

At the bottom right of the form, there is a "GUARDAR" button with a small icon next to it.

Fuente: Los Autores

- Así mismo, es posible realizar un informe de los reportes de hallazgos realizados, para lo cual, es necesario establecer la fecha de inicio y la fecha final y hacer clic en el botón azul. En caso de requerir el envío del informe generado, haga clic en el botón verde. El

reporte se ha generado en extensión .pdf. Se abrirá una ventana emergente de *Microsoft Outlook*® que tendrá cargado el archivo como adjunto. Sólo debe hacer clic en el botón enviar. Puede modificar la redacción del e-mail o cambiar los destinatarios si así lo desea.

Figura 29. Acceso a reportes de hallazgos, desde Formulario INICIO



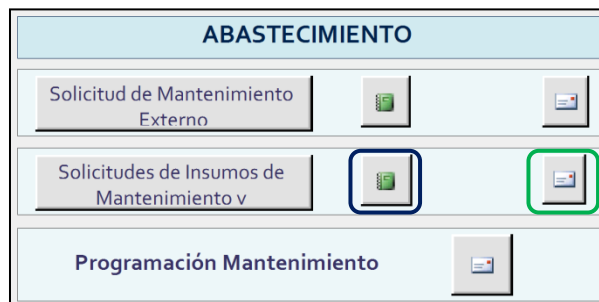
Fuente: Los Autores

MÓDULO: Abastecimiento

1) SOLICITUD DE INSUMOS DE MANTENIMIENTO Y CONSUMIBLES

Para visualizar el informe de solicitudes en un periodo dado (Recuerde que antes debe seleccionar las fecha de inicio y final) el usuario debe hacer clic en el botón azul. Si desea enviar el informe vía e-mail debe hacer clic en el botón verde.

Figura 30. Acceso al informe y envío de e-mail de las solicitudes de Insumos de Mantenimiento y Consumibles, desde Formulario INICIO



Fuente: Los Autores

Las principales actividades de mantenimiento se encuentran relacionadas con las operaciones de inspección, cambios de accesorios, ajuste, limpieza, lubricación y reparación de los equipos. Para la ejecución de éstas tareas, se requiere de herramientas como destornilladores, llaves brístol, llave boca fija y aceite, entre otros elementos. El responsable de Mantenimiento debe diligenciar periódicamente una solicitud con los insumos y consumibles que requiere para la realización de sus tareas en un periodo de tiempo determinado. Dicha solicitud debe ser revisada y aprobada por el ingeniero de compras.

Figura 31. Registro: Solicitud de insumos

The screenshot shows a web application window titled "SOLICITUD DE INSUMOS". The top right corner displays the date "sábado, 07 de agosto de 2010" and the time "5:18:13". The main area contains a form with the following fields:

- Fecha:
- Número:
- Nombre del Solicitante:
- Producto:
- Especificaciones/Justificación de compra:
- Cantidad:
- Unidad:
- Proveedor Seleccionado:
- Valor Cotizado:
- Número de cotización del proveedor:
- Observaciones:
- Visto Bueno:

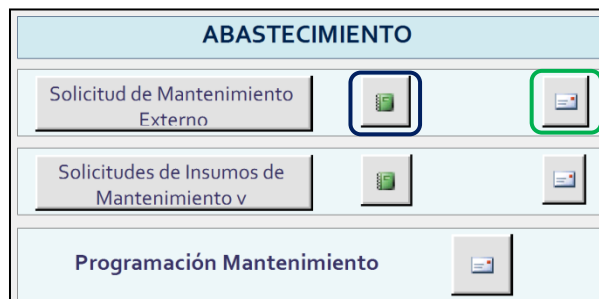
A "GUARDAR" button with a floppy disk icon is located at the bottom right of the form.

Fuente: Los Autores

2) SOLICITUD DE SERVICIOS EXTERNOS

Para visualizar el informe de solicitudes en un periodo dado (Recuerde que antes debe seleccionar las fecha de inicio y final) el usuario debe hacer clic en el botón azul. Si desea enviar el informe vía e-mail debe hacer clic en el botón verde.

Figura 32. Acceso al informe y envío de e-mail de las solicitudes de Mantenimiento Externo, desde Formulario INICIO



Fuente: Los Autores

Por políticas de los proveedores o por casos de emergencia, a algunos equipos se les efectúa Mantenimiento Externo. En este caso, el responsable de Mantenimiento debe diligenciar la solicitud correspondiente con las especificaciones del servicio deseado, destacando el nombre del proveedor, el valor cotizado y la descripción de la necesidad. La solicitud debe ser enviada al Ingeniero de Compras, quien revisará y aprobará los requerimientos.

Figura 33. Registro: Solicitud de Servicios Externos

The screenshot shows a web application interface for recording external services requests. The title bar reads 'SOLICITUD SERVICIOS EXTERNOS' and the date is 'sábado, 07 de agosto de 2010 5:17:14'. The form fields are as follows:

- Fecha:
- Numero:
- Nombre del Solicitante:
- Nombre del Producto:
- Especificaciones/Justificación de compra:
- Cantidad:
- Unidad:
- Proveedor Seleccionado:
- Valor Cotizado:
- Número de cotización del proveedor:
- Observaciones:
- Visto Bueno:

A 'GUARDAR' button with a save icon is located at the bottom right of the form.

Fuente: Los Autores


MÓDULO: Indicadores de Gestión

1) TIEMPO PROGRAMADO DE LAS MAQUINAS SEGÚN GRUPOS

Las asignaturas ofrecidas por el laboratorio cuentan con una programación que define el uso de los diferentes equipos a lo largo del periodo educativo. Con el objetivo de identificar la cantidad teórica de horas que la maquinaria debe estar en funcionamiento, es indispensable que el usuario describa la cantidad de grupos de cada clase que serán abiertos durante el semestre. El sistema de información realizará el respectivo cálculo a

través del producto entre el número de grupos y la cantidad de horas de la maquinaria correspondiente a cada asignatura.

Figura 34. Registro: Tiempo Programado de las máquinas según grupos




The screenshot shows a web application window titled "TIEMPO PROGRAMADO SEGUN GRUPOS" with a date and time of "Lunes, 13 de septiembre de 2010 10:56:40". The form contains three input fields: "Asignatura:" (a dropdown menu), "Cantidad de Grupos:" (a text box), and "Fecha de Actualizacion:" (a date picker). Below the fields are three buttons: "Guardar" (with a floppy disk icon), "Programación de las máquinas" (with a gear icon), and "Reinicio del Sistema" (with a refresh icon).

Fuente: Los Autores

2) INDICADORES DE EFICIENCIA

El formulario de indicadores de eficiencia ofrece al usuario la oportunidad de elegir cuáles son los equipos sobre los cuales desea obtener la información de eficiencia y su respectiva gráfica. Es importante recordar que el indicador de eficiencia se ha diseñado para los equipos con prioridad alta (Compresor Kaeser, UPS) y algunos equipos con prioridad media (Fresadora de Control Numérico, Torno de Control Numérico, Robot Mitsubishi, Torno EMCO Unimat), los cuales tienen un alto impacto en la prestación de servicios del laboratorio.

Figura 35. Cuadro de diálogo: Indicadores de Eficiencia



The screenshot shows a dialog box titled "INDICADORES DE EFICIENCIA". It contains a list of ten buttons, each representing a different piece of equipment and accompanied by a small bar chart icon. The buttons are: "Eficiencia Fresadora de Control Numérico", "Eficiencia Torno de Control Numérico", "Eficiencia Robot Melfa Mitsubishi", "Eficiencia Compresor Kaeser", "Eficiencia UPS", "Eficiencia Torno EMCO Unimat 01", "Eficiencia Torno EMCO Unimat 02", "Eficiencia Torno EMCO Unimat 03", "Eficiencia Torno EMCO Unimat 04", "Eficiencia Torno EMCO Unimat 05", and "Eficiencia Torno EMCO Unimat 06". A "Cerrar" button is located at the bottom right of the dialog.

Fuente: Los Autores

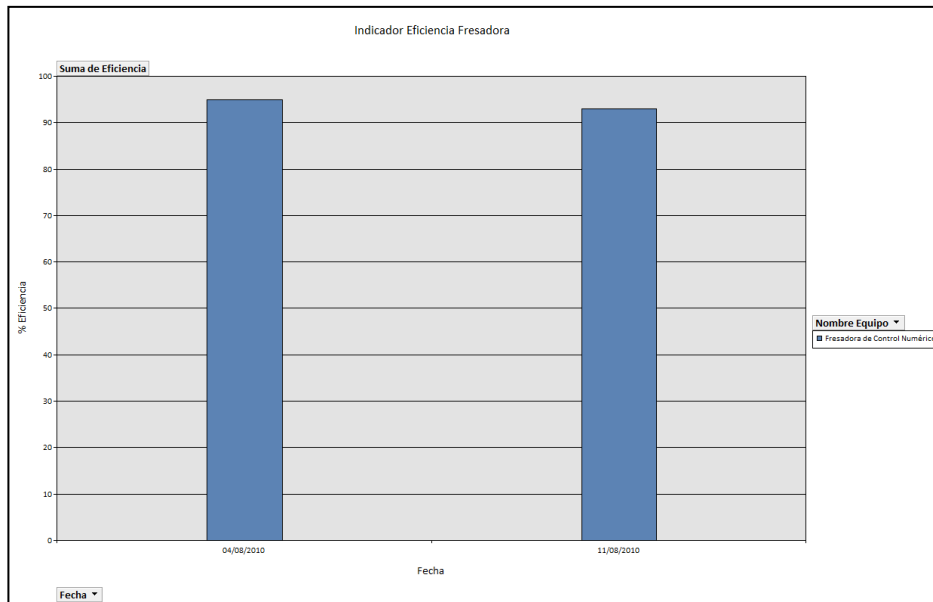
3) GRÁFICA INDICADORES DE EFICIENCIA

El indicador de eficiencia permite identificar la proporción de horas reales de uso del tiempo programado desde el inicio del semestre para cada una de las máquinas. Para el cálculo de dicho indicador, el sistema de información examina los tiempos teóricos para cada máquina de acuerdo a los datos registrados por el usuario en el formulario *Tiempo Programado según grupos* que corresponden al rango de tiempo deseado por el usuario, dicha información constituye el *Tiempo programado*.

Por otra parte, se desea conocer el *Tiempo de Actividad*, para su cálculo, el sistema de información realiza una búsqueda exhaustiva en la información registrada por el usuario en el campo *Horas de inactividad causadas* del formulario *Reporte de Hallazgos*. El sistema sustrae automáticamente al *Tiempo Programado*, la cantidad de horas que el equipo presentó fallas en la prestación de servicios en un período determinado.

El resultado del indicador está dado por la razón entre dichas cantidades (Tiempo de Actividad / Tiempo Programado). El análisis de este indicador permite determinar el uso real de los equipos y la efectividad de las Tareas de mantenimiento específicas de la máquina.

Gráfica 8. Indicador Eficiencia

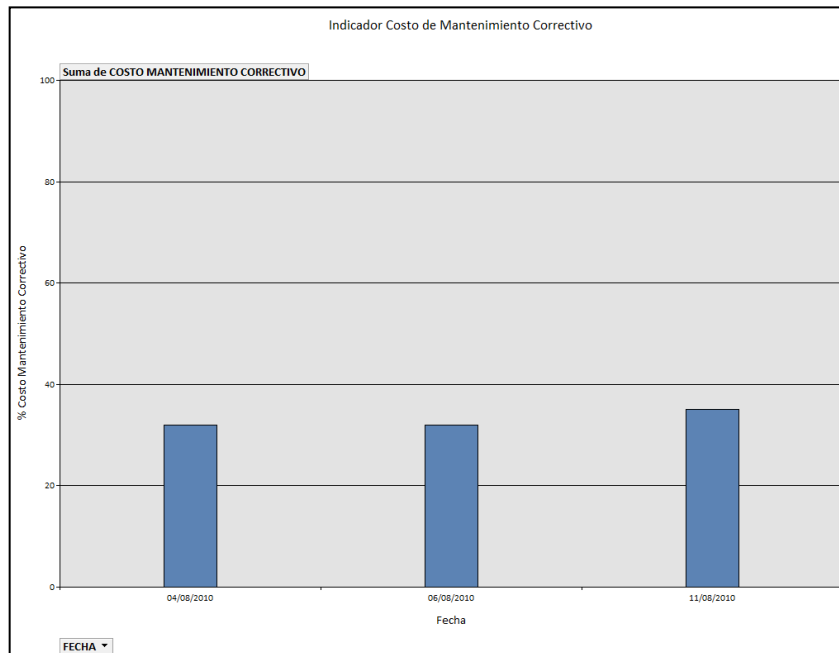


Fuente: Los Autores

4) GRÁFICA INDICADOR COSTO DE MANTENIMIENTO

El índice de Costo de reparación de las fallas permite identificar el impacto que tiene el costo del Mantenimiento Correctivo sobre el costo total de Mantenimiento. Para el cálculo de dicho indicador, el sistema de información examina los reportes de mantenimiento que corresponden al rango de tiempo determinado por el usuario, y registra en primer lugar, el costo asociado a las tareas de reparación de fallas (correctivo) y en segundo lugar, el costo total de mantenimiento (preventivo y correctivo). El resultado del indicador está dado por la razón entre dichas cantidades. El proyecto pretende reducir el valor de este indicador a través de tareas de mantenimiento preventivo, las cuales tienen un costo relativamente más bajo, comparado con los asociados con la solución de fallas.

Gráfica 9. Indicador Costo de Mantenimiento Correctivo



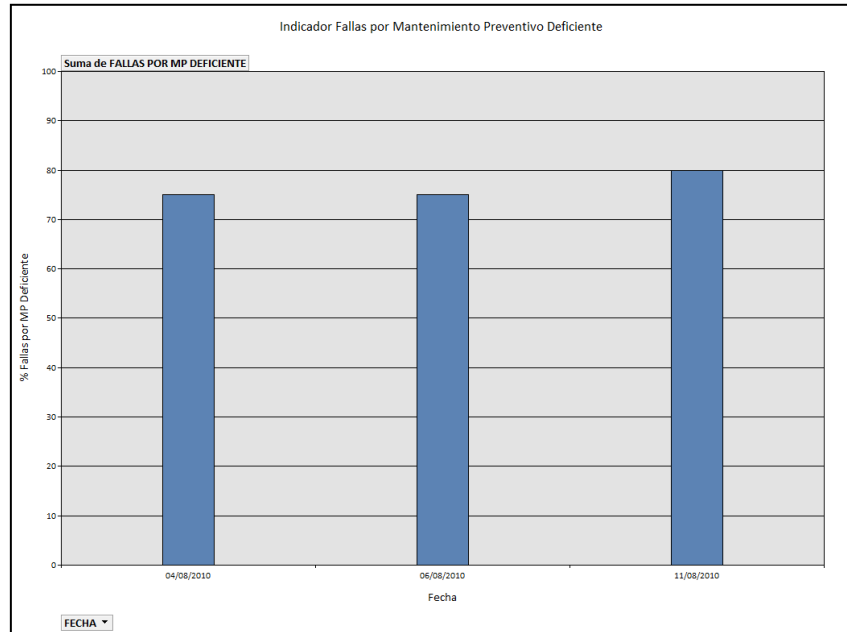
Fuente: Los Autores

5) GRÁFICA INDICADOR FALLAS POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEFICIENTE

El indicador de fallas por Mantenimiento Preventivo deficiente permite evaluar tanto la efectividad de la Tarea de Mantenimiento como la rigurosidad del individuo que la efectúa. Para el cálculo del indicador, el sistema de información examina los reportes de mantenimiento que corresponden al rango de tiempo determinado por el usuario, e

identifica el número de fallas presentadas (Tipo de Mantenimiento: Correctivo), y cuáles de ellas se debieron haber evitado (Falla evitable: Sí). El resultado del indicador está dado por la razón entre dichas cantidades. A través del análisis del resultado del indicador se determinarán las modificaciones necesarias en el plan de mantenimiento preventivo con el fin de reducir dicha proporción.

Gráfica 10. Indicador Fallas por Mantenimiento Preventivo Deficiente

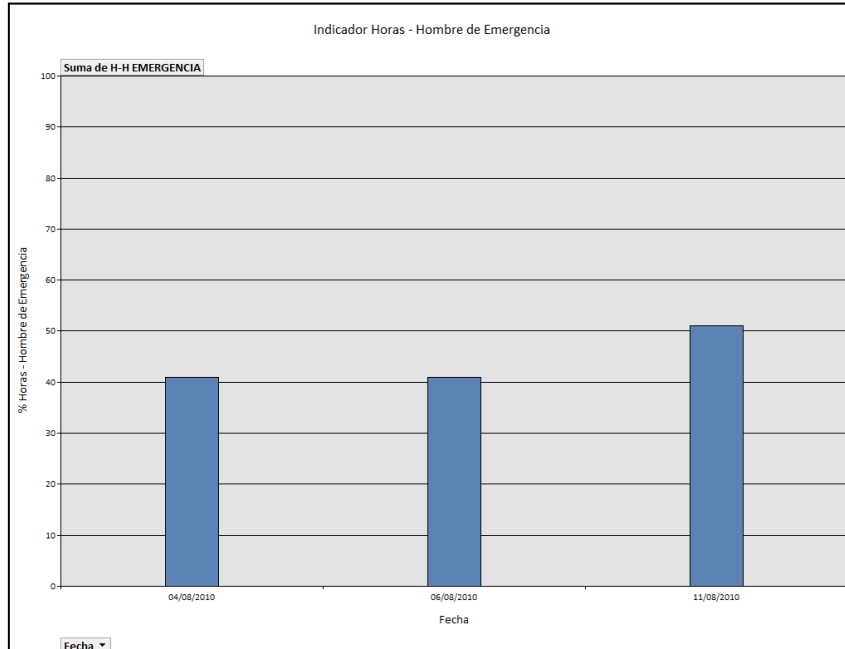


Fuente: Los Autores

6) GRÁFICA INDICADOR HORAS-HOMBRE EMERGENCIA

El índice de Horas – Hombre de emergencia permite reconocer si el trabajo de los colaboradores de mantenimiento se está empleando en su mayoría para solución de fallas. Para el cálculo de dicho indicador, el sistema de información examina los reportes de mantenimiento que corresponden al rango de tiempo deseado por el usuario, y determina el número de horas utilizadas para tareas de mantenimiento correctivo (Tipo de Mantenimiento, Tiempo de Mantenimiento), y la cantidad de horas empleadas para las tareas de mantenimiento, tanto correctivo como preventivo (Tiempo de Mantenimiento). El resultado del indicador está dado por la razón entre dichas cantidades. El análisis de este indicador determina la efectividad del programa de Mantenimiento Preventivo.

Gráfica 11. Indicador Costo de Mantenimiento Correctivo



Fuente: Los Autores

Por otra parte, es importante resaltar que el usuario tiene la oportunidad de acceder además al informe correspondiente a cada uno de los indicadores anteriormente mencionados, donde se comunica la fecha en que han sido calculados y su correspondiente resultado, a fin de poder evaluar cuantitativamente la evolución de los indicadores de Gestión de Mantenimiento.

En el desarrollo de un plan de mantenimiento es importante determinar las medidas que permitirán evaluar el impacto de las acciones realizadas, con el objetivo de emprender actividades que permitan mejorar dichos resultados, en alineación con el principio de mejoramiento continuo. Los indicadores mencionados permiten evaluar el impacto del plan de mantenimiento en aspectos relacionados con costos, horas – hombre, fallas y eficiencia de los equipos. Para conocer el objetivo de las medidas de desempeño, sus características principales, así como su aporte en el proyecto... Véase sección 4.5.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO EN EL CTAI

El área de Mantenimiento ocupa un lugar de gran importancia en la estructura organizacional del CTAI, ya que permite garantizar que las máquinas, equipos e instalaciones se encuentran en perfectas condiciones y es posible brindar un espacio adecuado para el aprendizaje. Para lograr este objetivo, el área de Mantenimiento tiene definidas una serie de tareas de carácter administrativo y operativo, que permiten a la Dirección del laboratorio, certificar que los procedimientos se llevan a cabo de forma óptima y los usuarios cuentan con un alto índice de satisfacción del servicio.

Las tareas administrativas se encuentran encaminadas al cumplimiento del Ciclo PHVA (Planear, Hacer Verificar y Actuar) y tienen en cuenta los procedimientos relacionados con los Proveedores y el Abastecimiento de productos propios del mantenimiento Interno y servicios de mantenimiento Externo. Una de las principales actividades a nivel administrativo es la planeación de mantenimiento, la cual, es realizada por el Auxiliar del laboratorio en conjunto con el Asesor de Mantenimiento; en este proceso se describen las actividades de mantenimiento preventivo que se realizarán para cada una de las máquinas durante el año, es importante resaltar que la periodicidad de éstas tareas puede ser diaria, semanal, mensual, trimestral, semestral, anual o bianual, de acuerdo a la máquina y actividad correspondiente.

Por otra parte, se cuenta con procedimientos relacionados con los Proveedores y los responsables del Abastecimiento según dos circunstancias: Solicitud de compra de insumos o productos para llevar a cabo el mantenimiento interno, y solicitud de mantenimiento externo. En el caso inicial, el Técnico de Laboratorio es responsable de diligenciar semestralmente un documento en el que se enumeran los productos o insumos necesarios para el mantenimiento interno, cuando el responsable de Abastecimiento ha aprobado la solicitud, se estudian las cotizaciones y se genera la orden de compra al proveedor y posteriormente la orden de pago, como se aprecia en la Figura 36.

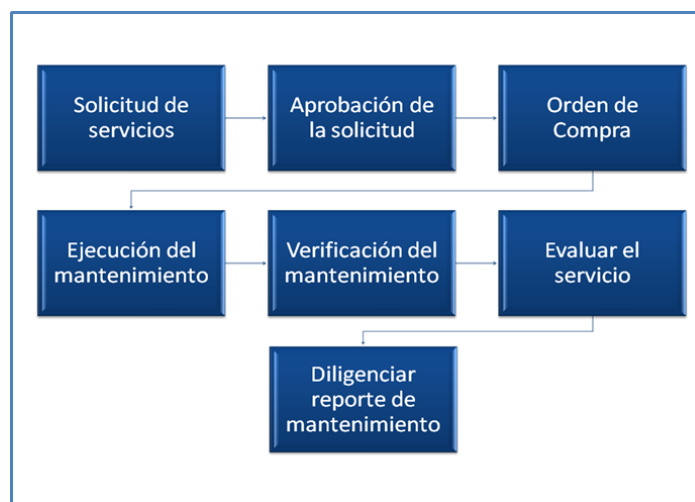
Figura 36. Proceso de solicitud de productos para el área de Mantenimiento



Fuente: Los Autores

Por otro lado, en caso de requerir mantenimiento externo, ya sea por cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo o por avería, el Técnico de Laboratorio debe diligenciar un formato de solicitud, una vez éste ha sido aprobado por el responsable de Abastecimiento se emite la orden de compra al proveedor. Posteriormente, se ejecuta el mantenimiento y el personal del laboratorio es responsable de verificar el buen estado de la maquinaria y la correspondiente evaluación del servicio prestado por el proveedor. Finalmente, es necesario diligenciar el respectivo reporte de mantenimiento, destacando las actividades realizadas y el carácter externo de las mismas (Figura 37).

Figura 37. Proceso de solicitud de servicios para el área de Mantenimiento



Fuente: Los Autores

Como se ha nombrado anteriormente, el área de Mantenimiento cuenta además con actividades operativas que se llevan a cabo principalmente en cumplimiento del plan de Mantenimiento y de la filosofía de prevención y cuidado de los equipos. Las tareas operativas pueden ser:

Clasificación de herramientas: Las herramientas del laboratorio pueden ser manuales o consumibles como brocas y buriles; o herramientas específicas de los equipos. Se debe realizar un inventario anual con el fin de identificar las existencias de los tipos de herramientas y efectuar el recambio de los instrumentos que sean necesarios.

Diligenciamiento de reportes: Una vez efectuadas las actividades de mantenimiento en la maquinaria correspondiente, es necesario registrar la siguiente información: Diagnóstico del equipo, tipo de mantenimiento realizado (Preventivo o Correctivo), actividades realizadas e insumos requeridos. Finalmente, el Asesor de Mantenimiento debe verificar la validez de la información, el estado de la máquina y efectuar la aprobación del reporte realizado.

Cambios de insumo: Buscando maximizar el desempeño de la maquinaria, es necesario realizar cambios de aceite, rodamientos, correas y tornillos, entre otros, cuando la verificación periódica (Semestral) lo indique.

Limpieza: La tarea de mantenimiento incluye la limpieza general y la limpieza de Software. La limpieza general se realiza una vez por semana con objeto de eliminar la suciedad y elevar la vida útil de los equipos. Por otra parte, se realiza limpieza de Software en los equipos del CIM, y el Torno EMCO PC TURN 125, suprimiendo los programas que no se encuentren entre 0 y 100, los cuales representan especificaciones del sistema. Así mismo, se realiza periódicamente la eliminación de los archivos trabajados por los Estudiantes en los equipos de cómputo del laboratorio.

Lubricación: Tarea que vela por la prevención de fallas debido al esfuerzo mecánico o a grandes volúmenes de trabajo procesados por una máquina. La lubricación de los Tornos Unimat PC, el Torno EMCO PC TURN 125 y el Torno Winston BD 1340 se realiza semestralmente o en caso de que la inspección así lo indique. Es importante resaltar que la lubricación del Compresor Kaeser se realiza a nivel externo, éste procedimiento tiene garantía de 6000 horas.

Inspección: Consiste en realizar una comparación de los parámetros de las máquinas con los niveles requeridos para un correcto funcionamiento. La tarea de verificación se realiza cada 3 meses por el Técnico de Laboratorio encargado.

4.3 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR COMPUTADOR

4.3.1 Caracterización del mantenimiento interno

El laboratorio cuenta con personal capacitado, responsable de las tareas de mantenimiento de la mayor parte de las máquinas, con excepción de la UPS MGE 72-1610-00, el Compresor Kaeser AT, el sistema eléctrico y el sistema de datos del Torno EMCO PC TURN 125. Las actividades registradas en el Plan de mantenimiento se llevan a cabo en el transcurso del año de acuerdo a la programación prevista. Los Técnicos del laboratorio, responsables de las actividades de mantenimiento, deben diligenciar el correspondiente reporte, el cual será verificado por el Asesor de Mantenimiento, quién es el responsable de certificar el buen estado de la maquinaria y realizar las sugerencias respectivas cuando lo considere pertinente (Figura 38).

Figura 38. Proceso de ejecución del Mantenimiento Interno



Fuente: Los Autores

Las actividades principales del mantenimiento interno, se encuentran relacionadas con las operaciones de inspección, cambios de accesorios, ajuste, limpieza, lubricación y reparación de los equipos. Para la ejecución de éstas tareas, se requiere de herramientas como destornilladores, llaves brístol, llave boca fija y aceite, entre otros elementos. Así mismo, el personal encargado dispone en promedio de 3 horas para la ejecución de las tareas de mantenimiento durante cada semana lectiva, con el fin de no interferir con el servicio que presta el laboratorio. Sin embargo, en los periodos de receso, se cuenta aproximadamente con una semana para la ejecución de las actividades correspondientes al mantenimiento de las máquinas y equipos.

El proceso de evaluación de las tareas correspondientes al área de mantenimiento, está fundamentado en el cumplimiento del plan de actividades realizado. En consecuencia, el Asesor de

Mantenimiento en conjunto con el Técnico de Laboratorio encargado, son responsables de validar la información registrada en los reportes de mantenimiento y garantizar el buen funcionamiento de los equipos del CTAI. Así mismo, se ejecutan auditorías tanto internas como externas con el fin de lograr los más altos índices de servicio; las auditorías internas son efectuadas periódicamente por docentes de las sección que han sido designados por el Departamento de Ingeniería Industrial; por otra parte, las auditorías externas son programadas por la entidad encargada de la certificación, en este caso Bureau Veritas.

4.3.2 Caracterización del mantenimiento externo

Algunos proveedores establecen cláusulas que expresan que ninguna otra persona puede inspeccionar, reparar o modificar algún elemento de la maquinaria, o de lo contrario, la garantía del equipo o del trabajo de mantenimiento se suprime automáticamente. Por esta razón, a la UPS MGE 72-1610-00 y al Compresor Kaeser AT, se les realiza Mantenimiento Externo. Por otra parte, la Dirección del laboratorio ha decidido que al sistema eléctrico y al sistema de datos del Torno EMCO PC TURN 125 se le ejecute también mantenimiento externo, debido al conocimiento restringido del que se dispone para dichas tareas y por el alto costo que implicaría un daño superior en los equipos.

El Ingeniero de Compras es responsable de realizar el contacto con los proveedores, el cual se ejecuta según programación (semestral) o en caso de requerirse mantenimiento correctivo, teniendo en cuenta el proceso descrito previamente (Figura 37). Los proveedores responsables del mantenimiento externo son elegidos a través de una evaluación anual, en la que se tienen en cuenta los siguientes criterios: Trayectoria, efectividad, cumplimiento y calidad en el trabajo realizado. Sin embargo, a pesar del alto nivel de exigencia, en ocasiones se presentan retrasos en el proceso debido a demoras en el envío de cotizaciones y atención al cliente.

4.3.2.1 Protocolos de Calibración y Encendido

Los procedimientos de calibración y encendido son de gran importancia para el cuidado de la maquinaria y la prestación de un servicio adecuado. En consecuencia, ha sido necesario diseñar una serie de protocolos de calibración y encendido para las máquinas y equipos del laboratorio, los cuales, se encuentran cargados en el sistema de información diseñado para la Gestión de Mantenimiento del CTAI. A continuación se describen detalladamente las características y funcionalidad de los protocolos realizados.

▪ **Protocolos de Calibración**

La calibración se reconoce como un procedimiento que permite certificar que la maquinaria cumple con los requisitos para su operación. Esta importante actividad de mantenimiento, tiene por objeto evaluar la precisión de las partes constituyentes de la máquina en cuanto a forma, dimensiones, posición y movimientos relativos.⁴¹

Por otra parte, la calibración es un procedimiento que se encuentra alineado con la certificación de calidad del laboratorio, la cual, expresa en el numeral 7.6 (Control de los equipos de seguimiento y de medición) que *“La organización debe determinar el seguimiento y la medición a realizar y los equipos necesarios para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto con los requisitos determinados”*⁴². Por tal razón, la calibración es una tarea que garantiza que la maquinaria se encuentre en las condiciones necesarias para el cumplimiento de la labor del laboratorio.

En consecuencia se han realizado los protocolos de calibración para la Fresadora Benchman VMC 4000, el Torno Winston BD 1340, el Torno EMCO PC TURN 125, el Torno Unimat PC y el Robot Melfa RV2A. Teniendo en cuenta la similitud de los procesos de calibración, en los Anexos 13,14 y 15 se pueden apreciar tres modelos de protocolos:

- a) Modelo 1: Protocolo de calibración para la Fresadora Benchman VMC 4000 y Dispositivo de fresado del Torno Unimat PC
- b) Modelo 2: Protocolo de calibración para el Torno Winston BD 1340, el Torno EMCO PC TURN 125 y el Torno Unimat PC.
- c) Modelo 3: Protocolo de calibración para el Robot Melfa RV 2A

Es importante destacar, que para una correcta ejecución de los procesos de calibración de dichas máquinas es primordial tener en cuenta algunas condiciones:⁴³

1. Nivelar adecuadamente la máquina en dos direcciones perpendiculares: en sentido longitudinal y transversal.
2. Verificar que la máquina se encuentre sobre una base estable.
3. Apretar los elementos de fijación a la base, para no causar deformaciones de la bancada.
4. La máquina a verificar debe estar protegida contra el calor excesivo.
5. La máquina debe ensayarse en condiciones análogas a su funcionamiento normal, en cuanto a lubricación y temperatura.

⁴¹ LUCCHESI, Domenico. *Verificación de Piezas y Maquinas Herramientas*. Editorial Labor. 1973.

⁴² INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. *Documentación: Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos*. Bogotá: ICONTEC, 2008. p 13. (ISO 9001:2008)

⁴³ LUCCHESI, Domenico. *Verificación de Piezas y Maquinas Herramientas*. Editorial Labor. 1973.

▪ **Protocolos de Encendido**

El encendido o puesta en funcionamiento de una máquina o sistema de máquinas, cumple un papel importante en el desempeño adecuado y correcta operación de la misma, ya que desde la conexión o alimentación, se vela por el cuidado de la vida útil del equipo. Un encendido realizado en condiciones idóneas, garantiza en una proporción importante un desempeño adecuado, que se ajusta en forma directa a las especificaciones del equipo en consideración.

El encendido de una máquina necesita de dos aspectos fundamentalmente, éstos son:

- a) Alimentación eléctrica, neumática, hidráulica, etc.
- b) Verificación de sistemas de seguridad y control de máquina.

Otros parámetros pueden ser tenidos en cuenta dependiendo de la máquina o sistema de máquinas que se desee poner en funcionamiento.

La forma como se pone en marcha una máquina depende de todos los parámetros que componen el proceso; Paros de emergencia, Lectura de Indicadores, Seguridad Industrial, Panel de Control y Operaciones, Comunicaciones (Puertos, Lenguaje de Máquina), etc.

Además, sin importar los parámetros que se tengan en cuenta para la operación de encendido, ésta se puede realizar en diferente orden, dicho orden, también depende de varios factores, entre los más importantes se tienen: Comunicación entre sistemas de la máquina y Requisito del sistema. Ejemplo: No se puede conectar la máquina a la red eléctrica, sin antes haberla conectado a la red neumática.

Igualmente, es importante tener en cuenta los protocolos, entendidos como el medio a través del cual se estandariza un proceso, en términos del orden, parámetros, responsables, y variables del sistema o máquina en consideración.

Para poder ejercer control en los procesos contemplados por una máquina (entre éstos el encendido), se han diseñado protocolos de Encendido. Estos protocolos se han diseñados para las máquinas cuyo encendido representa un factor determinante en una correcta operación y preservación de la vida útil contemplada en las especificaciones técnicas. Al mismo tiempo se tuvo en cuenta el análisis de criticidad realizado para el desarrollo del trabajo, buscando lograr una mayor efectividad en términos del impacto del Plan de Mantenimiento TPM en el laboratorio.

Así, se desarrollaron protocolos de encendido para las siguientes máquinas (Anexos 16,17 y18):

- a) Torno Winston
- b) Fresadora Benchman VMC 4000
- c) Centro Integrado de Manufactura (Torno EMCO PC Turn, AS/RS, Banda Transportadora, Robot MELFA RV2A)

Adicionalmente se adecuaron los siguientes protocolos, suministrados por docentes del Departamento de Ingeniería Industrial:

- a) Torno Unimat PC⁴⁴
- b) Torno EMCO PC Turn 125⁴⁵

4.3.3 Diseño de interfaz gráfica

El esquema bajo el cual se diseñó la interfaz gráfica del sistema de información contempla cualidades que permiten la familiaridad con el sistema, estas características establecen: sencillez, es decir llegar de manera clara al usuario de la base de datos, de tal manera que se entienda en forma precisa su funcionamiento; Un entorno visual idóneo y que garantice la correcta ejecución de funciones y tareas tenidas en cuenta en la fase de Preparación y Diseño.

El sistema de información TPM, ha sido organizado en cinco módulos, que se listan a continuación:

- ☛ MÓDULO 1 – Codificación/Hojas de Vida/P. Encendido/P. Calibración
- ☛ MÓDULO 2 – Periodicidad de Sistemas de Mantenimiento / Reportes de Mantenimiento
- ☛ MÓDULO 3 – Abastecimiento
- ☛ MÓDULO 4 – Indicadores de Gestión – KPI
- ☛ MÓDULO 5 – Reporte de Hallazgos - NC

La localización de los módulos sigue una estructura que se basa en la utilización de los aplicativos del sistema, de esta forma, la codificación y los sistemas de mantenimiento (reportes) ocupan un mayor espacio que los demás módulos, dada su relevancia en el plan de mantenimiento del CTAI.

A continuación se presentan 5 figuras con la ubicación de cada uno de los módulos en la interfaz, luego se presenta una descripción y explicación de cada uno y se analizan los componentes que los constituyen: re Informes, Formularios y envíos e-mail.

⁴⁴ Manrique, Martha. Marroquín, Juan. Prieto Lena. MECANIZADO - CONTROL MANUAL. Pontificia Universidad Javeriana. Departamento de Ingeniería Industrial. 2004

⁴⁵ Manrique, Martha. Marroquín, Juan. Prieto Lena. CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO. Pontificia Universidad Javeriana. Departamento de Ingeniería Industrial. 2004

Figura 39. MÓDULO 1 – Codificación/Hojas de Vida/P. Encendido/P. Calibración

Pontificia Universidad JAVERIANA Bogotá

C.T.A.I. CENTRO TECNOLÓGICO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

viernes, 08 de octubre de 2010 11:31:11

ABASTECIMIENTO

Solicitud de Mantenimiento Externo

Solicitudes de Insumos de Mantenimiento y Consumibles

Programación Mantenimiento

PERIODICIDAD DE SISTEMAS DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS

CÓDIGO SALA
 Seleccionar

Formulario - Mantenimiento de Sistemas

Mantenimientos Diarios

Mantenimientos HOY

REPORTES DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS

Formulario Reportes de Mantenimiento

Fecha Inicio:

Fecha Final:

Eliminar Reportes

Actualizar Reportes

Consulta de Reportes por Máquina

Reportes No Realizados

NOMBRE DEL EQUIPO

INDICADORES DE GESTIÓN - KPI

Horas-Hombre de Emergencia

Costo de reparación de las fallas

Fallas causadas por MP deficiente

Eficiencia de los equipos

REPORTE DE HALLAZGOS - NC

Dar de Baja

Programación de equipos

Actualización inicio semestre

Fuente: Los Autores

Figura 40. MÓDULO 2 – Periodicidad de Sistemas de Mantenimiento / Reportes de Mantenimiento

Fuente: Los Autores

Figura 41. MÓDULO 3 – Abastecimiento

Pontificia Universidad JAVERIANA Bogotá **C.T.A.I.** CENTRO TECNOLÓGICO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

viernes, 08 de octubre de 2010 11:31:11

CODIFICACIÓN Y HOJAS DE VIDA DE MÁQUINAS

CÓDIGO SALA:

PROTOCOLOS DE ENCENDIDO **PROTOCOLOS DE CALIBRACIÓN**

PERIODICIDAD DE SISTEMAS DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS

CÓDIGO SALA:

REPORTES DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS

Fecha Inicio: Fecha Final:

Consulta de Reportes por Máquina **Reportes No Realizados**

NOMBRE DEL EQUIPO:

INDICADORES DE GESTIÓN - KPI

-
-
-
-

REPORTE DE HALLAZGOS - NC

Fuente: Los Autores

Figura 42. MÓDULO 4 – Indicadores de Gestión - BSC

The screenshot displays a web-based management interface for machine maintenance. At the top, there is a header with the logos of Pontificia Universidad Javeriana and C.T.A.I. (Centro Tecnológico de Automatización Industrial). The date and time are shown as "viernes, 08 de octubre de 2010 11:31:11".

The main interface is divided into several sections:

- CODIFICACIÓN Y HOJAS DE VIDA DE MÁQUINAS:** Includes a "CÓDIGO SALA" dropdown menu, a "Codificación General de Máquinas" button, and buttons for "Formulario - Máquinas Nuevas" and "Hojas de Vida de Máquinas".
- PROTOCOLOS DE ENCENDIDO:** Includes buttons for "Protocolos de Encendido" and "Formulario - Protocolos Nuevos".
- PROTOCOLOS DE CALIBRACIÓN:** Includes buttons for "Protocolos de Calibración" and "Formulario - Protocolos Nuevos".
- ABASTECIMIENTO:** Includes buttons for "Solicitud de Mantenimiento Externo", "Solicitudes de Insumos de Mantenimiento y Consumibles", and "Programación Mantenimiento".
- PERIODICIDAD DE SISTEMAS DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS:** Includes a "CÓDIGO SALA" dropdown menu, a "Formulario - Mantenimiento de Sistemas" button, and buttons for "Mantenimientos Diarios" and "Mantenimientos HOY".
- REPORTES DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS:** Includes a "Formulario Reportes de Mantenimiento" with "Fecha Inicio" and "Fecha Final" fields, "Eliminar Reportes" and "Actualizar Reportes" buttons, a "Consulta de Reportes por Máquina" section with a "NOMBRE DEL EQUIPO" dropdown menu, and a "Reportes No Realizados" section.
- REPORTE DE HALLAZGOS - NC:** Includes a "Dar de Baja" button.

A large yellow rectangular area is present on the right side of the interface, partially overlapping the "ABASTECIMIENTO" and "PERIODICIDAD DE SISTEMAS DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS" sections.

Fuente: Los Autores

Figura 43. MÓDULO 5 – Reporte de Hallazgos - NC

The screenshot displays the 'Módulo 5 - Reporte de Hallazgos - NC' interface. At the top, it features the logos of Pontificia Universidad JAVERIANA Bogotá and C.T.A.I. (Centro Tecnológico de Automatización Industrial), the date 'viernes, 08 de octubre de 2010', and the time '11:31:11'. The interface is organized into several main sections:

- CODIFICACIÓN Y HOJAS DE VIDA DE MÁQUINAS:** Includes a 'CÓDIGO SALA' dropdown menu, a 'Codificación General de Máquinas' button, and buttons for 'Formulario - Máquinas Nuevas' and 'Hojas de Vida de Máquinas'.
- ABASTECIMIENTO:** Contains buttons for 'Solicitud de Mantenimiento Externo', 'Solicitudes de Insumos de Mantenimiento y Consumibles', and 'Programación Mantenimiento'.
- PERIODICIDAD DE SISTEMAS DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS:** Features a 'CÓDIGO SALA' dropdown, a 'Formulario - Mantenimiento de Sistemas' button, and buttons for 'Mantenimientos Diarios' and 'Mantenimientos HOY'.
- INDICADORES DE GESTIÓN - KPI:** Displays four key performance indicators with corresponding bar charts: 'Horas-Hombre de Emergencia', 'Costo de reparación de las fallas', 'Fallas causadas por MP deficiente', and 'Eficiencia de los equipos'.
- REPORTES DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS:** Includes a 'Formulario Reportes de Mantenimiento' with 'Fecha Inicio' and 'Fecha Final' fields, 'Eliminar Reportes' and 'Actualizar Reportes' buttons, a 'Consulta de Reportes por Máquina' section with a 'NOMBRE DEL EQUIPO' dropdown, and a 'Reportes No Realizados' section.

At the bottom of the interface, there is a yellow bar and buttons for 'Dar de Baja' and 'Programación de equipos'. A button for 'Actualización inicio semestre' is also present in the bottom right corner.

Fuente: Los Autores

a) MÓDULO 1 – Codificación/Hojas de Vida/P. Encendido/P. Calibración

Contiene toda la codificación de las máquinas disponibles en el CTAI (De forma general como clasificada por salas), adicionalmente contiene cargadas todas las hojas de vida (Datos generales, operación, seguridad industrial y anexos), así como los protocolos de encendido y de calibración.

Así mismo, posee los formularios necesarios para ingresar nuevas codificaciones de máquinas, y nuevos protocolos de encendido y calibración de las máquinas.

b) MÓDULO 2 – Periodicidad de Sistemas de Mantenimiento / Reportes de Mantenimiento

Contiene los sistemas de mantenimiento y sus respectivas periodicidades, establece las fechas en las que se debe realizar mantenimientos de orden correctivo, contiene información relacionada con los actividades autónomos que se deben realizar en las diversas salas, los reportes de mantenimiento clasificados por máquina, acciones correctivas para los mantenimientos no realizados en una fecha establecida y cuadros de texto para seleccionar las fechas de inicio y final con las cuales se rigen las consultas para el envío de correos electrónicos y se estructuran los informes.

c) MÓDULO 3 – Abastecimiento

Contiene las solicitudes (Formulario), informes y envío e-mail de los mantenimientos realizados fuera de las instalaciones del CTAI, como las solicitudes de compra de insumos y consumibles para las máquinas; adicionalmente contiene un acceso e-mail para enviar la programación de mantenimientos al Ingeniero de Compras.

d) MÓDULO 4 – Indicadores de Gestión – KPI

Contiene todos los indicadores de gestión del mantenimiento (Cálculos), y sus respectivas gráficas para el posterior análisis y toma de decisiones.

e) MÓDULO 5 – Reporte de Hallazgos – NC

Contiene los formularios, informe y envío e-mail de las No Conformidades diligenciadas en el Sistema de Información, relacionadas directamente con el mantenimiento.⁴⁶

⁴⁶ Para mayor información sobre formularios e informes puede remitirse al capítulo relacionado con estos temas.

4.4 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN EN LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL CTAI

El área de Mantenimiento del Centro Tecnológico de Automatización Industrial está conformada por el Director del Departamento de Ingeniería Industrial, el Director del CTAI, el Ingeniero de Compras, el Asesor de Mantenimiento y el Técnico de Laboratorio. En el CTAI se encuentran claramente definidas las funciones de cada uno de los miembros, así como los responsables de evaluar las tareas, como se muestra en la Tabla 21. Los procedimientos de comunicación y supervisión en la estructura organizacional permiten asegurar la trazabilidad en los procesos y el menor tiempo de respuesta ante un imprevisto.

Tabla 21. Protocolos de comunicación y supervisión en la estructura organizacional del CTAI

	Responsabilidades en el Área de Mantenimiento	Supervisor de	Supervisado por
Director del CTAI	<ul style="list-style-type: none"> - Planear las actividades generales para el funcionamiento general del CTAI, entre las que se encuentran las propias del Área de Mantenimiento. - Verificar el cumplimiento de la planeación de las actividades de Mantenimiento. - Coordinar con el responsable de Gestión de Calidad las auditorías internas para el Área de Mantenimiento. - Definir el presupuesto para el Área Mantenimiento. - Colaborar en el proceso de auditoría externa. 	Ingeniero de Compras, Asesor de Mantenimiento	Director del Departamento de Procesos Productivos
Ingeniero de Compras	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión del servicio de Mantenimiento Externo - Gestión de insumos para el Mantenimiento Interno - Evaluación conjunta de los proveedores 	Personal Técnico del Laboratorio	Director del CTAI
Asesor de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar el Plan de Mantenimiento para el año - Verificar la ejecución y cumplimiento del Plan de Mantenimiento - Aprobar los reportes de Mantenimiento - Realizar la solicitud de Mantenimiento externo o insumos a Compras - Sugerir el presupuesto de Mantenimiento - Evaluación conjunta de los proveedores 	Personal Técnico del Laboratorio	Director del CTAI

Tabla 21. (Continuación)

	Responsabilidades en el Área de Mantenimiento	Supervisor de	Supervisado por
Técnico del Laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> - Verificación del estado de funcionamiento de las máquinas y equipos - Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria - Diligenciar los reportes de mantenimiento correspondientes 		Asesor de Mantenimiento

Fuente: Los Autores

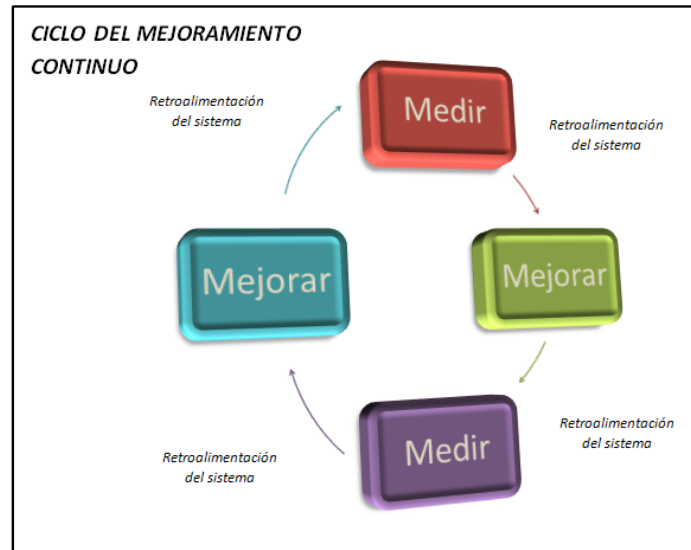
4.5 INDICADORES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

La Ingeniería Industrial tiene una premisa que ha sido transmitida de generación en generación, ésta hace alusión a que aquello que no se puede medir (no cuantificable), tampoco se puede mejorar. También se ha dicho por mucho tiempo que la Ingeniería Industrial sólo tiene sentido en términos de los procesos y de cómo éstos pueden ser mejorados de forma continua, existen a su vez paradojas que hacen alusión al tema, “Creer que siempre estamos a la mitad del camino”⁴⁷ para siempre tener medio camino que recorrer, que mejorar.

Por lo anterior, se puede decir que existe un ciclo definido en los procesos de gestión del mejoramiento en el cual se debe hacer una medición a priori, una optimización en el proceso y una medición a posteriori, para realizar verificación de la efectividad del mejoramiento al proceso seleccionado, las mediciones tiene un carácter informativo sobre la situación del sistema, en ningún caso se deben ver como mecanismos de opresión al personal o al proceso mismo, sino como el medio de recolección de información relacionada con el mejoramiento. Una vez se termine la evaluación, el proceso debe ser capaz de volver a mejorar (Figura 44), esto tiene coherencia con la norma ISO 9001:2008 en lo relacionado con el mejoramiento continuo en las políticas y objetivos de calidad.

⁴⁷ HAY. Edward J. *Justo a Tiempo*. Bogotá. Editorial Norma. 2002. p 48

Figura 44. Ciclo de Mejoramiento Continuo



Fuente: Los Autores

El proceso de implementación en el laboratorio también requirió de la aplicación del ciclo de mejoramiento continuo, en este sentido se realizó un diagnóstico inicial de las características del Mantenimiento en el CTAI, antes de la implementación del modelo TPM.

Una vez realizado el diagnóstico inicial, es necesario determinar las herramientas que permitan identificar y analizar el estado de los procesos de Mantenimiento en el laboratorio. Por esta razón, se han definido indicadores de Gestión que permitirán recolectar información oportuna para la evaluación de las tareas realizadas, identificar oportunidades para el mejoramiento del Plan de Mantenimiento y contribuir a la correcta toma de decisiones. Cada uno de los indicadores se encuentra caracterizado de acuerdo a su objetivo, fórmula y frecuencia de cálculo, característica de aplicación, responsable y rango de aceptación principalmente. Es importante resaltar, que algunos indicadores se aplican a la actividad de Mantenimiento en general, y algunos deben aplicarse a cada uno de los equipos descritos anteriormente con prioridad alta y media (Compresor Kaeser, UPS MGE 72-1610-00, Torno EMCO Unimat PC, Torno EMCO PC TURN 125, Fresadora Benchman VMC4000, Torno Winston BD 1340, Robot MELFA Mitsubishi RV 2A) ya que es vital realizar un correcto seguimiento a la maquinaria, cuyo comportamiento representa un alto impacto para el laboratorio. Los indicadores descritos a continuación se encuentran cargados en el Sistema de Información diseñado, en el cual se realiza su cálculo y se presenta la correspondiente información para su análisis.

Tabla 22. Indicador de Gestión de Mantenimiento: Horas – Hombre de emergencia

Nombre: Horas – Hombre de emergencia	
Objeto de Evaluación: Labor del personal responsable del Mantenimiento	
Objetivo	Fórmula
Determinar si el trabajo del personal de mantenimiento se está empleando en su mayoría para solución de fallas.	_____
Frecuencia	Responsable
Semestral	Miembros del Proceso de Mantenimiento
Observaciones: Si la cantidad de trabajo de emergencia o de reparación de fallas consume más del 20% del recurso de trabajo de mantenimiento, el programa de mantenimiento preventivo no es efectivo. El total de horas, hace referencia a las horas de trabajo programadas por parte del área de mantenimiento ⁴⁸ .	
Rango de aceptación	Acciones
Máximo: 20% Mínimo: 0%	Evaluar el plan de mantenimiento para fortalecer las acciones preventivas.

Fuente: Los autores

Tabla 23. Indicador de Gestión de Mantenimiento: Costo de reparación de las fallas

Nombre: Costo de reparación de las fallas	
Objeto de Evaluación: Presupuesto del área de Mantenimiento	
Objetivo	Fórmula
Destacar el impacto que tiene la reparación de fallas sobre el costo estimado de mantenimiento.	_____
Frecuencia	Responsable
Semestral	Miembros del Proceso de Mantenimiento
Observaciones: El costo directo de reparación de fallas incluye el costo de mano de obra, el equipo que se alquila, los contratistas y cualquier otro costo directo de mantenimiento. Se requiere que todas las reparaciones de emergencia o fallas se identifiquen claramente ⁴⁹ .	
Rango de aceptación	Acciones
Máximo: 30% Mínimo: 0%	Evaluar el plan de mantenimiento para fortalecer las acciones preventivas.

Fuente: Los autores

⁴⁸ *Ibid.*

⁴⁹ *Ibid.*

Tabla 24. Indicador de Gestión de Mantenimiento: Fallas causadas por Mantenimiento Preventivo deficiente

Nombre: Fallas causadas por Mantenimiento Preventivo deficiente	
Objeto de Evaluación: Ejecución del Plan de Mantenimiento	
Objetivo	Fórmula
Examinar las causas de las fallas e investigar si esas causas debieron ser detectadas como parte de un programa de Mantenimiento Preventivo.	_____
Frecuencia	Responsable
Semestral	Miembros del Proceso de Mantenimiento
Observaciones: Este indicador evalúa tanto la efectividad de la Tarea de Mantenimiento Preventivo como la rigurosidad del individuo que la ejecuta. La organización debe comprometerse a realizar un análisis exacto y detallado de las causas de las fallas de los equipos ⁵⁰ .	
Rango de aceptación	Acciones
Máximo: 40% Mínimo: 20%	Realizar modificaciones en la lista de Tareas de Mantenimiento Preventivo, recapacitar a la persona responsable del Mantenimiento.

Fuente: Los autores

Tabla 25. Indicador de Gestión de Mantenimiento: Eficiencia del Equipo

Nombre: Eficiencia del Equipo	
Objeto de Evaluación: Desempeño de los equipos con prioridad alta y media	
Objetivo	Fórmula
Identificar la eficiencia del equipo teniendo en cuenta el tiempo real de uso y el tiempo programado desde el inicio de semestre.	_____
Frecuencia	Responsable
Semestral	Departamento de Mantenimiento
Observaciones: Este indicador evalúa tanto la efectividad de la Tarea de Mantenimiento Preventivo como la rigurosidad del individuo que la ejecuta ⁵¹ .	
Rango de aceptación	Acciones
Debe ser mínimo 95%	Evidenciar las causas de bajos niveles en los indicadores, fortalecer las Tareas de Mantenimiento Preventivo.

Fuente: Los autores

⁵⁰ *Ibid.*

⁵¹ *Ibid.* p 168.

Nota: Cada uno de los valores de aceptación han sido determinados por los autores, ayudados por fuentes bibliográficas y en conjunto con las directivas, personal táctico y operativo del Centro Tecnológico de Automatización Industrial. Los valores de aceptación varían dependiendo del indicador que se está midiendo y paulatinamente se pueden hacer más exigentes, en relación directa con el grado de implementación y disciplina del proyecto de mantenimiento TPM.

5. FASE DE CONSOLIDACIÓN

El plan de mantenimiento TPM pretende crear y consolidar la filosofía de prevención tanto en el área de mantenimiento como en los colaboradores del laboratorio. En consecuencia, los integrantes del CTAI, han sido capacitados en los fundamentos y principios de la filosofía TPM. Igualmente, conocen y manipulan el sistema de información que ha sido diseñado teniendo en cuenta las características y requerimientos específicos del laboratorio. Por otra parte, como apoyo al continuo mejoramiento, se han establecido los periodos de tiempo en los cuales debe ejecutarse la inspección de los reportes y el funcionamiento del sistema de información, así como el seguimiento de los indicadores y la evaluación del área de mantenimiento.

5.1 SEGUIMIENTO DE INDICADORES DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

En la fase de consolidación se debe evaluar el comportamiento de los indicadores durante el periodo de implementación del proyecto, realizando un paralelo entre las mediciones iniciales y finales en un periodo dado. Sin embargo, como se ha resaltado con anterioridad, el laboratorio no cuenta con información cuantitativa apta para el desarrollo de los indicadores iniciales. En consecuencia, se dificulta una valoración objetiva acerca de la evolución de las mediciones de los indicadores en el periodo de implementación. Por tal razón, se ha realizado un diagnóstico final, en el cual se resalta el mejoramiento en los procesos de mantenimiento del laboratorio en cuanto a planeación, tipo de mantenimiento, indicadores de Gestión, y uso de sistemas de información, aspectos en los que se demarcó el impacto del proyecto.

- 1. Planeación de Mantenimiento:** La planeación de las actividades de mantenimiento se realiza anualmente, garantizando la cobertura de la totalidad de las máquinas de acuerdo a su prioridad en el sistema (Alta, Media, Baja). Así mismo, dichas actividades no se enuncian como tareas generales, por el contrario, están relacionadas con la inspección de cada uno de los sistemas de la maquinaria.
- 2. Tipo de Mantenimiento:** Con objeto de reducir al máximo los índices de mantenimiento correctivo debido a la naturaleza de sus usuarios, se ha detectado que las principales fallas se presentan por errores en el encendido de las máquinas y su poco conocimiento en su funcionamiento. En consecuencia, se han diseñado los correspondientes protocolos de encendido de las principales máquinas y se han digitalizado los manuales técnicos con el fin de brindar disponibilidad de la información correspondiente a los principios de operación de la maquinaria.
- 3. Indicadores de Gestión de Mantenimiento:** Se han diseñado las diferentes medidas de desempeño que permiten evaluar la labor de los colaboradores del área de

Mantenimiento en cuanto a aspectos relacionados con costos y horas – hombre asociados a solución de fallas, eficiencia tanto de los equipos como del plan de mantenimiento preventivo, entre otros. De esta manera, la dirección cuenta con herramientas de evaluación y análisis de gestión en mantenimiento.

4. Sistema de Información: Los procesos del área de mantenimiento se gestionan en su totalidad desde el sistema de información que ha sido diseñado teniendo en cuenta las características y requerimientos del laboratorio. El sistema cuenta con los siguientes módulos:

- ☛ MÓDULO 1 – Codificación/Hojas de Vida/P. Encendido/P. Calibración
- ☛ MÓDULO 2 – Periodicidad de Sistemas de Mantenimiento / Reportes de Mantenimiento
- ☛ MÓDULO 3 – Abastecimiento
- ☛ MÓDULO 4 – Indicadores de Gestión – KPI
- ☛ MÓDULO 5 – Reporte de Hallazgos - NC

Cada uno de los módulos garantiza la cobertura de las tareas de mantenimiento tanto administrativas como operativas, cumple con los requerimientos delineados en el sistema de gestión de calidad, y permite la relación de documentos con los demás procesos relacionados con mantenimiento.

5.2 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL

Una vez finalizadas las capacitaciones acerca de la filosofía TPM y el funcionamiento del sistema de Información desarrollado, el personal del laboratorio expresó oportunamente sus ideas de mejoramiento en cuanto a la corrección de algunas tareas de mantenimiento y la necesidad de incluir en el sistema de información, una herramienta que permitiera al usuario identificar la cantidad de horas de trabajo que tiene una máquina en un momento determinado. Las oportunidades de mejora expresadas en la retroalimentación del personal del laboratorio fueron aplicadas en el sistema, logrando una base de datos robusta y coherente con los requerimientos del CTAI.

El proceso de capacitación del personal se complementó con una serie de pruebas en el sistema y un acompañamiento continuo en la solución de dudas y posibles ajustes que se consideraran necesarios. En el proceso de pruebas del sistema, cuya duración fue de un mes, se obtuvieron los siguientes resultados:

Integrante del Laboratorio	Oportunidad de Mejora
Auxiliar Técnico del laboratorio	Herramienta que permitiera determinar las horas de trabajo de la maquinaria en cualquier momento.
Auxiliar Técnico del laboratorio	Herramienta que permitiera eliminar un Reporte de Mantenimiento
Asesor de Mantenimiento	Herramienta que permitiera actualizar los Reportes de Mantenimiento con la aprobación del Asesor de Mantenimiento, en coherencia con el Sistema de Gestión de Calidad.
Asesor de Mantenimiento	Funcionalidad que permitiera dar de baja a los equipos en el sistema de información
Auxiliar Técnico del laboratorio	Modificar algunas tareas de mantenimiento relacionadas con el CIM, motores de la banda, y testigos del almacén automático.
Auxiliar Técnico del laboratorio	Crear una herramienta que permita revisar los reportes de mantenimiento no realizados o que fueron programados en fechas no laborables.

6. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Bajo el mismo esquema mencionado en la sección 3.1.1 se continuará con el mismo procedimiento para determinar el impacto de la implementación del plan de mantenimiento TPM asistido por computador e identificar su efecto en la validación de los criterios mencionados (Mantenimiento, Sistematización, 5 S's, Seis pérdidas)

6.1 SEGUNDA EVALUACIÓN

La evaluación final se realizó el 24 de Septiembre de 2010, luego de realizar los procesos de capacitación al personal técnico y administrativo del laboratorio, inducción al sistema de información TPM diseñado en el presente trabajo de grado y retroalimentaciones en doble vía desde el personal operativo hacia los Autores y viceversa. A continuación se muestran los resultados de las ponderaciones de cada uno de los criterios luego del trabajo desarrollado. Es importante destacar como se ha hecho anteriormente, que ésta evaluación presenta oportunidades de mejoramiento para el laboratorio, algunos criterios se han mejorado, y los logrados en la evaluación anterior se deben mantener, de acuerdo con las políticas de estandarización de los procesos (Sistema de Gestión de Calidad). Los criterios en Rojo y que han sido validados (1), son aquellos que en la evaluación anterior no habían sido aceptados (0) y que por tanto se perfilaban como oportunidades de mejoramiento del Sistema.

Tabla 26. Criterios de Sistematización

No	Tipo	CRITERIO A VERIFICAR	No aplicable		COMENTARIOS
			OK (1) / NOK (0)		
1	GENERALIDADES	Existe conocimiento entre el personal del laboratorio sobre el manejo y sistematización de la información.		1	Validado en la primera evaluación, se mantiene.
2		Existe conocimiento específico en algún software para manejo de bases de datos.		1	Validado en la primera evaluación, se mantiene.
3	BASES DE DATOS	Los procesos de mantenimiento son administrados mediante bases de datos		1	Existe un Sistema de Mantenimiento asistido por bases de datos, donde se maneja el 100% del proceso de mantenimiento.
4		Existe conocimiento sobre el manejo del mantenimiento en otros Centros Educativos mediante el uso de bases de datos		1	La implementación del Sistema de Mantenimiento permite ahondar en el manejo del mantenimiento en Centros educativos.
5	MANTENIMIENTO	El mantenimiento se planifica mediante herramientas ofimáticas que permitan la actualización y trazabilidad de cumplimiento		1	Validado en la primera evaluación, se mantiene.
6		El mantenimiento es analizado y mejorado a partir del uso eficiente de herramientas y tecnologías de la información y comunicación TIC		0	No hay evidencia de la mejora continua en el área de mantenimiento a partir de los sistemas de información TPM
7	ACTUALIZACIÓN	La información de mantenimiento es actualizada cuando así lo requiere el sistema, los procesos de mantenimiento son sistematizados.		1	El Sistema de Información, permite la actualización de información como horas de disponibilidad de máquinas.
RESULTADO EN %				86%	
VALIDACION DEL NIVEL (validado si > 70 %)					VALIDADO

Fuente: Los autores

Tabla 27. Criterios de Mantenimiento

No	Tipo	CRITERIO A VERIFICAR	No aplicable OK (1) / NOK (0)		COMENTARIOS
1	Planeación, Ejecución y Control	Se llenar registros de mantenimiento periódicamente, en la fecha establecida para la realización de tareas.		1	El Sistema de Mantenimiento permite llenar reportes de mantenimiento para cada máquina y su programación respectiva.
2		Se realiza programación de las tareas de mantenimiento y éstas se comunican a toda los participantes en el proceso.		1	Se programan los mantenimiento para cada sistema de las máquinas y estos se conocen al estar la base de datos cargada en el servidor.
3		Los tareas de mantenimiento son validadas por un asesor de mantenimiento luego de su realización, de esta validación queda constancia.		1	Validado en la primera evaluación, se mantiene.
4		Existe una codificación completa de máquinas y equipos para la realización del proceso de mantenimiento, ésta codificación está actualizada.		1	Todas las máquinas y equipos están codificados y sus sistemas de mantenimiento también.
5		Se realizan análisis de la criticidad de las máquinas y equipos para asigna tiempos y tareas de mantenimiento, en coherencia con su importancia para la prestación del servicio.		1	Se conocen por parte del personal las máquinas críticas y estas se han clasificado de tal forma.
6		Se han definido sistemas de mantenimiento en cada una de las máquinas críticas		1	Cada una de las máquinas posee sistemas a los cuales se les programa una fecha demantenimiento.
7	Talento Humano	Todo el personal del laboratorio está capacitado en mantenimiento y conoce sus tareas o funciones dentro del proceso (Autonomía)		0	Aun es importante mejorar la ejecución de la tareas de mantenimiento a nivel autónomo, esto contempla limpieza y lubricación diaria de equipos.
8		Existen planes de capacitación y se deja registros de las realizadas.		0	Aunque el Trabajo realizó capacitaciones, los planes de capacitación no se han diseñado por parte del personal del mantenimiento.
9	Medio Ambiente	El sistema de mantenimiento contribuye a la preservación del medio ambiente mediante la reducción de papelería y otras actividades como jornadas de reciclaje.		1	la papelería se ha reducido al tener toda la información en los sistemas.
10	Sistema de Información	Existen hojas de vida actualizadas y con los datos necesarios para el conocimiento y/o operación de las máquinas y equipos.		1	Validado en la primera evaluación, se mantiene.
11		Existe un mecanismo de administración de la información de mantenimiento.		1	Validado en la primera evaluación, se mantiene.
12		La información está disponible para todos los interesados del proceso.		1	Validado en la primera evaluación, se mantiene.
13		Los documentos y registros se guardan y se analiza aspectos como seguridad, protección, disponibilidad.		1	Validado en la primera evaluación, se mantiene.
RESULTADO EN %				92%	
VALIDACION DEL NIVEL (validado si > 70 %)					VALIDADO

Fuente: Los autores

Tabla 28. Criterios de Seis Pérdidas

No	Tipo	CRITERIO A VERIFICAR	No aplicable OK (1) / NOK (0)		COMENTARIOS
1	Pérdidas de Tiempo (Averías, Reparación y Ajustes)	No se presenta periodicidad en los tiempos inactivos de las máquinas como resultado de las acciones de mantenimiento.		1	Se validó en la primera evaluación, se mantiene.
2		El desarrollo de las clases no se ve afectado por las acciones de mantenimiento en la ejecución del mismo.		1	Se validó en la primera evaluación, se mantiene.
3		No existen cambios de herramientas, partes y/o suministros innecesario que disminuyen el tiempo productivo de la máquina, tampoco se llenan documentos innecesarios.		1	Se validó en la primera evaluación, se mantiene.
4		Existen técnicas implementadas como el SMED que buscan la reducción de tiempos muertos debido a los ajustes en las máquinas.		0	No hay evidencia del interés de la alta dirección del laboratorio para prevenir los tiempos de inactividad de las máquinas. Mediciones del tiempo de mantenimiento.
5	Pérdidas de Velocidad (Inactividad, Pérdidas de paradas menores)	No existen detenciones menores debido a paradas de máquinas causadas por atascamientos menores y fallos en la operación de los equipos		0	Si ha detenciones menores en el servicio, éstas se mitigan mediante la reprogramación de cursos y clases. Ej. Fresadora Benchman VMC 4000.
6		Hay cultura de mantenimiento para reportar los hallazgos de paradas menores en las máquinas y equipos y que afectan en pequeña o gran medida la prestación del servicio.		1	Se validó en la primera evaluación, se mantiene.
7		Hay análisis de los niveles de referencia de las máquinas, para poder hacer comparaciones de la producción realizada con la planeada, se puede expresar en horas de servicio.		1	la aplicación del Sistema de Información facilita el análisis de los niveles adecuados que debe tener cada sistema.
8		Se hace verificación constante para prevenir problemas mecánicos en el funcionamiento de máquinas y equipos.		1	Al haber sistemas de mantenimiento que tiene una periodicidad asignada, se disminuye los problemas mecánicos por fallas de funcionamiento.
9	Pérdidas de calidad (Calidad de piezas, Reprocesamiento)	Existe seguimiento al reproceso de piezas y partes en las máquinas debido a la no calidad, y se realizan acciones correctivas para mejorar este tema.	N/A		
10		Se realizan verificaciones de alarmas, paros de emergencia, detenciones, lubricación y ajustes con una periodicidad establecida.		1	Se validó en la primera evaluación, se mantiene.
RESULTADO EN %				78%	
VALIDACION DEL NIVEL (validado si > 70 %)					VALIDADO

Fuente: Los autores

Tabla 29. Criterios de las 5S's

No	Tipo	CRITERIO A VERIFICAR	No aplicable OK (1) / NOK (0)		COMENTARIOS
1	ELIMINAR	No existen mesas de trabajo, cajones, armarios y estanterías innecesarias.		1	
2		No hay herramientas innecesarias o dañadas (observar paredes, encima y dentro de armarios y estanterías). Incluye herramientas de trabajo y elementos de aseo.		1	
3	ORGANIZAR	La documentación cuenta con un lugar asignado y demarcado (Carpetas, tableros, tótems, carteleras, etc.)		1	La documentación de mantenimiento se guarda en el Sistema de Información TPM.
4		Existe una rutina de evacuación de residuos, la cual previene acumulación y desorden (frecuencia, responsable, etc.)		1	Ésta rutina se realiza pero no está escrita.
5	LIMPIAR	Las herramientas y equipos para la prestación del servicio, están limpios y en buen estado.		1	
6		Los elementos de seguridad (incluyendo alarmas) están en buen estado de funcionamiento. El alumbrado es suficiente y funciona correctamente.		1	
7	ESTANDARIZAR	La información comunicada en los tableros o sitios asignados, cumple con los lineamientos corporativos, todo el personal del área conoce la información y conoce quien es el responsable de su actualización		1	
8		Existe un plan de mantenimiento de los equipos de seguridad (extintores, botiquín, etc.). El plan de evacuación esta actualizado y desplegado.		1	Los planes de mantenimiento relacionados con Seguridad Industrial son responsabilidad de la Oficina de Administración del Campus.
9	MANTENER	Se realiza seguimiento a las actividades de mejoramiento en 5S's, es importante destacar las acciones correctivas y planes de acción relacionados.		1	
10		5S es una prioridad para el equipo de trabajo. Hay un indicador de 5S sobre el tablero de indicadores		0	No hay indicadores 5S's desplegados en carteleras.
RESULTADO EN %				90.0%	
VALIDACION DEL NIVEL (validado si > 70 %)			VALIDADO		

Fuente: Los autores

6.2 ANÁLISIS DE LAS EVALUACIONES DEL PROYECTO TPM

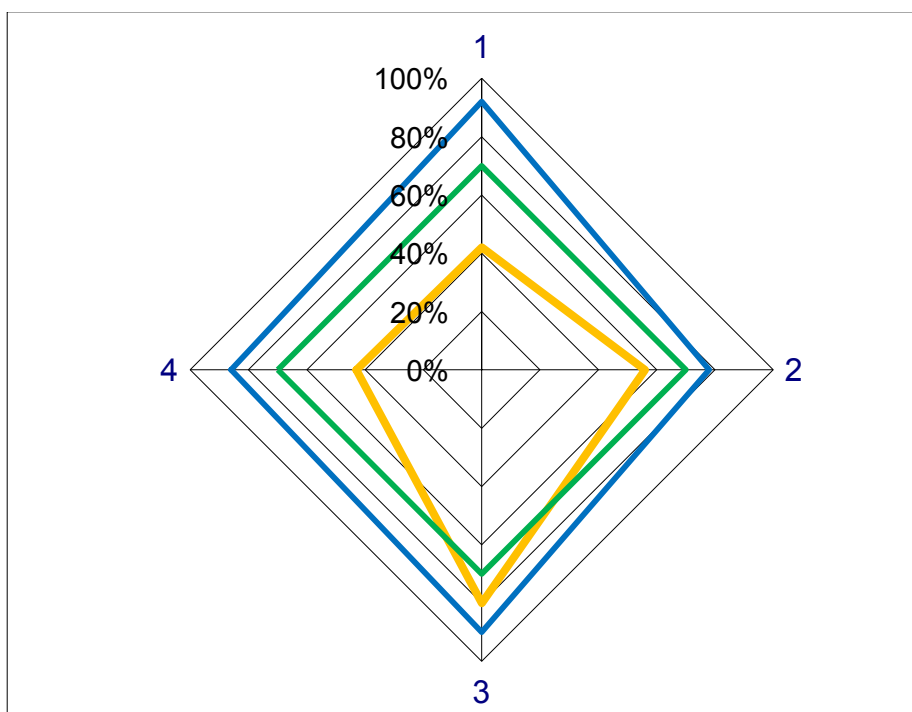
A continuación se presenta una tabla con las ponderaciones de cada una de las evaluaciones realizadas y las gráficas correspondientes:

Tabla 30. Ponderación en Evaluaciones

Criterio	Calificación Evaluación 1	Calificación Evaluación 2	Aprobación
Sistematización	42%	92%	70%
Mantenimiento	56%	78%	70%
5 S's	80%	90%	70%
Grandes Pérdidas	43%	86%	70%

Fuente: Los autores

Gráfica 12. Radar: Evaluación Criterios del Sistema de Mantenimiento



Fuente: Los autores

La tabla y la gráfica muestran el incremento obtenido luego de la realización de evaluaciones, como se ha explicado en los criterios y en el capítulo de seguimiento de indicadores, Véase... sección 5.1, de este modo, la implementación del Sistema de mantenimiento TPM, ha desarrollado

una cultura enfocada en la prevención y planeación de recursos, con miras a mantener o aumentar la disponibilidad de las máquinas y equipos.

La segunda evaluación permite percibir la validación de los cuatro temas proyectados para el seguimiento, su variación obedece al incremento en las ponderaciones obtenidas entre el análisis inicial y final. El proyecto se encontraba enmarcado en una situación inicial con inexistencia de información y pocos elementos para el análisis de la gestión de mantenimiento, y una situación final en la que existe un aporte en tecnología y métodos de trabajo. El avance percibido se ve reflejado en el aumento porcentual de los criterios.

Los criterios 5 S's y seis grandes pérdidas si bien no son desarrollados en profundidad en el presente trabajo de grado, si son impactadas de forma positiva a través de la implantación del sistema información TPM. De esta manera, es importante destacar que el proyecto contempla la integración total de los recursos técnicos y humanos del laboratorio y por lo tanto se garantiza el mejoramiento continuo en las temáticas tomadas como referencia en la evaluación.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El plan de mantenimiento debe contemplar las características principales del servicio prestado por el laboratorio, así como las particularidades de sus usuarios. En consecuencia, dicho plan se encuentra enfocado en proporcionar a los usuarios (estudiantes con poca o nula experiencia en el funcionamiento de los equipos) herramientas que permitan reducir al máximo los índices de mantenimiento correctivo. Por otra parte, es importante resaltar que el plan diseñado debe estar enmarcado en las exigencias del sistema de gestión de calidad, así, que debe garantizar la trazabilidad de los procesos y la prestación de un servicio óptimo.

La gestión por procesos que ha adoptado el Centro Tecnológico de Automatización Industrial, se constituye en el marco “perfecto” para la realización de un plan de mantenimiento bajo el modelo Total Productive Maintenance, ya que permite una integración total de las áreas que componen la organización y la realización de actividades de forma transversal entre compras, mantenimiento, planeación estratégica, prestación del servicio, entre otros aspectos claves de este laboratorio de la Facultad de Ingeniería. A su vez facilita la comunicación entre el personal técnico y administrativo, ya que las personas conocen su rol dentro del proceso de mantenimiento y lo ejecutan de acuerdo con los procedimientos establecidos para tal fin.

El plan TPM tuvo un gran impacto en el proceso de apoyo relacionado con mantenimiento (aumento de 22% en este criterio de evaluación), ya que en la primera fase no se contaba con datos confiables ni con una periodicidad establecida que tuviera relación con las fechas de mantenimiento de las máquinas y equipos y su correspondencia con el abastecimiento de insumos para las tareas. Lo anterior sumado con la falta de indicadores de medición que no facilitaban la ejecución del ciclo de mejoramiento continuo en el que está enmarcada la gestión por procesos y la correspondiente certificación de calidad ISO 9001:2008 del laboratorio. El proyecto contempló el diseño e implementación de Indicadores de gestión relacionados con la disponibilidad de las máquinas, las detenciones de emergencia, horas hombre en mantenimiento y demás temas de interés para la dirección del laboratorio.

El diseño de un plan de mantenimiento está sujeto en primera instancia a la clasificación de la maquinaria existente de acuerdo al impacto que supone su mal funcionamiento en el desarrollo de las actividades misionales de una organización. De esta manera, es posible identificar la prioridad de cada uno de los equipos y determinar la apropiada periodicidad en que se deben realizar las tareas de mantenimiento, teniendo en cuenta los sistemas que lo componen, así como su criticidad global.

Las tareas de mantenimiento constituyen las actividades tanto administrativas como operativas. La identificación clara de dichas tareas, así como su correspondencia con otras dependencias

permite garantizar productividad y organización del tiempo del personal. Así mismo, las actividades relacionadas con la maquinaria, deben ser caracterizadas de acuerdo a los sistemas que componen los equipos, evitando formulaciones generales que no permiten detectar a tiempo los problemas potenciales de las máquinas.

El talento humano cumple un papel de gran importancia en la correcta implementación del modelo TPM al punto de constituirse como uno de sus grandes pilares, por este motivo se ha realizado un plan de capacitación que contempla introducción al sistema de mantenimiento para aprendices del SENA, técnicos, usuarios (estudiantes) e ingenieros. De esta manera se garantiza la participación activa y responsabilidad en funciones y actividades, y con una filosofía en toda la organización que propenda por el mejoramiento continuo y por los métodos y formas para ejecutar los procesos de una forma adecuada, de tal modo que se optimicen los recursos y se genere un mayor impacto en los servicios prestados o productos manufacturados. Es el personal, uno de los elementos más importantes en la retroalimentación que se debe hacer al Sistema de Mantenimiento, pues son quienes conocen de primera fuente las Fortalezas y Oportunidades que se tienen y pueden ser potencializadas, así como las Debilidades y Amenazas que deben ser corregidas y subsanadas. Los planes de capacitación y el compromiso constante del personal han contribuido al aumento porcentual del 10%.

Los sistemas de información se muestran como una herramienta adecuada para realizar registros de datos y actualización de los mismos, además permiten la trazabilidad de los procesos a través de una codificación clara, que en el caso del mantenimiento se le otorga a las máquinas y equipos, a las locaciones físicas, los sistemas de la maquinaria, así como información que se considera importante y que se puede estandarizar mediante la asignación de un código o nomenclatura previamente detallada y justificada en el sistema.

El sistema de información es uno de los pilares del plan de mantenimiento, y fue diseñado teniendo en cuenta las tareas propias del área, así como su relación con otros departamentos. Para lograr la participación del personal de mantenimiento en el uso de dicho sistema, es importante que se cuente con una interfaz gráfica agradable y de fácil comprensión, ya que el usuario está interactuando constantemente con los módulos diseñados para asegurar la correcta ejecución de sus tareas. La implementación del sistema de información en el proceso de mantenimiento del CTAI obtuvo un incremento del 50%, que se ve reflejada en la efectividad de los procesos de mantenimiento del laboratorio.

Recomendaciones

A medida que se consolide el plan de mantenimiento en el laboratorio y el personal se sienta identificado totalmente con el desarrollo de actividades a través del sistema de información TPM, se deben implementar los pilares que no han sido profundizados en el presente trabajo de grado,

entre estos se encuentran: Mejoramiento de Equipos, TPM en la oficina, Seguridad y Gerencia Ambiental y Adquisición de nuevos equipos. Dicha implementación puede ser realizada mediante un proyecto interno desarrollado por la dirección o por futuros trabajos de grado de pregrado y maestría.

Una vez el plan de mantenimiento asistido por computador, se fortalezca en el Centro Tecnológico de Automatización Industrial, y con ayuda del personal docente de planta y cátedra, además de otros investigadores asociados; el mantenimiento se puede tomar como una alternativa de investigación adoptada en el Departamento de Ingeniería Industrial, y que puede ser plataforma de consultoría para otras instituciones públicas o privadas, contemplando PYMES y grandes empresas.

Los laboratorios con orientación profesional de la ciudad y el país se caracterizan por ser un espacio de aprendizaje para usuarios con pocos conocimientos en el funcionamiento de los equipos que se encuentran a su disposición. Teniendo en cuenta que dichas particularidades han sido contempladas por el plan de mantenimiento TPM diseñado para el CTAI, éste puede ser reproducido en otras instituciones como el Centro de Estudios de Ergonomía de la Facultad de Ingeniería, logrando reducir los índices de mantenimiento correctivo y afianzando una filosofía de prevención en la comunidad educativa.

El Centro Tecnológico cuenta con diversos sistemas de información relacionados con prestación del servicio (programación de profesores, asignaturas y recursos), compra de insumos y procesos de outsourcing, además de mantenimiento TPM. En el futuro se pueden integrar todos los sistemas de información a través de aplicaciones web, en la que se tenga acceso remoto y se permita la disponibilidad de la información para mayor cantidad de personas.

BIBLIOGRAFÍA

- a) ALVAREZ LAVERDE, Humberto, La Practica del TPM. [en línea]. <<http://www.ceroaverias.com/pageflip/consideracionesparapractica.htm>> [Citado en 13 de Julio de 2010]
- b) Centro Tecnológico de Automatización Industrial. Política de Calidad. [en línea] <http://portal.javeriana.edu.co/portal/page/portal/Facultad%20de%20Ingenieria/dpto_indust_laboratorios> [Citado en 12 de Julio de 2010]
- c) CHAND, G. SHIRVANI, B. Implementation of TPM in cellular manufacture. Journal of Materials Processing Technology. Volumen 103. Año: 2000. p 149-154.
- d) CUATRECASAS Arbos, Lluís. TPM Total Productive Maintenance, Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción, Gestión 2000 S.A. p 258 – 264.
- e) Curso de Auditor Interno ISO 9001:2008. Manual del participante. SGS Colombia S.A. Training Services. Bogotá, Enero 2009. p 26.
- f) GARCÍA Garrido, Santiago. ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DEL MANTENIMIENTO. Ediciones Díaz de Santos S.A. 2003. p 43 – 45.
- g) Gestión de Mantenimiento Asistido por Computador. [en línea]. <<http://www.gmao.es/gmao.htm>> [Citado en 11 de Febrero de 2010]
- h) GONZÁLEZ Fernández, Francisco Javier. Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado. FC Editorial. Año 2005. p 418 – 421.
- i) HAY. Edward J. Justo a Tiempo. Bogotá. Editorial Norma. 2002. p 42.
- j) Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Documentación: Presentación de Tesis, Trabajos de Grado y otros Trabajos de Investigación. Bogotá: ICONTEC, 2008. (NTC 1486). p 12 – 39.
- k) Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Documentación: Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos. Bogotá: ICONTEC, 2008. 3 p. (ISO 9001:2008)
- l) LOPEZ, A. Ernesto A. El Mantenimiento Productivo Total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación [Trabajo de grado]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería; 2009. p 31.

- m) LUCCHESI, Doménico. Verificación de Piezas y Maquinas Herramientas. Editorial Labor. Año: 1973. P 16 – 45
- n) MAYNARD, Harold Bright. ZANDIN, Kjell B; MAYNARD'S INDUSTRIAL ENGINEERING HANDBOOK. 5th ed. Pittsburgh Pennsylvania. Año: 2001. p 16.58 – 16.59.
- o) NAKAJIMA, Seiichi. PROGRAMA DE DESARROLLO DEL TPM - Implementación del Mantenimiento Productivo Total. Productivity Press, Inc. 1989. p 29 – 35, 127 - 161.
- p) NIETO, Raúl Eduardo. El cambio y el sentido de lo irracional: incertidumbre, complejidad y caos. 1 ed. Bogotá. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Año: 2006. p 24 – 25.
- q) REY Sacristán, Francisco. Mantenimiento total de la producción TPM – Proceso de implementación y desarrollo. FC Editorial. Año: 2001. p 48.
- r) RODRIGUES, Marcelo. HATAKEYAMA, Kazuo. Analysis of the fall of TPM in companies; Journal of Materials Processing Technology. Edición 179, Año: 2006. p 276–279.
- s) Total Pump Management. Lower costs, better availability – maximum peace of mind. [en línea].<http://www.ksb.com/ksb/web/COM/en/segmente/service/1_Services/1.8_TPM/TPM.art.html> [Citado en 27 de Marzo de 2010]
- t) WIREMAN, Terry. Desarrollo de Indicadores de desempeño para administración de Mantenimiento. Rojas Eberhard Editores Ltda. Año: 1998. p 29 – 39.

Anexo 1. Modelos de Mantenimiento

El mantenimiento es una actividad que cuenta con gran importancia en el desarrollo de las actividades de una organización, teniendo en cuenta su repercusión en los tiempos de producción, calidad en los productos, seguridad y rentabilidad de su operación. A través de la historia, se evidencia una evolución en las actividades de mantenimiento, logrando estructurar un plan que permita lograr los mayores estándares de calidad en una organización. A pesar de los avances logrados, un modelo estructurado de mantenimiento como el TPM, aun no es aplicado en todas las compañías, debido a factores relacionados con la capacidad económica, la infraestructura, el personal o incluso por la cultura corporativa existente. En la Tabla 1 se expresan las características de los modelos de mantenimiento existentes, y sus ventajas y desventajas en el momento de ejecutarse en una compañía.

Una vez conocidas las características de cada uno de los modelos de mantenimiento, es importante identificar las necesidades del Centro Tecnológico de Automatización Industrial, a fin de reconocer cual es el modelo que se ajusta más a sus requerimientos. Teniendo en cuenta, que el objetivo principal del CTAI es brindar un espacio para la realización de prácticas estudiantiles y realización de investigaciones, necesita un modelo de mantenimiento robusto que permita garantizar tanto el buen funcionamiento de la maquinaria, equipos e instalaciones como su máximo rendimiento, a fin de cumplir a cabalidad con su objetivo. Teniendo en cuenta la información anterior, el modelo de Mantenimiento Productivo Total (TPM) se proyecta como un modelo de mantenimiento sólido, cuyo objetivo es afín con el planteado por el CTAI, y cuyas actividades permiten obtener el máximo desempeño y excelente comportamiento de maquinas, equipos e instalaciones. La figura muestra la estructura de gestión de una empresa, y se puede ver claramente el papel fundamental del mantenimiento dentro del eje de gestión.

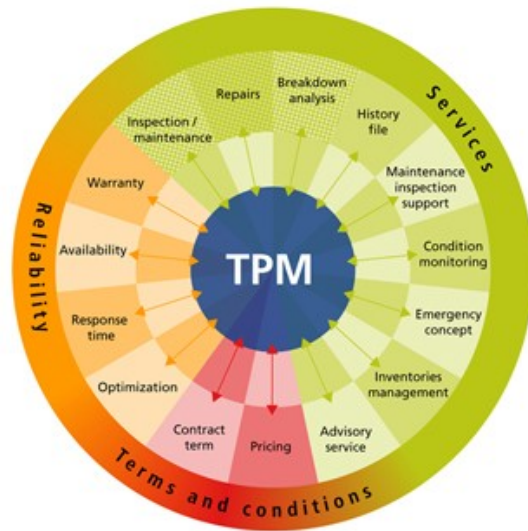


Figura. Total Pump ManagementFuente: Total Pump Management⁵²

⁵² Total Pump Management. Lower costs, better availability – maximum peace of mind. [En línea].<http://www.ksb.com/ksb/web/COM/en/segmente/service/1_Services/1.8_TPM/TPM.art.html> [Citado en 27 de Marzo de 2010]

La selección del modelo de mantenimiento TPM se ha realizado mediante la recopilación de información de ciertos modelos de mantenimiento aplicables a una organización. En la siguiente tabla se pueden observar estos modelos.

	Mantenimiento Correctivo	Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Productivo Total (TPM)
Objetivo	Restablecer la maquinaria a su estado de operación	Detectar las fallas en los equipos y corregirlas en el momento oportuno	Eliminar desechos obteniendo el mejor rendimiento de los equipos y reduciendo las interrupciones o paradas de producción
Ejecución	Se realiza en el momento en que las máquinas presentan desperfectos	Se lleva a cabo según las fechas programadas	Se ejecuta de acuerdo al Plan de Mantenimiento
Actividades realizadas	Acciones necesarias para el arreglo inmediato de la maquinaria	Ajustes, lubricación, limpieza, calibración.	Inspecciones visuales, lubricación, verificación del funcionamiento de la maquinaria, ajustes condicionales, limpiezas técnicas sistemáticas, ajustes sistemáticos, sustitución sistemática de piezas.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costo de mano de obra bajo. ▪ El personal no requiere alta capacitación. ▪ No se requiere gran infraestructura. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evitar altos costos generados por daños en las máquinas. ▪ Reducir o eliminar las pérdidas o retrasos en la producción. ▪ Aumento en la disponibilidad de los equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menores averías de mantenimiento. ▪ Menores tiempos de cambio y alistamientos. ▪ Menores costos de mantenimiento. ▪ Velocidad de equipos mejorada. ▪ Menores equipos causantes de problemas de calidad. ▪ Calidad Total y Mejora continua
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pérdidas en producción. ▪ Subcontratación. ▪ Ordenes perdidas. ▪ Interrupción de otras máquinas. ▪ Altos costos de reparación y seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inversión moderada en infraestructura y personal especializado. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Requiere cambio de cultura organizacional. ▪ Alta inversión en infraestructura, personal especializado y proceso de formación. ▪ Proceso de implementación largo.
Vida útil de equipos, máquinas e instalaciones	Baja	Alta	Muy Alta

Anexo 2. Acta de reunión: Capacitación en los fundamentos del TPM

Capacitación: Un Sistema de Información TPM
Ref. Introducción al mantenimiento Productivo Total.
6 de Agosto de 2010
Acta No. 2


CONTEXTO

La capacitación se desarrolló con el ánimo de establecer criterios claros para la implementación del plan de mantenimiento diseñado en el trabajo de grado, todo enmarcado dentro de la importancia del talento humano para una correcta implementación de un sistema asistido por computador, la reunión busca concienciar a los técnicos y demás personas administrativo de la importancia de un sistema de mantenimiento robusto que funcione acorde con las necesidades del laboratorio.

DESARROLLO

Se desarrolló una introducción y profundización en los conceptos del Mantenimiento Productivo Total, estos conceptos contemplaron la historia del mantenimiento y su importancia dentro de los sistemas de producción (Caso Toyota), el mantenimiento en Colombia, el mantenimiento y los Sistemas de Gestión de Calidad (ISO 9001) y casos de éxito en Colombia (Grupo Nacional de Chocolates – Colcafé y Grupo CORONA - Grival)

En la reunión se explicaron en profundidad los temas y las fases que se constituyen en el eje fundamental del desarrollo del plan de mantenimiento TPM, entre éstas encontramos:

- ☛ Fase de Preparación.
- ☛ Fase de Introducción.
- ☛ Fase de Implementación.
- ☛ Fase de Consolidación.

Se mostraron avances del sistema de información desarrollado, para recolectar oportunidades de mejoramiento y poder fortalecer el Sistema de Gestión en Mantenimiento TPM.

Anexo 3. Acta de reunión: Capacitación en el funcionamiento del sistema de información

Capacitación: Un Sistema de Información TPM
Ref. Trabajo de Grado relacionado con el área de mantenimiento del laboratorio.
20 de Agosto de 2010
Acta No. 3


CONTEXTO

Uno de los aspectos fundamentales de un plan de mantenimiento bajo el modelo TPM es el sistema de formación, la implementación de un sistema de mantenimiento integral (es decir, que se relaciona y es transversal a varios procesos del CTAI), necesita capacitación de todas las personas involucradas directamente. Por esta razón, uno de los entrenamientos orientados estuvo orientado hacia el funcionamiento del sistema de información desarrollada para el área de mantenimiento.

DESARROLLO

En la reunión se explicaron formalmente la funcionalidad y fundamento de cada uno de los módulos del sistema de información:

- ☛ MÓDULO 1 – Codificación/Hojas de Vida/P. Encendido/P. Calibración
- ☛ MÓDULO 2 – Periodicidad de Sistemas de Mantenimiento / Reportes de Mantenimiento
- ☛ MÓDULO 3 – Abastecimiento
- ☛ MÓDULO 4 – Indicadores de Gestión
- ☛ MÓDULO 5 – Reporte de Hallazgos – No Conformidades

Los participantes del entrenamiento (Responsables de Mantenimiento) expresaron su aceptación al proyecto y valoraron la funcionalidad del sistema de información en el desarrollo de las actividades del CTAI, así como la alineación del proyecto con el sistema de Gestión de Calidad del laboratorio. Así mismo, se generaron sugerencias constructivas enfocadas a la aclaración de algunas tareas de mantenimiento enunciadas en el sistema.

En conclusión, el sistema de información ha cumplido con las expectativas del personal de Mantenimiento, sin embargo, deben realizarse modificaciones en algunas actividades propias del área con el fin de lograr trazabilidad en los procesos.

Anexo 4. Acta de reunión con el círculo de calidad del CTAI

Reunión con el Círculo de Calidad del CTAI
Ref. Trabajo de Grado relacionado con el área de mantenimiento del laboratorio.
20 de Mayo de 2010
Acta No. 1


CONTEXTO

El Centro Tecnológico de Automatización Industrial se encuentra certificado bajo la norma ISO 9001:2008, mediante la firma Bureau Veritas.

Para la apropiación de la norma y la certificación otorgada se ha desarrollado un círculo de calidad que se encarga del mantenimiento de los estándares de calidad que debe tener el laboratorio, dado que es más importante mantener la certificación, que obtenerla.

El círculo de calidad del laboratorio está compuesto por su personal estratégico, operativo y de soporte, en coherencia con su mapa de procesos.

- En el personal estratégico están El director del laboratorio, un profesional desempeñándose en el área de abastecimiento y un profesional desempeñándose en el área de mantenimiento
- En el personal operativo o misional, se encuentran tres técnicos calificados en las áreas de mecánica, mecatrónica y automatización industrial.
- En el personal de soporte se encuentra un Ingeniero designado por el Departamento de Ingeniería Industrial, que se encarga de la estructura del plan de calidad.

DESARROLLO

En la reunión se presentó formalmente la propuesta de Trabajo de Grado:

Diseño e implementación de un plan de mantenimiento bajo el modelo *Total Productive Maintenance* (TPM) asistido por computador, aplicado en el Centro Tecnológico de Automatización Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana – Sede Bogotá.

Se mostraron los adelantos que se han realizado en relación a la base de datos en MS Access, y se recibieron aportes relacionados con el mejoramiento continuo del proyecto.

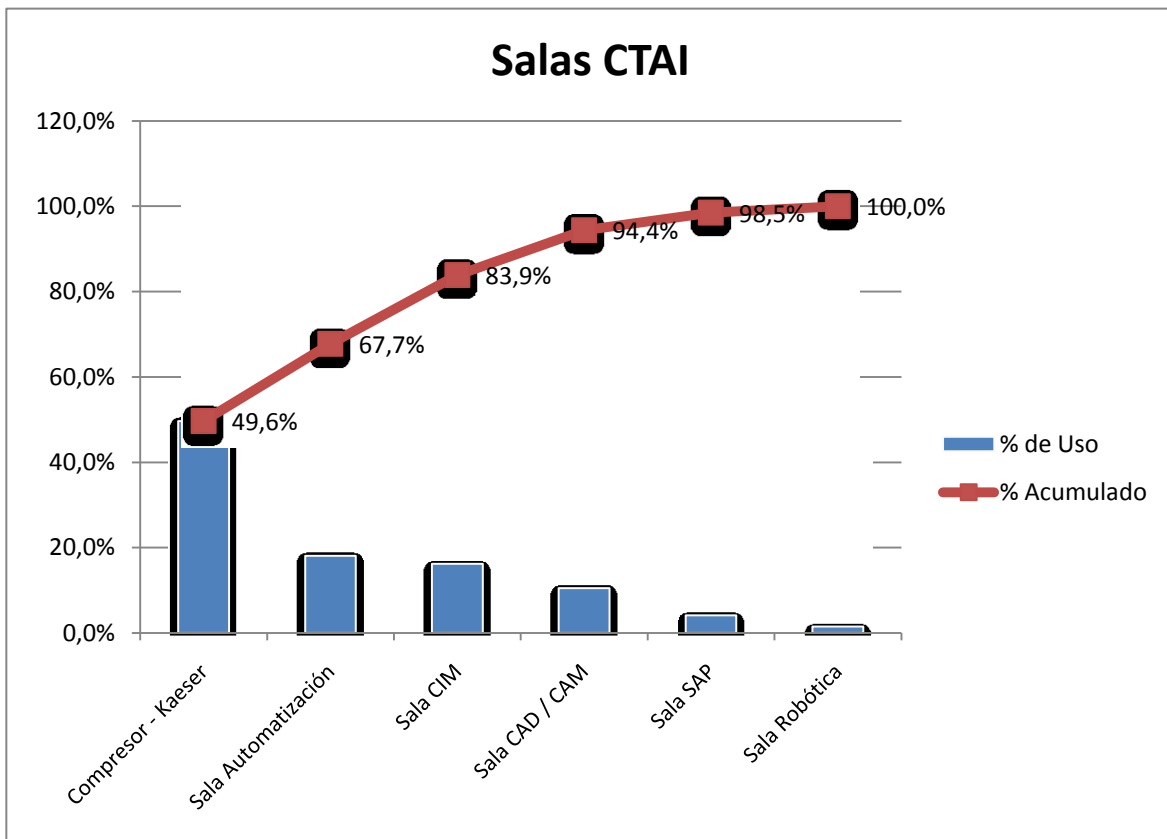
Algunas de las intervenciones fueron las siguientes:

Relación de aportes por parte de los miembros del Círculo de Calidad	
Director del Laboratorio	Es adecuado reconocer que dada la naturaleza del laboratorio es poco factible el término “cero defectos”, sin embargo, si se puede disminuir al máximo los tiempos muertos de máquinas.
Director del Laboratorio	Sería importante adelantar las hojas de vida con miras a fortalecer los temas de mantenimiento en la auditoría externa de calidad del laboratorio en Julio.
Ingeniero designado por el Departamento de Ingeniería Industrial	Es necesario realizar una medición a priori del sistema, para poder evaluar el aumento de la productividad en términos de mantenimiento al implantar el sistema TPM.
Profesional de Abastecimiento	Sería importante desarrollar un aplicativo computacional que permita visualizar el panorama de mantenimiento en un periodo dado, para la posterior adquisición de suministros y partes.
Autores del proyecto	Para la implementación es necesaria la apropiación de una filosofía de mantenimiento por todos los miembros del laboratorio, para tal fin, se enviará un informe mensual del avance del proyecto en aras de fortalecer el programa y elevar la moral.

En términos generales el proyecto cumple con las expectativas del círculo de calidad, sin embargo es necesario realizar modificaciones en el aspecto operativo de la base de datos, en relación directa con el mejoramiento continuo y la retroalimentación dada por los integrantes del laboratorio.

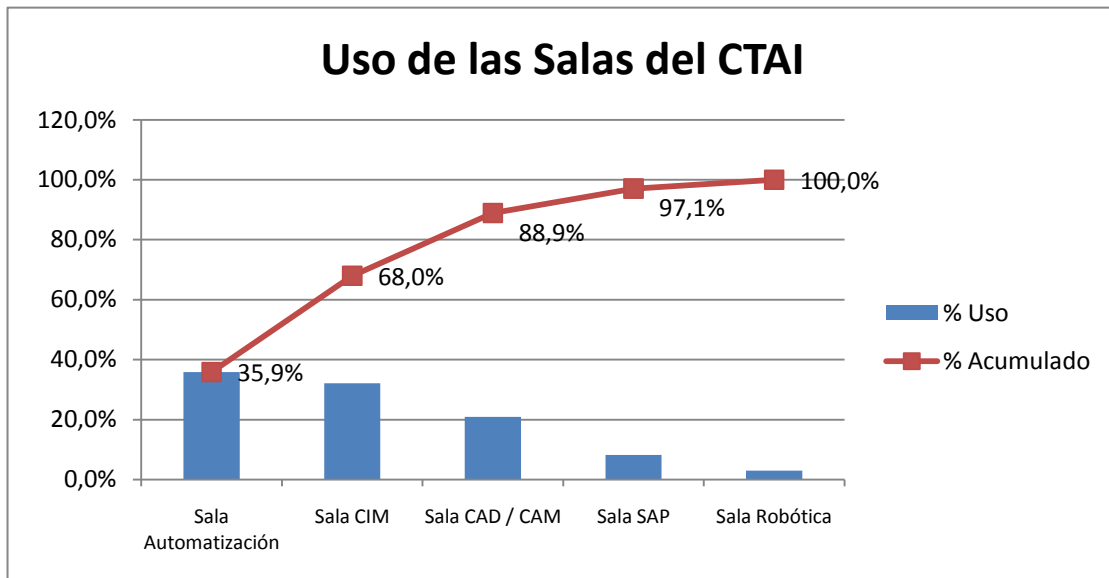
Anexo 5. Análisis de Pareto: Salas del CTAI y Compresor Kaeser

Salas CTAI				
Sala	Frecuencia (Horas)	F Acumulada	%	% acumulado
Compresor - Kaeser	3024	3024	49,6%	49,6%
Sala Automatización	1101	4125	18,1%	67,7%
Sala CIM	985	5110	16,2%	83,9%
Sala CAD / CAM	641	5751	10,5%	94,4%
Sala SAP	251	6002	4,1%	98,5%
Sala Robótica	90	6092	1,5%	100,0%
	6092			



Anexo 6. Análisis de Pareto: Salas del CTAI y Compresor Kaeser

Sala	Frecuencia (Horas)	F Acumulada	%	% acumulado
Sala Automatización	1101	1101	35,9%	35,9%
Sala CIM	985	2086	32,1%	68,0%
Sala CAD / CAM	641	2727	20,9%	88,9%
Sala SAP	251	2978	8,2%	97,1%
Sala Robótica	90	3068	2,9%	100,0%
	3068			



Anexo 7. Análisis de Pareto: Relación entre las Asignaturas dictadas en la Sala CIM y el uso de los equipos de la misma.

Fabricación por Computador				
Máquina	Intensidad Horaria/Semestre		Número de Grupos	Número Total de Horas
Torno EMCO Unimat PC	6	horas	2	12
Torno EMCO PC TURN 125	6	horas	2	12
Fresadora Benchman VMC4000	12	horas	2	24
			TOTAL	48

Procesos Industriales (Politécnico Grancolombiano)				
Máquina	Intensidad Horaria/Semestre		Número de Grupos	Número Total de Horas
Torno EMCO Unimat PC	2	horas	3	6
Torno EMCO PC TURN 125	6	horas	3	18
Fresadora Benchman VMC4000	10	horas	3	30
			TOTAL	54

Máquinas y Equipos				
Máquina	Intensidad Horaria/Semestre		Número de Grupos	Número Total de Horas
Torno EMCO Unimat PC	17	horas	8	136
Torno EMCO PC TURN 125	17	horas	8	136
Fresadora Benchman VMC4000	17	horas	8	136
			TOTAL	408

Procesos Básicos de Manufactura				
Máquina	Intensidad Horaria/Semestre		Número de Grupos	Número Total de Horas
Torno EMCO Unimat PC	9	horas	5	45
Fresadora Benchman VMC4000	12	horas	5	60
			TOTAL	105

Manufactura Flexible				
Máquina	Intensidad Horaria/Semestre		Número de Grupos	Número Total de Horas
PLC Twido	18	horas	2	36
Robot MELFA Mitsubishi RV 2A	36	horas	2	72
Almacén Automático	27	horas	2	54
Banda Transportadora	27	horas	2	54
			TOTAL	216

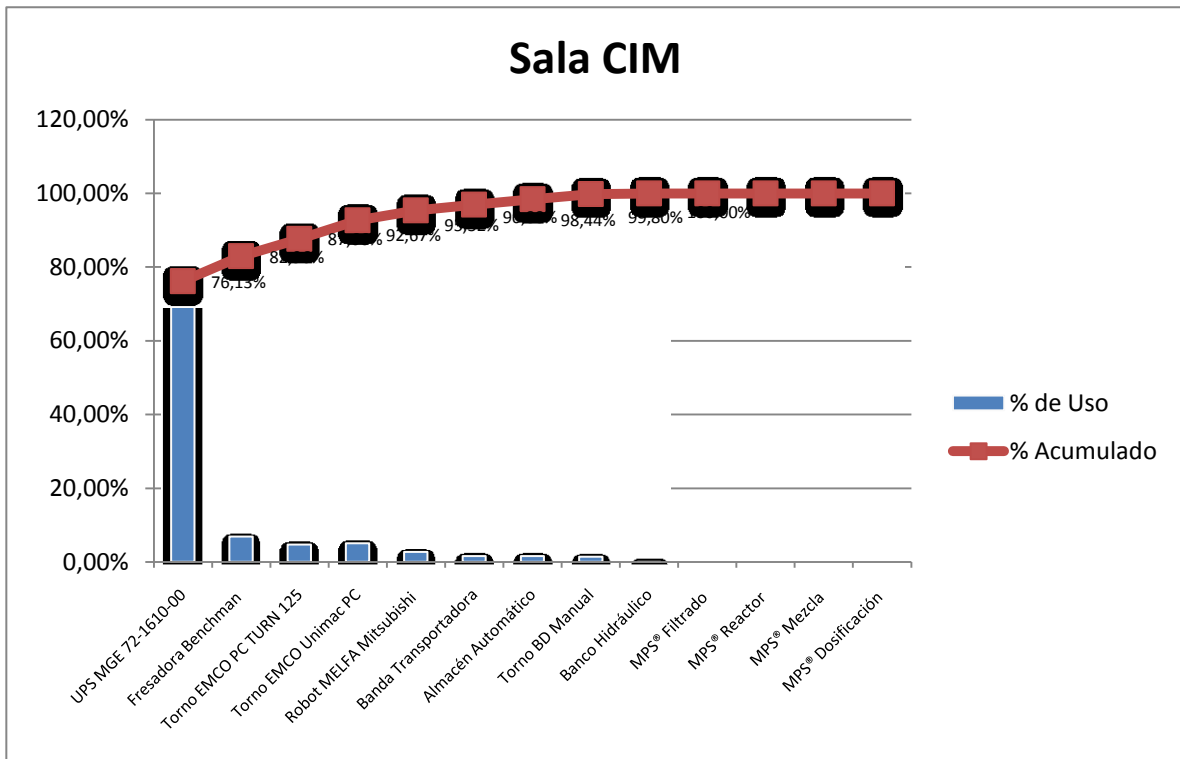
Manufactura Integrada por Computador				
Máquina	Intensidad Horaria/Semestre		Número de Grupos	Número Total de Horas
PLC Twido	9	horas	1	9
Robot MELFA Mitsubishi RV 2A	18	horas	1	18
Torno EMCO PC TURN 125	6	horas	1	6
Fresadora Benchman VMC4000	6	horas	1	6
			TOTAL	39

Procesos Industriales				
Máquina	Intensidad Horaria/Semestre		Número de Grupos	Número Total de Horas
Banco Hidráulico	2	horas	4	8
			TOTAL	8

Máquina	Horas de Clase	Horas Práctica Libre	Total Horas
Torno EMCO Unimat PC	199	0	199
Torno EMCO PC TURN 125	172	15	187
Fresadora Benchman VMC4000	256	15	271
Torno BD Manual	0	54	54
Robot MELFA Mitsubishi RV 2A	90	15	105
Almacén Automático	54	8	62
Banda Transportadora	54	8	62
Banco Hidráulico	2	6	8

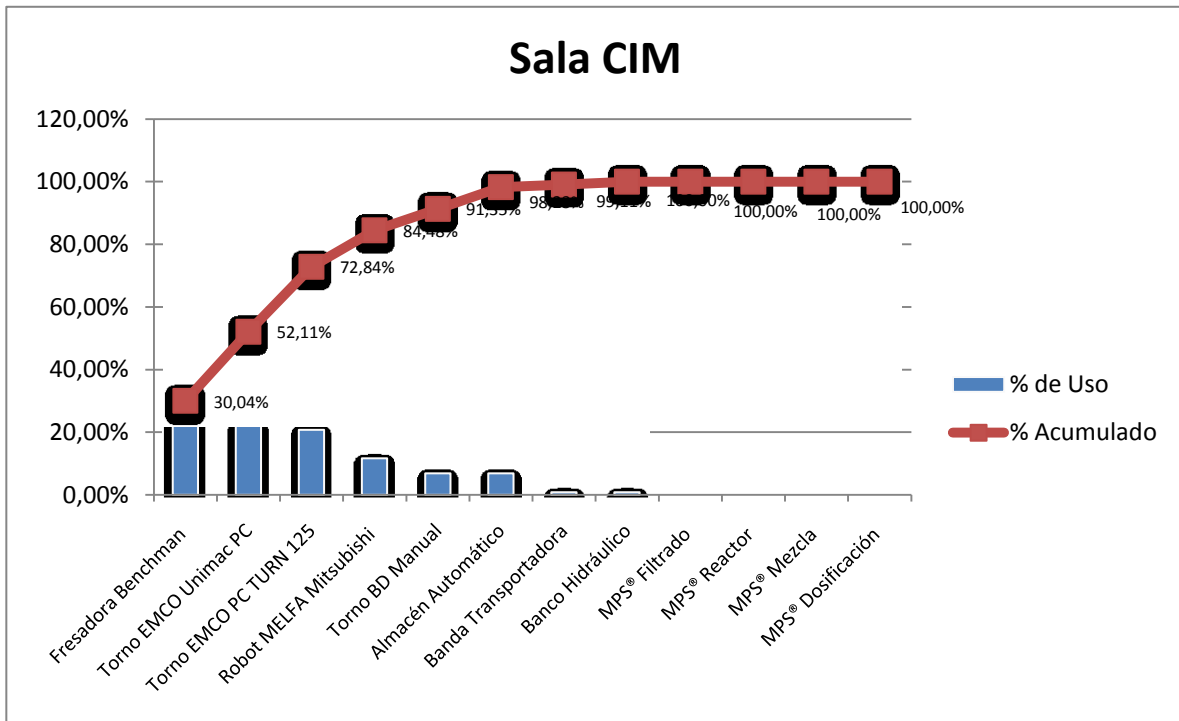
Anexo 8. Análisis de Pareto: Equipos de la Sala CIM y UPS

Sala CIM				
Máquina	Frecuencia (Horas)	F Acumulada	%	% acumulado
UPS MGE 72-1610-00	3024	3024	76,13%	76,13%
Fresadora Benchman	271	3295	6,82%	82,96%
Torno EMCO PC TURN 125	187	3482	4,71%	87,66%
Torno EMCO Unimat PC	199	3681	5,01%	92,67%
Robot MELFA Mitsubishi RV 2A	105	3786	2,64%	95,32%
Banda Transportadora	62	3848	1,56%	96,88%
Almacén Automático	62	3910	1,56%	98,44%
Torno BD Manual	54	3964	1,36%	99,80%
Banco Hidráulico	8	3972	0,20%	100,00%
MPS® Filtrado	0	3972	0,00%	100,00%
MPS® Reactor	0	3972	0,00%	100,00%
MPS® Mezcla	0	3972	0,00%	100,00%
MPS® Dosificación	0	3972	0,00%	100,00%
	3972			



Anexo 9. Análisis de Pareto: Equipos de la Sala CIM

Sala CIM				
Máquina	Frecuencia (Horas)	F Acumulada	%	% acumulado
Fresadora Benchman	271	271	30,04%	30,04%
Torno EMCO Unimat PC	199	470	22,06%	52,11%
Torno EMCO PC TURN 125	187	657	20,73%	72,84%
Robot MELFA Mitsubishi RV 2A	105	762	11,64%	84,48%
Torno BD Manual	62	824	6,87%	91,35%
Almacén Automático	62	886	6,87%	98,23%
Banda Transportadora	8	894	0,89%	99,11%
Banco Hidráulico	8	902	0,89%	100,00%
MPS® Filtrado	0	902	0,00%	100,00%
MPS® Reactor	0	902	0,00%	100,00%
MPS® Mezcla	0	902	0,00%	100,00%
MPS® Dosificación	0	902	0,00%	100,00%
	902			



Anexo 10. Análisis de Pareto: Relación entre las Asignaturas dictadas en la Sala de Automatización y el uso de los equipos de la misma.

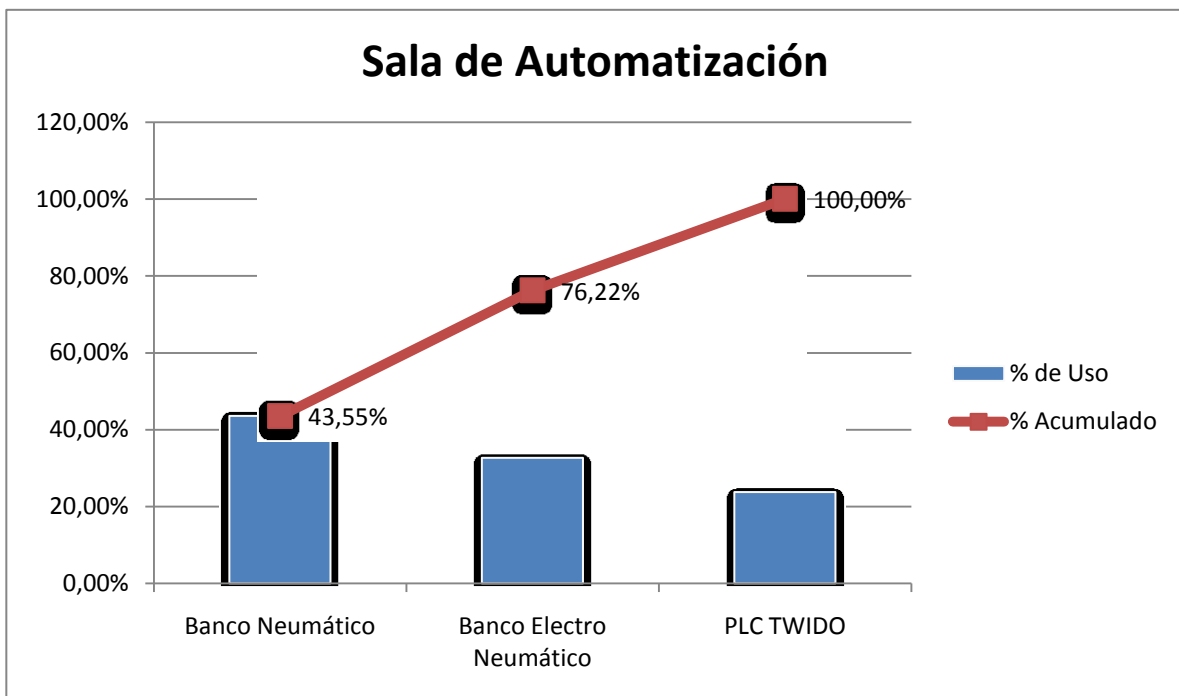
Procesos Industriales				
Máquina	Intensidad Horaria/Semestre		Número de Grupos	Número Total de Horas
Banco Neumático	26	horas	10	260
Banco Electro neumático	16	horas	10	160
PLC Twido	4	horas	10	40
			TOTAL	460

Procesos Avanzados de Manufactura				
Máquina	Intensidad Horaria/Semestre		Número de Grupos	Número Total de Horas
Banco Neumático	12	horas	1	12
Banco Electro neumático	9	horas	1	9
			TOTAL	21

Máquina	Horas de Clase	Horas Práctica Libre	Total Horas
Banco Neumático	272	140	412
Banco Electro neumático	169	140	309
PLC Twido	85	140	225

Anexo 11. Análisis de Pareto: Equipos de la Sala de Automatización

Sala de Automatización				
Equipo	Frecuencia	F Acumulada	%	% acumulado
Banco Neumático	412	412	43,55%	43,55%
Banco Electro Neumático	309	721	32,66%	76,22%
PLC TWIDO	225	946	23,78%	100,00%
	946			



Anexo 12. Codificación de las máquinas

SALA		EQUIPO			SISTEMA			PRIORIDAD
NOMBRE	CODIGO	NOMBRE	CODIGO	CODIGO DEL EQUIPO	NOMBRE	CODIGO	CODIGO EQUIPO - SISTEMA	
No aplica	No aplica	Compresor Kaeser AT 11	CK01	PUJ-CTAI-CK01				ALTA
Sala SAP	SAP	Equipo de Cómputo 01	EC01	PUJ-CTAI-SAP-EC01	No Aplica	No Aplica	No Aplica	BAJA
		Equipo de Cómputo 02	EC02	PUJ-CTAI-SAP-EC02				BAJA
		Equipo de Cómputo 03	EC03	PUJ-CTAI-SAP-EC03				BAJA
		Equipo de Cómputo 04	EC04	PUJ-CTAI-SAP-EC04				BAJA
		Equipo de Cómputo 05	EC05	PUJ-CTAI-SAP-EC05				BAJA
		Equipo de Cómputo 06	EC06	PUJ-CTAI-SAP-EC06				BAJA
		Equipo de Cómputo 07	EC07	PUJ-CTAI-SAP-EC07				BAJA
		Equipo de Cómputo 08	EC08	PUJ-CTAI-SAP-EC08				BAJA
		Equipo de Cómputo 09	EC09	PUJ-CTAI-SAP-EC09				BAJA
		Equipo de Cómputo 10	EC10	PUJ-CTAI-SAP-EC10				BAJA
		Equipo de Cómputo 11	EC11	PUJ-CTAI-SAP-EC11				BAJA
		Equipo de Cómputo 12	EC12	PUJ-CTAI-SAP-EC12				BAJA
Sala CIM	CIM	Torno EMCO Unimat PC 01	TE01	PUJ-CTAI-CIM-TE01	Caja de Herramientas	CH1	PUJ-CTAI-CIM-TE01-CH1	MEDIA
					Sistema Eléctrico	EL1	PUJ-CTAI-CIM-TE01-EL1	
					Sistema Mecánico	ME1	PUJ-CTAI-CIM-TE01-ME1	
		Torno EMCO Unimat PC 02	TE02	PUJ-CTAI-CIM-TE02	Caja de Herramientas	CH1	PUJ-CTAI-CIM-TE02-CH1	MEDIA
					Sistema Eléctrico	EL1	PUJ-CTAI-CIM-TE02-EL1	
					Sistema Mecánico	ME1	PUJ-CTAI-CIM-TE02-ME1	
		Torno EMCO Unimat PC 03	TE03	PUJ-CTAI-CIM-TE03	Caja de Herramientas	CH1	PUJ-CTAI-CIM-TE03-CH1	MEDIA
					Sistema Eléctrico	EL1	PUJ-CTAI-CIM-TE03-EL1	
					Sistema Mecánico	ME1	PUJ-CTAI-CIM-TE03-ME1	

		Torno EMCO Unimat PC 04	TE04	PUJ-CTAI-CIM-TE04	Caja de Herramientas	CH1	PUJ-CTAI-CIM-TE04-CH1	MEDIA
					Sistema Eléctrico	EL1	PUJ-CTAI-CIM-TE04-EL1	
					Sistema Mecánico	ME1	PUJ-CTAI-CIM-TE04-ME1	
		Torno EMCO Unimat PC 05	TE05	PUJ-CTAI-CIM-TE05	Caja de Herramientas	CH1	PUJ-CTAI-CIM-TE05-CH1	MEDIA
					Sistema Eléctrico	EL1	PUJ-CTAI-CIM-TE05-EL1	
					Sistema Mecánico	ME1	PUJ-CTAI-CIM-TE05-ME1	
		Torno EMCO Unimat PC 06	TE06	PUJ-CTAI-CIM-TE06	Caja de Herramientas	CH1	PUJ-CTAI-CIM-TE06-CH1	MEDIA
					Sistema Eléctrico	EL1	PUJ-CTAI-CIM-TE06-EL1	
					Sistema Mecánico	ME1	PUJ-CTAI-CIM-TE06-ME1	
		Cámara Estación Control de Calidad	CE01	PUJ-CTAI-CIM-CE01	No Aplica	No Aplica	No Aplica	BAJA
		Mesa con Marco en Perfilera	MP01	PUJ-CTAI-CIM-MP01	No Aplica	No Aplica	No Aplica	BAJA
		Prensa	PR01	PUJ-CTAI-CIM-PR01	No Aplica	No Aplica	No Aplica	BAJA
		Esmeril	ES01	PUJ-CTAI-CIM-ES01	No Aplica	No Aplica	No Aplica	BAJA
		Lámpara control Calidad	LC01	PUJ-CTAI-CIM-LC01	No Aplica	No Aplica	No Aplica	BAJA
		Bomba Hidráulica	BH01	PUJ-CTAI-CIM-BH01	No Aplica	No Aplica	No Aplica	BAJA
		Estación de Distribución	ED01	PUJ-CTAI-CIM-ED01	No Aplica	No Aplica	No Aplica	BAJA
		Torno EMCO PC TURN 125 01	TC01	PUJ-CTAI-CIM-TC01	Sistema de Lubricación	LU1	PUJ-CTAI-CIM-TC01-LU1	MEDIA
					Sistema de Refrigeración	RE1	PUJ-CTAI-CIM-TC01-RE1	
					Sistema de Transmisión	TR1	PUJ-CTAI-CIM-TC01-TR1	
					Sistema Eléctrico	EL1	PUJ-CTAI-CIM-TC01-EL1	
Sistema Neumático	NE1				PUJ-CTAI-CIM-TC01-NE1			
Sistema de Seguridad	SE1				PUJ-CTAI-CIM-TC01-SE1			
Fresadora Benchman VMC4000 01	FC01	PUJ-CTAI-CIM-FC01	Sistema Neumático	NE1	PUJ-CTAI-CIM-FC01-NE1	MEDIA		
			Sistema Eléctrico	EL1	PUJ-CTAI-CIM-FC01-EL1			
			Sistema de Procesamiento de datos	PD1	PUJ-CTAI-CIM-FC01-PD1			
			Sistema de Lubricación	LU1	PUJ-CTAI-CIM-FC01-LU1			
			Sistema de Transmisión	TR1	PUJ-CTAI-CIM-FC01-TR1			

				Sistema de Refrigeración	RE1	PUJ-CTAI-CIM-FC01-RE1		
		Torno Winston BD – 1340	TB01	PUJ-CTAI-CIM-TB01	Sistema Neumático	NE1	PUJ-CTAI-CIM-TB01-NE1	MEDIA
					Sistema Eléctrico	EL1	PUJ-CTAI-CIM-TB01-EL1	
					Sistema de Lubricación	LU1	PUJ-CTAI-CIM-TB01-LU1	
					Sistema de Transmisión	TR1	PUJ-CTAI-CIM-TB01-TR1	
					Sistema de Refrigeración	RE1	PUJ-CTAI-CIM-TB01-RE1	
		UPS MGE 72-1610-00 EPS 3012/2266 01	UP01	PUJ-CTAI-CIM-UP01	Sistema de Almacenamiento	AL1	PUJ-CTAI-CIM-UP01-AL1	ALTA
					Sistema de Filtrado	FI1	PUJ-CTAI-CIM-UP01-FI1	
					Sistema de Secado	SC1	PUJ-CTAI-CIM-UP01-SC1	
					Sistema de Distribución	DI1	PUJ-CTAI-CIM-UP01-DI1	
					Sistema de Mantenimiento	MA1	PUJ-CTAI-CIM-UP01-MA1	
		MPS® Filtrado 01	MF01	PUJ-CTAI-CIM-MF01	Sistema Mecánico	ME1	PUJ-CTAI-CIM-MF01-ME1	BAJA
					Sistema Neumático	NE1	PUJ-CTAI-CIM-MF01-NE1	
					Sistema Eléctrico	EL1	PUJ-CTAI-CIM-MF01-EL1	
					Sistema de Fallos	FA1	PUJ-CTAI-CIM-MF01-FA1	
		MPS® Reactor 01	MR01	PUJ-CTAI-CIM-MR01	Sistema Mecánico	ME1	PUJ-CTAI-CIM-MR01-ME1	BAJA
					Sistema Neumático	NE1	PUJ-CTAI-CIM-MR01-NE1	
					Sistema Eléctrico	EL1	PUJ-CTAI-CIM-MR01-EL1	
					Sistema de Fallos	FA1	PUJ-CTAI-CIM-MR01-FA1	
		MPS® Mezcla 01	MM01	PUJ-CTAI-CIM-MM01	Sistema Mecánico	ME1	PUJ-CTAI-CIM-MM01-ME1	BAJA
					Sistema Neumático	NE1	PUJ-CTAI-CIM-MM01-NE1	
					Sistema Eléctrico	EL1	PUJ-CTAI-CIM-MM01-EL1	
					Sistema de Fallos	FA1	PUJ-CTAI-CIM-MM01-FA1	
		MPS® Dosificación 01	MD01	PUJ-CTAI-CIM-MD01	Sistema Mecánico	ME1	PUJ-CTAI-CIM-MD01-ME1	BAJA
					Sistema Neumático	NE1	PUJ-CTAI-CIM-MD01-NE1	
					Sistema Eléctrico	EL1	PUJ-CTAI-CIM-MD01-EL1	
					Sistema de Fallos	FA1	PUJ-CTAI-CIM-MD01-FA1	
		Robot MELFA Mitsubishi	RM01	PUJ-CTAI-CIM-RM01	Sistema Neumático	NE1	PUJ-CTAI-CIM-RM01-NE1	MEDIA

		MV 2A 01			Sistema Eléctrico	EL1	PUJ-CTAI-CIM-RM01-EL1	
					Sistema de Lubricación	LU1	PUJ-CTAI-CIM-RM01-LU1	
					Sistema de Comunicación	CO1	PUJ-CTAI-CIM-RM01-CO1	
		Banda Transportadora 01	BT01	PUJ-CTAI-CIM-BT01	Sistema Mecánico	ME1	PUJ-CTAI-CIM-BT01-ME1	MEDIA
					Sistema Neumático	NE1	PUJ-CTAI-CIM-BT01-NE1	
					Sistema Eléctrico	EL1	PUJ-CTAI-CIM-BT01-EL1	
					Sistema de Comunicación	CO1	PUJ-CTAI-CIM-BT01-CO1	
		Almacén Automático 01	AA01	PUJ-CTAI-CIM-AA01	Sistema Mecánico	ME1	PUJ-CTAI-CIM-AA01-ME1	MEDIA
					Sistema Neumático	NE1	PUJ-CTAI-CIM-AA01-NE1	
					Sistema Eléctrico	EL1	PUJ-CTAI-CIM-AA01-EL1	
					Sistema de Comunicación	CO1	PUJ-CTAI-CIM-AA01-CO1	
		Robot Display	DS01	PUJ-CTAI-CIM-DS01	No Aplica	No Aplica	No Aplica	MEDIA
		Banco Hidráulico 01	BI01	PUJ-CTAI-CIM-BI01	No Aplica	No Aplica	No Aplica	MEDIA
Equipo de Cómputo 01	EC01	PUJ-CTAI-CIM-EC01	No Aplica	No Aplica	No Aplica	BAJA		
Equipo de Cómputo 02	EC02	PUJ-CTAI-CIM-EC02				BAJA		
Equipo de Cómputo 03	EC03	PUJ-CTAI-CIM-EC03				BAJA		
Sala de Automatización	AUT	Equipo de Cómputo 01	EC01	PUJ-CTAI-AUT-EC01	No Aplica	No Aplica	No Aplica	BAJA
		Equipo de Cómputo 02	EC02	PUJ-CTAI-AUT-EC02				BAJA
		Equipo de Cómputo 03	EC03	PUJ-CTAI-AUT-EC03				BAJA
		Equipo de Cómputo 04	EC04	PUJ-CTAI-AUT-EC04				BAJA
		Equipo de Cómputo 05	EC05	PUJ-CTAI-AUT-EC05				BAJA
		Equipo de Cómputo 06	EC06	PUJ-CTAI-AUT-EC06				BAJA
		Equipo de Cómputo 07	EC07	PUJ-CTAI-AUT-EC07				BAJA
		Equipo de Cómputo 08	EC08	PUJ-CTAI-AUT-EC08				BAJA
		Equipo de Cómputo 09	EC09	PUJ-CTAI-AUT-EC09				BAJA
		Equipo de Cómputo 10	EC10	PUJ-CTAI-AUT-EC10				BAJA
		Equipo de Cómputo 11	EC11	PUJ-CTAI-AUT-EC11				BAJA
		Equipo de Cómputo 12	EC12	PUJ-CTAI-AUT-EC12				BAJA
		Banco Neumático 01	BN01	PUJ-CTAI-AUT-BN01				No Aplica

		Banco Neumático 02	BN02	PUJ-CTAI-AUT-BN02				MEDIA
		Banco Neumático 03	BN03	PUJ-CTAI-AUT-BN02				MEDIA
		Banco Neumático 04	BN04	PUJ-CTAI-AUT-BN02				MEDIA
		Banco Electro Neumático 01	BE01	PUJ-CTAI-AUT-BE01				MEDIA
		Banco Electro Neumático 02	BE02	PUJ-CTAI-AUT-BE02	No Aplica	No Aplica	No Aplica	MEDIA
		Banco Electro Neumático 03	BE03	PUJ-CTAI-AUT-BE03				MEDIA
		Banco Electro Neumático 04	BE04	PUJ-CTAI-AUT-BE04				MEDIA
		PLC Twido 01	PL01	PUJ-CTAI-AUT-PL01				MEDIA
		PLC Twido 02	PL02	PUJ-CTAI-AUT-PL02	No Aplica	No Aplica	No Aplica	MEDIA
		PLC Twido 03	PL03	PUJ-CTAI-AUT-PL03				MEDIA
		PLC Twido 04	PL04	PUJ-CTAI-AUT-PL04				MEDIA
		Maletín FESTO DIDACTIC 01	FD01	PUJ-CTAI-AUT-FD01				BAJA
		Maletín FESTO DIDACTIC 02	FD02	PUJ-CTAI-AUT-FD02	No Aplica	No Aplica	No Aplica	BAJA
		Sala CAD/CAM	CAD	Equipo de Cómputo 01	EC01	PUJ-CTAI-CAD-EC01	No Aplica	No Aplica
Equipo de Cómputo 02	EC02			PUJ-CTAI-CAD-EC02	BAJA			
Equipo de Cómputo 03	EC03			PUJ-CTAI-CAD-EC03	BAJA			
Equipo de Cómputo 04	EC04			PUJ-CTAI-CAD-EC04	BAJA			
Equipo de Cómputo 05	EC05			PUJ-CTAI-CAD-EC05	BAJA			
Equipo de Cómputo 06	EC06			PUJ-CTAI-CAD-EC06	BAJA			
Equipo de Cómputo 07	EC07			PUJ-CTAI-CAD-EC07	BAJA			
Equipo de Cómputo 08	EC08			PUJ-CTAI-CAD-EC08	BAJA			
Equipo de Cómputo 09	EC09			PUJ-CTAI-CAD-EC09	BAJA			
Equipo de Cómputo 10	EC10			PUJ-CTAI-CAD-EC10	BAJA			
Equipo de Cómputo 11	EC11			PUJ-CTAI-CAD-EC11	BAJA			
Equipo de Cómputo 12	EC12			PUJ-CTAI-CAD-EC12	BAJA			
Sala de Robótica	ROB	Equipo de Cómputo 01	EC01	PUJ-CTAI-ROB-EC01	No Aplica	No Aplica	No Aplica	BAJA
		Equipo de Cómputo 02	EC02	PUJ-CTAI-ROB-EC02				BAJA

		Equipo de Cómputo 03	EC03	PUJ-CTAI-ROB-EC03				BAJA
		Robot 01	RB01	PUJ-CTAI-ROB-RB01	No Aplica	No Aplica	No Aplica	MEDIA
		Robot 02	RB02	PUJ-CTAI-ROB-RB02				MEDIA
		Robot 03	RB03	PUJ-CTAI-ROB-RB03				MEDIA
		Robot 04	RB04	PUJ-CTAI-ROB-RB04				MEDIA
		Robot 05	RB05	PUJ-CTAI-ROB-RB05				MEDIA
		Robot 06	RB06	PUJ-CTAI-ROB-RB06				MEDIA
		Robot 07	RB07	PUJ-CTAI-ROB-RB07				MEDIA
		Robot 08	RB08	PUJ-CTAI-ROB-RB08				MEDIA
		Robot 09	RB09	PUJ-CTAI-ROB-RB09				MEDIA
		Robot 10	RB10	PUJ-CTAI-ROB-RB10				MEDIA

Anexo 13. Protocolo de calibración para la Fresadora Benchman VMC 4000 y Dispositivo de Fresado del Torno Unimat PC

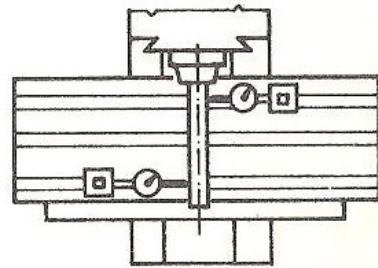


1. Oscilación transversal del asiento cónico del mandril

Elementos: Comparador de cuadrante, Cilindro de prueba de 300 mm de longitud.

Procedimiento:

1. Articular en el asiento del mandril un cilindro de prueba, de 300 mm de largo.
2. Disponer el comparador de cuadrante como se indica en la figura.
3. Hacer girar el mandril.
4. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Cálculo de la desviación:

Calcular la media aritmética de las desviaciones obtenidas en el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

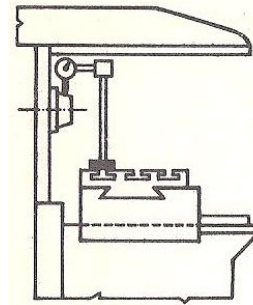
Junto al extremo del mandril, 0,01 mm; a 300 mm de dicho extremo, 0,025 mm.

2. Oscilación transversal del extremo del mandril

Elementos: Comparador de cuadrante.

Procedimiento:

1. Ubicar el comparador de cuadrante como se indica en la figura, asegurando que el palpador se apoye sobre la parte exterior del extremo del mandril.
2. Hacer girar el mandril lentamente.
3. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Cálculo de la desviación:

Calcular la media aritmética de las desviaciones obtenidas en el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

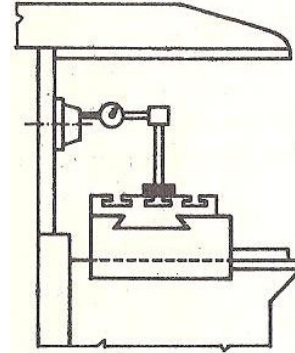
El error admitido es 0,01 mm.

3. Oscilación axial del mandril

Elementos: Comparador de cuadrante.

Procedimiento:

1. Ubicar el comparador de cuadrante como se indica en la figura, de tal manera que el palpador se apoye sobre la cara anterior del extremo del mandril.
2. Hacer girar el mandril lentamente.
3. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Cálculo de la desviación:

Calcular la media aritmética de las desviaciones obtenidas en el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

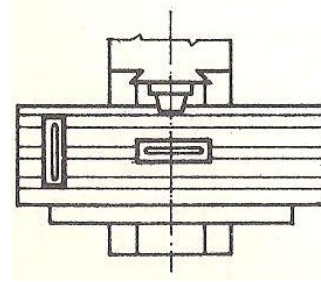
El error admitido es 0,01 – 0,02 mm.

4. Planicidad longitudinal y transversal de la mesa

Elementos: Nivel graduado.

Procedimiento:

1. Ubicar el nivel graduado sobre la mesa en las dos posiciones indicadas en la figura.
2. Realizar la medición estando la mesa centrada.



Error Máximo:

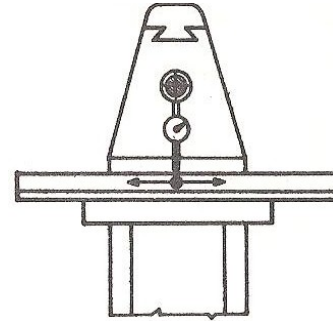
El error admitido es 0,04 mm/1000.

5. Paralelismo entre la mesa y la dirección de su movimiento longitudinal

Elementos: Comparador de cuadrante, Cilindro de prueba.

Procedimiento:

1. Ubicar el comparador sobre un cilindro de prueba acoplado al mandril, como se indica en la figura.
2. Apoyar el palpador sobre la superficie de la mesa.
3. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Cálculo de la desviación:

Calcular la media aritmética de las desviaciones obtenidas en el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

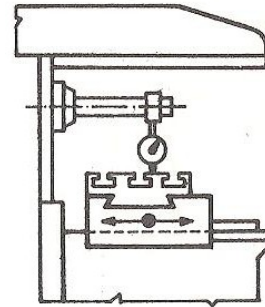
El error admitido es 0,02 mm hasta 500 de carrera; 0,01 mm más por cada 500 más de carrera.

6. Paralelismo entre la mesa y la dirección de su movimiento transversal

Elementos: Comparador de cuadrante, Cilindro de prueba de 300 mm.

Procedimiento:

1. Ubicar el comparador sobre un cilindro de prueba de 300 mm acoplado al mandril, como se indica en la figura.
2. Apoyar el palpador sobre la mesa.
3. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Cálculo de la desviación:

Calcular la media aritmética de las desviaciones obtenidas en el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

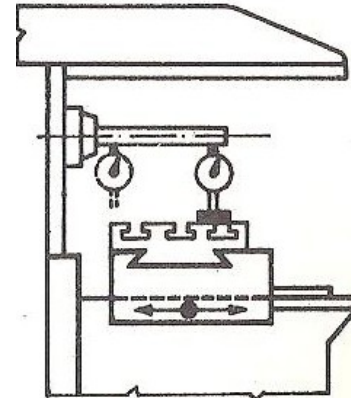
El error admitido es 0,03 mm/300.

7. Paralelismo entre la mesa y el eje del mandril

Elementos: Comparador de cuadrante, Cilindro de prueba de 300 mm.

Procedimiento:

1. Ubicar el comparador sobre un cilindro de prueba de 300 mm acoplado al asiento cónico del mandril estando la mesa situada en su posición media, como se indica en la figura.
2. Mover el comparador sobre la mesa de forma que la punta del palpador recorra la generatriz inferior del cilindro de prueba.
3. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Cálculo de la desviación:

Calcular la media aritmética de las desviaciones obtenidas en el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

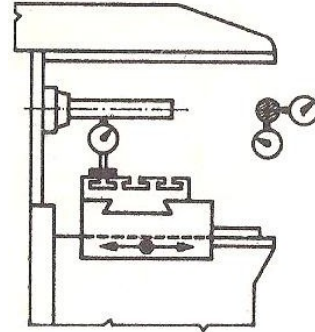
El error admitido es 0,02 mm/300.

8. Paralelismo de la dirección del movimiento transversal de la mesa respecto al eje del mandril

Elementos: Comparador de cuadrante, Cilindro de prueba de 300 mm.

Procedimiento:

1. Ubicar el comparador sobre un cilindro de prueba de 300 mm acoplado en el mandril, como se indica en la figura.
2. Desplazar lentamente la mesa en sentido transversal estando la punta del palpador en contacto con una generatriz del cilindro.
3. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Observaciones:

1. Realizar la comprobación según un plano vertical y otro horizontal.

Cálculo de la desviación:

Calcular la media aritmética de las desviaciones obtenidas en el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

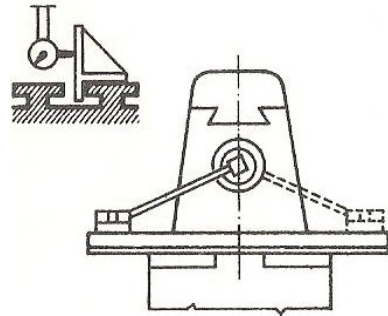
El error admitido es 0,025 mm/300.

9. Perpendicularidad entre la canaladura media y el eje del mandril

Elementos: Comparador de cuadrante provisto de soporte en forma de collar, Escuadra de precisión.

Procedimiento:

1. Ubicar el comparador en forma de collar sobre el mandril, como se indica en la figura.
2. Situar una escuadra de precisión en la canaladura media tal como se presenta en la figura.
3. Realizar las mediciones correspondientes a cada extremo de la mesa estando ésta en su posición media.
4. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Cálculo de la desviación:

Calcular la media aritmética de las desviaciones obtenidas en el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

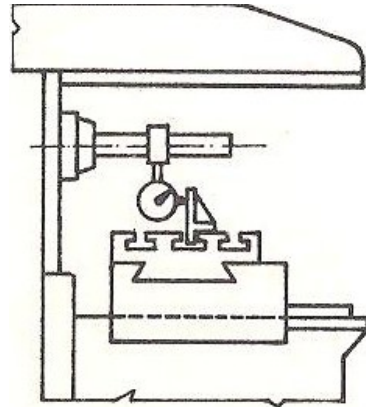
El error admitido es 0,02 mm/300.

10. Paralelismo de la canaladura media en relación al movimiento longitudinal

Elementos: Comparador con soporte de anillo, Cilindro de prueba, escuadra de precisión.

Procedimiento:

1. Ubicar el comparador con un soporte de anillo sobre el cilindro de prueba, acoplado al asiento cónico del mandril, como se indica en la figura.
2. Situar una escuadra de precisión en la canaladura media tal como se presenta en la figura.
3. Mover la mesa en sentido longitudinal.
4. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Cálculo de la desviación:

Calcular la media aritmética de las desviaciones obtenidas en el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

El error admitido es 0,02 mm/300.

Errores Máximos { 0,02 mm para canaladuras de hasta 600
0,03 mm para canaladuras de 600 hasta 1000
0,04 mm para canaladuras de más de 1000

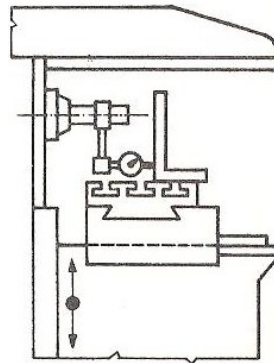
11. Perpendicularidad entre las guías de la ménsula en el montaje y la mesa

Caso 1: En el plano longitudinal de la máquina.

Elementos: Comparador de cuadrante, Escuadra de precisión con el brazo de al menos 300 mm de longitud.

Procedimiento:

1. Ubicar el comparador y la escuadra de precisión como se indica en la figura.
2. Desplazar verticalmente la ménsula con la mesa en su posición media.
3. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Cálculo de la desviación:

Calcular la media aritmética de las desviaciones obtenidas en el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

El error admitido es $0,025 \text{ mm}/300$.

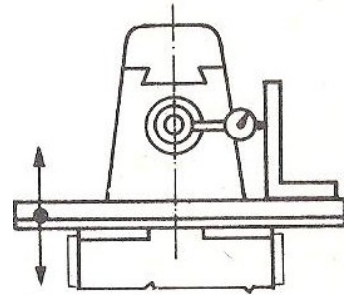
11. Perpendicularidad entre las guías de la ménsula en el montaje y la mesa

Caso 2: En el plano transversal de la máquina.

Elementos: Comparador de cuadrante, Escuadra de precisión con el brazo de al menos 300 mm de longitud.

Procedimiento:

1. Ubicar el comparador y la escuadra de precisión como se indica en la figura.
2. Desplazar verticalmente la ménsula con la mesa en su posición media.
3. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Cálculo de la desviación:

Calcular la media aritmética de las desviaciones obtenidas en el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

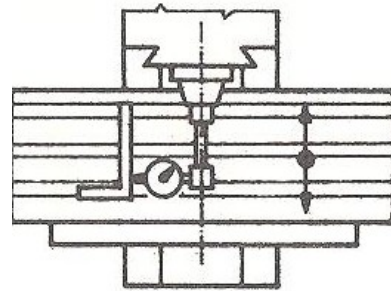
El error admitido es 0,025 mm/300.

12. Perpendicularidad entre las direcciones de los movimientos longitudinal y transversal de la mesa

Elementos: Comparador con soporte, Escuadra de precisión.

Procedimiento:

1. Acoplar el comparador con soporte al asiento del mandril como se indica en la figura.
2. Ubicar la escuadra de precisión sobre la mesa de forma que su brazo corto quede exactamente paralelo a las canaladuras.
3. Situar la mesa en su posición media.
4. Desplazar transversalmente la mesa.
5. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Cálculo de la desviación:

Calcular la media aritmética de las desviaciones obtenidas en el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

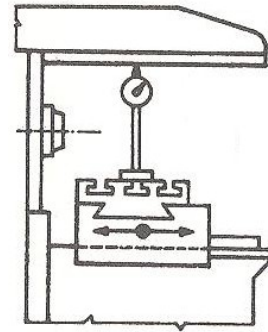
El error admitido es 0,025 mm/300.

13. Paralelismo entre la dirección del movimiento transversal de la mesa y el carro de contrasporte

Elementos: Comparador con soporte.

Procedimiento:

1. Apoyar sobre la mesa el soporte del comparador, poniendo la punta del palpador en contacto con las superficies de las guías del carro, tal como se indica en la figura.
2. Desplazar transversalmente la mesa.
3. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Observaciones:

Tomar mediciones en los planos vertical y horizontal.

Cálculo de la desviación:

Calcular la media aritmética de las desviaciones obtenidas en el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

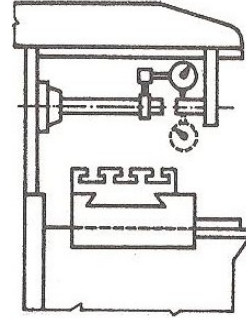
El error admitido es 0,02 mm/300.

14. Coaxialidad entre el taladro del contrasoporte y el mandril

Elementos: Comparador con soporte, Dos cilindros de prueba.

Procedimiento:

1. Apoyar un cilindro de prueba al mandril y el otro al contrasoporte, tal como se indica en la figura.
2. Realizar la medición de la desviación a la distancia de 300 mm de la cara anterior del extremo del mandril.
3. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Observaciones:

1. Tomar mediciones en los planos vertical y horizontal.

Cálculo de la desviación:

Calcular la media aritmética de las desviaciones obtenidas en el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

El error admitido es 0,03 mm.

Anexo 14. Protocolo de calibración para el Torno EMCO PC TURN 125, Torno Unimat PC y Torno Winston BD 1340



1. Rectitud de las guías de la bancada

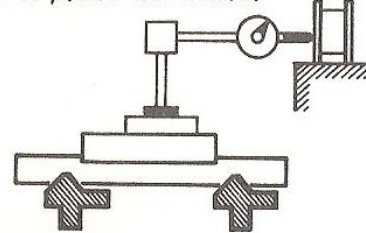
Método 1

Elementos: Regla y Comparador de cuadrante

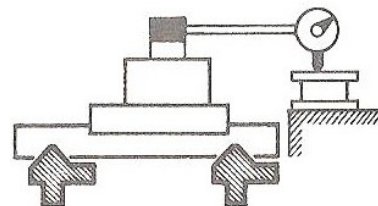
Procedimiento:

1. Se apoya una regla patrón sobre un soporte fijo, situándola aproximadamente paralela a las guías de la bancada.
2. Se apoya sobre el carro soporte que sostiene el comparador, poniendo el palpador de éste en contacto con la regla.
3. Se hace correr lentamente el carro, tomando nota de las desviaciones, con su propio signo, teniendo en cuenta el índice del comparador.

en el plano horizontal



en el plano vertical



Observaciones:

1. Debe realizarse sobre un plano vertical y un plano horizontal.
2. Solo convexidad.
3. El método de control con la regla puede aplicarse a guías de menos de dos metros de longitud.

Cálculo de la desviación:

Determinar la media aritmética de las desviaciones obtenidas con el procedimiento de calibración. Si llegan a anularse las desviaciones del comparador, ello indica que las guías son perfectamente rectilíneas; en caso contrario, el error existente viene dado por dichas desviaciones.

Error Máximo:

El error máximo admitido en la alineación de las guías de un torno es de 0,02 milímetros sobre 100.

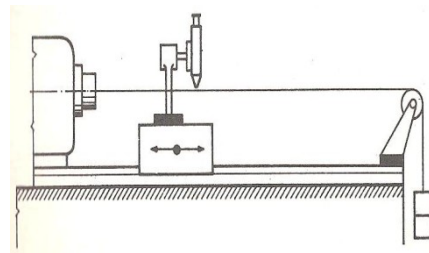
1. Rectitud de las guías de la bancada

Método 2

Elementos: Hilo y microscopio

Procedimiento:

1. Se dispone un hilo de acero calibrado, de diámetro aproximado 0,1 mm, paralelamente a las guías y se tensa con un contrapeso apropiado.
2. Se fija en la parte superior del carro un microscopio con retícula.
3. Se corre lentamente el carro, observando los desplazamientos del centro de la retícula en relación al hilo.
4. Se desplaza uno de los extremos del hilo hasta conseguir las desviaciones del centro de la retícula sean mínimas.



Observaciones:

1. Debe realizarse sobre dos planos ortogonales.
2. No utilizar este método en planos verticales.
3. Si las guías son perfectamente rectas, será posible anular las desviaciones.
4. Este método puede aplicarse a guías de longitud comprendidas entre dos y seis metros.

Error Máximo:

El error máximo admitido en la alineación de las guías de un torno es de 0,02 milímetros sobre 100.

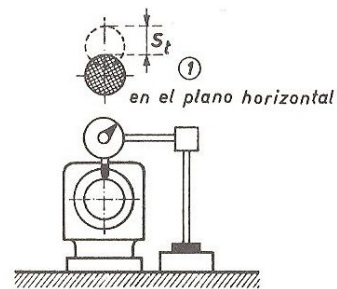
2. Mandril

2.1 Comprobación de la oscilación transversal de la parte cilíndrica

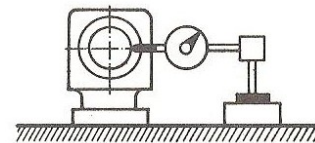
Elementos: Comparador de cuadrante

Procedimiento:

1. Disponer el comparador como se indica en la figura.
2. Hacer girar el mandril.
3. Anotar las desviaciones que señala del índice del comparador.



② en el plano vertical



Observaciones:

1. Debe realizarse en el plano vertical y en el plano horizontal.
2. El mandril se puede elevar un poco debido a los gradientes de presión.

Cálculo de la desviación:

Determinar la media aritmética de las desviaciones obtenidas con el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

El error máximo de desviación admitido es de 0,015 mm

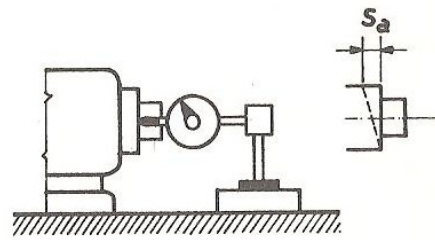
2. Mandril

2.2 Comprobación de la oscilación axial de la parte cilíndrica

Elementos: Comparador de cuadrante

Procedimiento:

1. Disponer el comparador de cuadrante como se indica en la figura, es decir, de forma que su palpador se apoye sobre la cara extrema del mandril.
2. Hacer girar el mandril.
3. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Observaciones:

1. Las desviaciones del índice durante el giro del mandril corresponden al valor de desplazamiento longitudinal.
2. Puede realizarse la medición en el plano vertical y en el plano horizontal.

Cálculo de la desviación:

Determinar la media aritmética de las desviaciones obtenidas con el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

El error máximo de desviación admitido es de 0,01 mm

2. Mandril

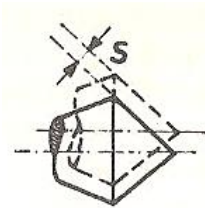
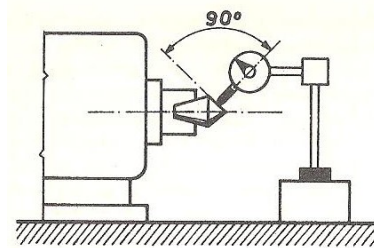
2.3 Comprobación de la oscilación transversal del asiento cónico

Control 1: Control mediante la punta normal

Elementos: Comparador de cuadrante, Punta cónica normal

Procedimiento:

1. Articular la punta sobre el asiento.
2. Disponer el comparador de cuadrante de tal forma que el palpador quede normal a la generatriz del cono, tal como se indica en la figura.
3. Hacer girar el mandril.
4. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Observaciones:

1. Las desviaciones del índice del comparador indican la magnitud del error.
2. Puede repetirse la operación variando la posición de la punta en su asiento, y colocando el comparador en distintos planos.

Cálculo de la desviación:

Determinar la media aritmética de las desviaciones obtenidas con el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

El error máximo de desviación admitido es de 0,015 mm

2. Mandril

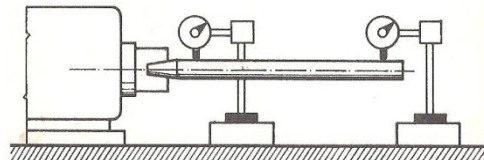
2.3 Comprobación de la oscilación transversal del asiento cónico

Control 2: Comprobación mediante cilindro de prueba.

Elementos: Comparador de cuadrante, Cilindro de prueba de 300 mm de longitud terminado en una parte cónica.

Procedimiento:

1. Articular en el asiento de mandril un cilindro de prueba, de 300 mm de largo, terminado en una parte cónica.
2. Disponer el comparador de cuadrante como se indica en la figura.
3. Hacer girar el mandril.
4. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Observaciones:

1. Las desviaciones del índice del comparador indican la magnitud del error.
2. Puede repetirse el control girando el cilindro de prueba respecto al asiento cónico y disponiendo el comparador en distintos planos.

Cálculo de la desviación:

Determinar la media aritmética de las desviaciones obtenidas con el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

El error máximo de desviación admitido es de 0,015 mm

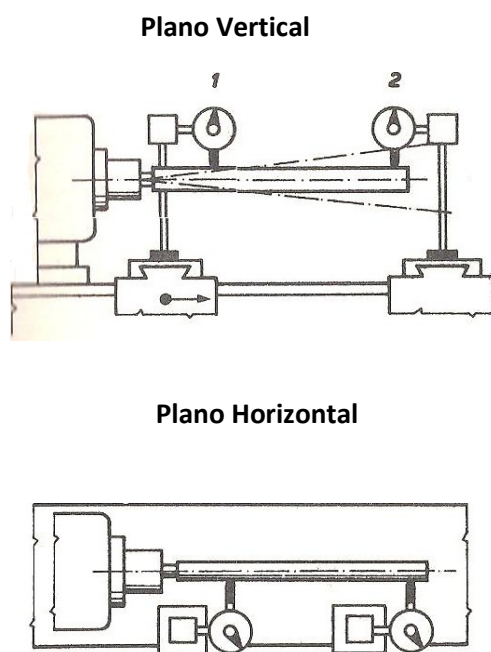
2. Mandril

2.4 Paralelismo entre el eje del mandril y las guías de bancada.

Elementos: Comparador de cuadrante, Cilindro de prueba de 300 mm de longitud.

Procedimiento:

1. Articular en el asiento de mandril un cilindro de prueba, de 300 mm de largo.
2. Disponer el comparador de cuadrante según el tipo de comprobación (plano vertical o plano horizontal).
3. Hacer girar el mandril a mano.
4. Anotar las desviaciones máxima y mínima que señala el índice del comparador.
5. Girar a mano el cilindro de prueba hasta que el índice señale la media de las desviaciones leídas anteriormente.
6. Desplazar el comparado sobre las guías del torno hasta el extremo libre del cilindro.
7. Girar a mano el cilindro de prueba.
8. Leer las indicaciones máxima y mínima del comparador.



Observaciones:

1. Repetir el procedimiento para el plano horizontal.
2. El cilindro de prueba sólo puede levantarse hacia el extremo libre.

Cálculo de la desviación:

Calcular la desviación o error del paralelismo sobre la longitud de 300 mm teniendo en cuenta la diferencia entre la media de las desviaciones en la posición inicial y en el extremo del cilindro.

Error Máximo:

La desviación máxima admitida en el plano horizontal, sobre la longitud de 300 mm es 0,02 mm; la desviación máxima admitida en el plano vertical es 0,025 mm.

3. Contrapunta

3.1 Paralelismo entre el eje de la contrapunta y las guías de bancada.

Elementos: Comparador de cuadrante, Cilindro de prueba de 300 mm de longitud.

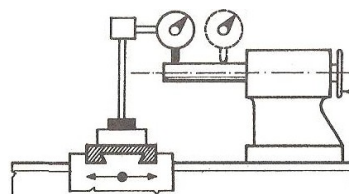
Procedimiento:

1. Articular en el asiento de mandril un cilindro de prueba, de 300 mm de largo.
2. Disponer el comparador de cuadrante como se indica en la figura, según el tipo de comprobación (plano vertical o plano horizontal).
3. Hacer girar el mandril a mano.
4. Anotar las desviaciones máxima y mínima que señala el índice del comparador.
5. Girar a mano el cilindro de prueba hasta que el índice señale la media de las desviaciones leídas anteriormente.
6. Desplazar el comparado sobre las guías del torno hasta el extremo libre del cilindro.
7. Girar a mano el cilindro de prueba.
8. Leer las indicaciones máxima y mínima del comparador.

Plano Horizontal



Plano Vertical



Observaciones:

1. Debe realizarse en el plano vertical y en el plano horizontal.
2. En el plano vertical la desviación del eje del husillo sólo puede ser subiendo hacia el extremo anterior del mismo.
3. En el plano horizontal, el extremo libre del husillo sólo puede desviarse hacia la herramienta.

Cálculo de la desviación:

Calcular la desviación o error del paralelismo sobre la longitud de 300 mm teniendo en cuenta la diferencia entre la media de las desviaciones en la posición inicial y en el extremo del cilindro.

Error Máximo:

La desviación máxima admitida en el plano horizontal, sobre la longitud de 300 mm es 0,01 mm; la desviación máxima admitida en el plano vertical es 0,02 mm.

3. Contrapunta

3.2 Paralelismo entre el eje del asiento cónico de la contrapunta y las guías de la bancada.

Elementos: Comparador de cuadrante, Cilindro de prueba de 300 mm de longitud con mango cónico.

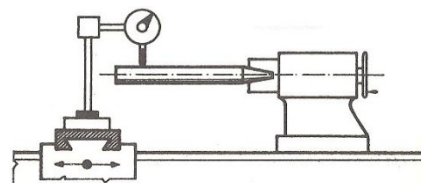
Procedimiento:

1. Articular en el asiento del husillo un cilindro de prueba, de 300 mm de largo con mango cónico.
2. Disponer el comparador de cuadrante como se indica en la figura, según el tipo de comprobación (plano vertical o plano horizontal).
3. Hacer girar el mandril a mano.
4. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.

Plano Horizontal



Plano Vertical



Observaciones:

1. Debe realizarse en el plano vertical y en el plano horizontal.
2. *Comprobación en el plano vertical:* Si las desviaciones del índice del comparador son nulas, existe paralelismo en el plano vertical entre el eje del asiento cónico y las guías de la bancada.
3. *Comprobación en el plano horizontal:* Si las desviaciones del índice del comparador son nulas, existe paralelismo en el plano vertical entre el eje del asiento cónico y las guías de la bancada.

Cálculo de la desviación:

Determinar la media aritmética de las desviaciones obtenidas con el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

La desviación máxima admitida en el plano vertical sobre la longitud de 300 mm es 0,03 mm; la desviación máxima admitida en el plano horizontal es 0,02 mm sobre 300 de longitud.

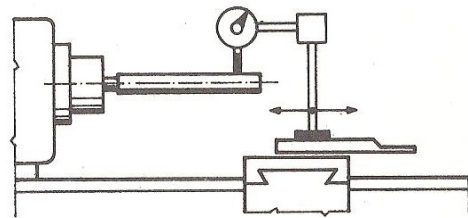
4. Carros

4.1 Paralelismo entre el movimiento del carro superior y el eje del mandril

Elementos: Comparador de cuadrante, Cilindro de prueba de 300 mm de longitud.

Procedimiento:

1. Articular un cilindro de prueba, de 300 mm de largo al mandril.
2. Disponer el comparador de cuadrante como se indica en la figura.
3. Hacer correr el carro superior.
4. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Cálculo de la desviación:

Determinar la media aritmética de las desviaciones obtenidas con el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

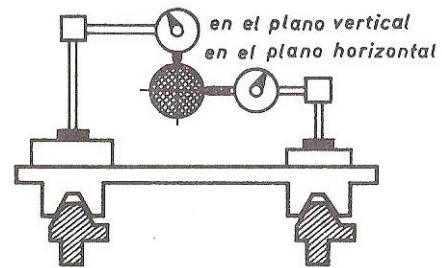
Se admite un error máximo de 0,03 mm sobre una longitud de 300.

5. Verificación del paralelismo entre el eje del torno y las guías de la bancada

Elementos: Comparador de cuadrante, Cilindro de prueba de 300 mm de longitud.

Procedimiento:

1. Realizar el montaje de un cilindro de prueba de 300 mm de longitud.
2. Situar el comparador sobre el plano superior del carro, de forma que su palpador quede en contacto con el cilindro de prueba.
3. Hacer correr lentamente el carro observando el comparador.
4. Anotar las desviaciones que señala el índice del comparador.



Observaciones:

1. Realizar esta comprobación en el plano horizontal y en el plano vertical.
2. En el plano vertical, la desviación hacia arriba del cilindro sólo puede ser hacia la contrapunta.
3. En el plano horizontal, el cilindro de prueba puede desviarse únicamente hacia la herramienta.

Cálculo de la desviación:

Determinar la media aritmética de las desviaciones obtenidas con el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

Se admite un error máximo de 0,02 mm en los dos planos.

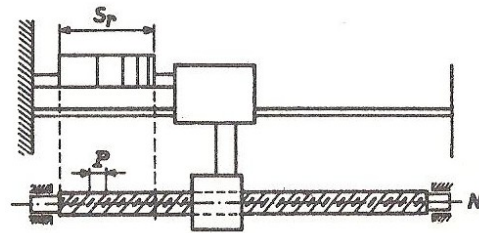
6. Husillos Motrices

6.1 Paso.

Elementos: Cilindro de prueba de 300 mm de longitud, Micrómetro o galgas planas.

Procedimiento:

1. Hacer girar el tronillo un número entero de vueltas.
2. Medir el desplazamiento de la tuerca con un micrómetro o con galgas planas.
3. Calcular el desplazamiento teórico con la fórmula: $S_t = N \cdot P$, donde P = Paso y N = Número de revoluciones.
4. Comparar el desplazamiento teórico con el desplazamiento real.



Cálculo de la desviación:

Calcular el error por diferencia si no existe igualdad entre los desplazamientos teórico y real.

Error Máximo:

Se admite un error máximo de $\pm 0,03$ mm sobre la longitud de 300.

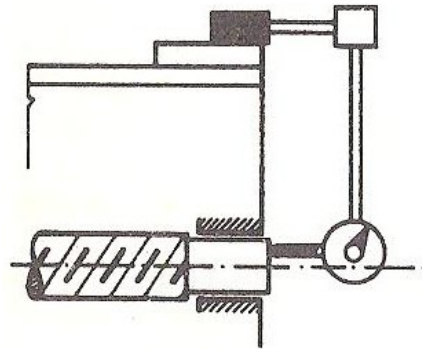
6. Husillos Motrices

6.2 Oscilaciones Axiales.

Elementos: Comparador de cuadrante

Procedimiento:

1. Apoyar el comparador con soporte sobre la bancada.
2. Apoyar el palpador sobre la superficie plana del extremo del husillo.
3. Accionando oportunamente la tuerca, presionar axialmente el husillo, desplazándolo primero todo a la derecha y luego todo a la izquierda.
4. Certificar que el comparador se encuentre en cero.
5. Hacer girar el husillo en cada una de las dos posiciones.
6. Anotar las desviaciones que señala la magnitud de la oscilación axial.



Cálculo de la desviación:

Determinar la media aritmética de las desviaciones obtenidas con el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

Se admite un error máximo de 0,01 mm.

6. Husillos Motrices

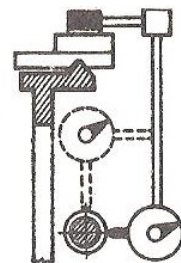
6.3 Oscilación Transversal.

Elementos: Comparador de cuadrante

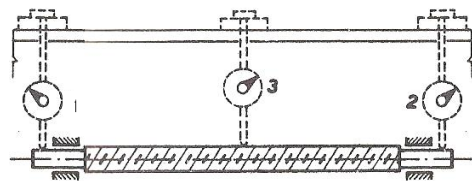
Procedimiento:

1. Apoyar el comparador sobre las guías de la bancada, sucesivamente en las posiciones 1, 2 y 3.
2. Hacer girar el husillo.
3. Medir las desviaciones en cada una de dichas posiciones.

Plano Horizontal



Plano Vertical



Observaciones:

1. Se debe realizar el control en el plano vertical y en el plano horizontal.

Cálculo de la desviación:

Determinar la media aritmética de las desviaciones obtenidas con el procedimiento de calibración.

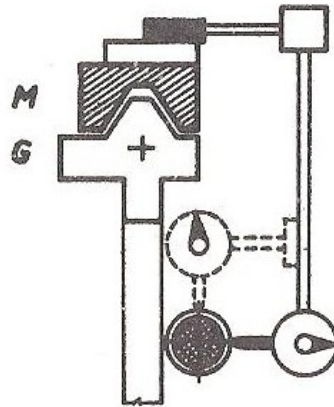
6. Husillos Motrices

6.4 Paralelismo entre el eje de los soportes y las guías.

Elementos: Comparador de cuadrante.

Procedimiento:

1. Situar el comparador hacia la mitad de la longitud del husillo, fijo a un soporte que pueda deslizarse sobre las guías.
2. Ubicar el palpador en contacto con la superficie exterior del filete.
3. Con el husillo parado, correr el soporte con el comparador hacia uno y otro extremo de la bancada.
4. Identificar el error de paralelismo señalado por las desviaciones del índice.



Observaciones:

1. Se debe realizar el control en el plano vertical y en el plano horizontal.

Cálculo de la desviación:

Determinar la media aritmética de las desviaciones obtenidas con el procedimiento de calibración.

Error Máximo:

El error máximo admitido es de 0,15 mm.

Anexo 15. Protocolo de calibración Robot Melfa Mitsubishi RV2A



1. Verificación estado de funcionamiento

Elementos: Calibrador

Procedimiento:

5. Encender el Robot Melfa RV 2A de acuerdo al protocolo de encendido correspondiente.
6. Identificar en la memoria del Robot el programa de Paletizado.
7. Ajustar la velocidad del Robot a 70%.
8. Ejecutar el programa y repetir la operación durante 10 veces.
9. Medir la diferencia existente en la posición PHOME durante las ejecuciones.
10. Medir la diferencia existente en la posición PCUBO durante las ejecuciones.
11. Calcular el error.



Cálculo de la desviación:

Identificar a través del personal responsable de Mantenimiento del laboratorio, cuál es el patrón de referencia del proceso correspondiente. Posteriormente, es necesario deducir la media de las desviaciones obtenidas con el procedimiento de calibración y realizar el siguiente cálculo:

Anexo 16. Protocolo de encendido Fresadora Benchman VMC 4000

MAYO DE 2010



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
JAVERIANA

PROTOCOLO DE ENCENDIDO
CENTRO INTEGRADO DE MANUFACTURA
C.I.M



Centro Tecnológico de Automatización Industrial | CTAI

A continuación se presenta el protocolo para el encendido de la **Fresadora BENCHMAN VMC 4000** del Centro Tecnológico de Automatización Industrial – CTAI, es importante seguir cada una de las instrucciones y pasos establecidos para el correcto funcionamiento, cualquier inquietud que pueda presentarse, por favor remítase al Manual de Uso de la máquina.

ASPECTOS GENERALES

- I. Verificar que esté dispuesta la alimentación eléctrica.
- II. Aumentar la presión hasta 6.3bar.
- III. Abrir la válvula reguladora de caudal.
- IV. Encender el Computador.
- V. Liberar la parada de emergencia.
- VI. Presionar el botón ON (verde)



Abrir el software de la fresadora BENCHMAN en el escritorio del computador.

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE (Verificar)

- I. UNIDADES
Setup – Units – Metric
- II. HOME DE MAQUINA – PUNTO DE REFERENCIA
Setup – Set / Check Home (Ctrl h) – Home
- III. SISTEMA DE COORDENADAS
Setup – Coordinate System – Setup – G54 (Make Active) – Current Position – Apply – Ok
- IV. COLOCACION DE HERRAMIENTA
Inicialmente no encontrará herramientas seleccionadas, en el panel de control seleccione

la herramienta deseada, ejemplo: T1



- V. Encender Husillo (Spindle)



- VI. Encender/Apagar la luz

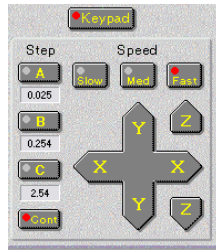


- Abrir Puerta
- Colocar calzas
- Colocar elementos de sujeción
- Revisar el bloque (materia prima - cera)
- Cerrar puerta

- VII. Encender Husillo (Spindle)



VIII. Activar Keypad (Verificar que el sistema se encuentra en Continuous Jog)



IX. Realizar planeado con ayuda de las flechas del teclado ($\leftarrow \rightarrow \uparrow \downarrow$) y (- +) para el eje Z.

X. **Sin realizar movimiento en el eje Z**, Ubicar el cero de la pieza. (No apagar Husillo).

XI. Identificar en el sistema cuál es el cero de la pieza y para ello se referencia el origen (Anexo1)

SISTEMA DE COORDENADAS

XII. Setup – Coordinate System – Setup – G54 (Make Active) – Current Position – Apply – Ok

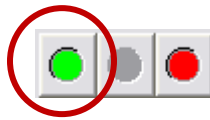
XIII. Levantar el Husillo (eje z)

VERIFICAR PROGRAMA

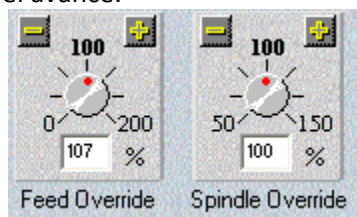
XIV. Program – Verify – OK

CORRER EL PROGRAMA (Sólo después de hacer verificación)

XV. Seleccionar “RUN”



Verificar la velocidad del husillo y el avance.



Feed Override (Velocidad de avance)
Spindle Override (Velocidad del husillo)

- Abrir la puerta
- Retirar la pieza (Liberar prensa neumática)
- Retirar calzas y elementos de sujeción

XVI. Una vez el programa haya terminado, seleccionar Drawbar (Bloqueo/Desbloqueo)



XVII. Colocar la herramienta en su lugar

XVIII. Seleccionar nuevamente Drawbar (Bloqueo/Desbloqueo)



XIX. Realizar limpieza (Especial cuidado con los fuelles, limpiar a cada lado de los ejes)

HOME DE MAQUINA – PUNTO DE REFERENCIA

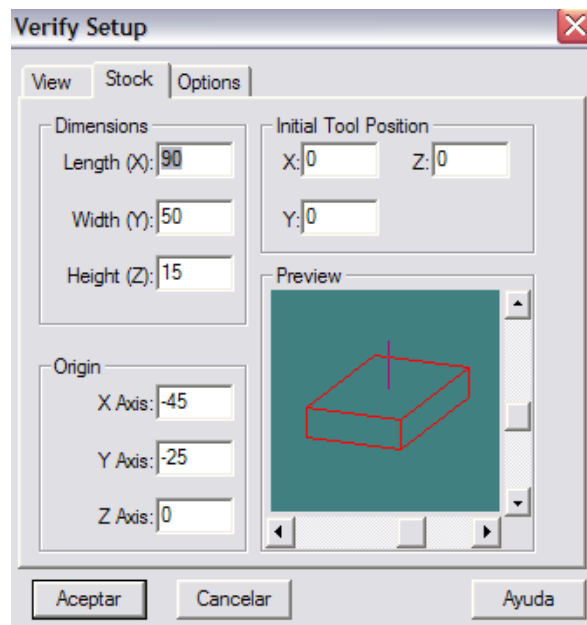
XX. Setup – Set / Check Home (Ctrl h) – Home

- Cerrar el programa de la fresadora
- Apagar el computador
- Colocar la parada de emergencia
- Disminuir la presión a Obar (Se levanta el dispositivo y se gira)
- Cerrar la válvula reguladora de caudal

ANEXO 1

Para saber cuál es el origen de la pieza que está generando:

Program – Verify – Verify Settings – Stock



HERRAMIENTAS T_

- T1=** Escariador plano de 10mm de diámetro. D1 H11 (herramienta patrón)
- T2=** Escariador plano de 6mm de diámetro. D2 H12 (herramienta patrón)
- T3=** Escariador esférico de 6mm de diámetro. D3 H13 (herramienta patrón)
- T4=** Escariador esférico de 3mm de diámetro. D4 H14 (herramienta patrón)

Anexo 17. Protocolo de encendido Centro Integrado de Manufactura (CIM)

MAYO DE 2010



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
JAVERIANA

PROTOCOLO DE ENCENDIDO
CENTRO INTEGRADO DE MANUFACTURA
C.I.M

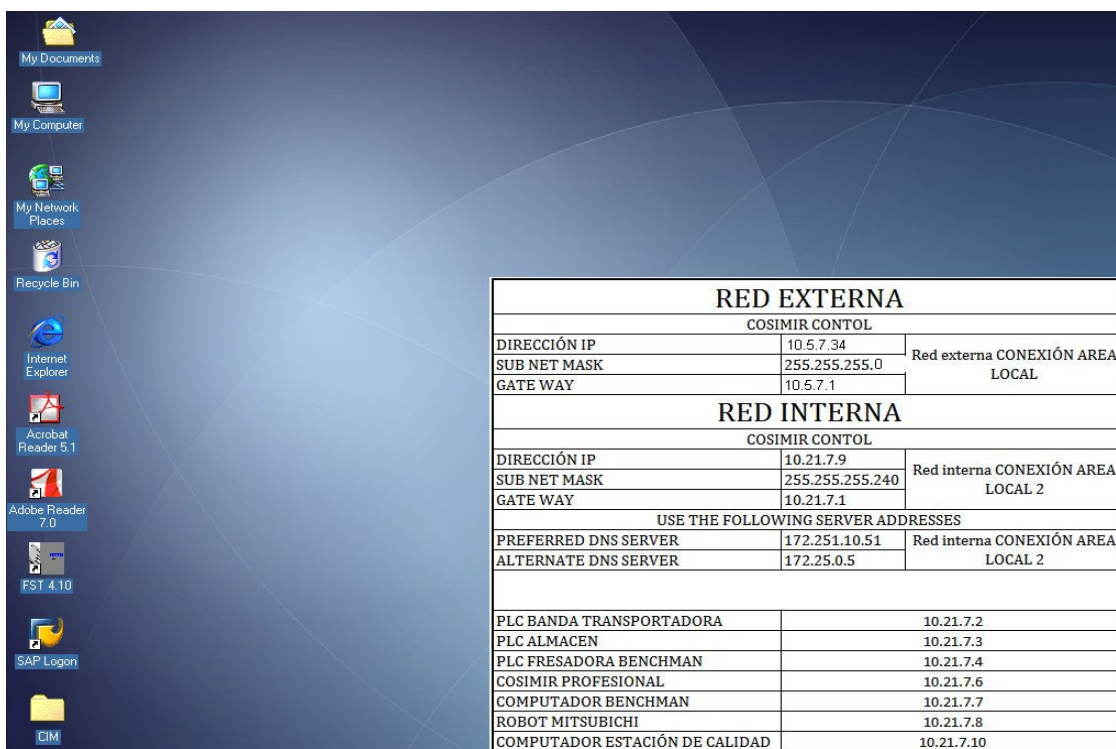


Centro Tecnológico de Automatización Industrial | CTAI

A continuación se presenta el protocolo para el encendido del **Centro Integrado de Manufactura C.I.M** del Centro Tecnológico de Automatización Industrial – CTAI, es importante seguir cada una de las instrucciones y pasos establecidos para el correcto funcionamiento, cualquier inquietud que pueda presentarse, por favor remítase al Manual de Uso de las máquinas que conforman el sistema.

LICENCIA DEL COSIMIR CONTROL

Lo primero que se debe hacer antes de encender el CIM es revisar el computador que tiene la licencia del Cosimir Control y el programa que maneja la Centro Integrado de Manufactura⁵³, (el computador nunca se apaga, por defecto debe estar encendido)



RED EXTERNA		
COSIMIR CONTROL		
DIRECCIÓN IP	10.5.7.34	Red externa CONEXIÓN AREA LOCAL
SUB NET MASK	255.255.255.0	
GATE WAY	10.5.7.1	
RED INTERNA		
COSIMIR CONTROL		
DIRECCIÓN IP	10.21.7.9	Red interna CONEXIÓN AREA LOCAL 2
SUB NET MASK	255.255.255.240	
GATE WAY	10.21.7.1	
USE THE FOLLOWING SERVER ADDRESSES		
PREFERRED DNS SERVER	172.251.10.51	Red interna CONEXIÓN AREA LOCAL 2
ALTERNATE DNS SERVER	172.25.0.5	
PLC BANDA TRANSPORTADORA		10.21.7.2
PLC ALMACEN		10.21.7.3
PLC FRESADORA BENCHMAN		10.21.7.4
COSIMIR PROFESIONAL		10.21.7.6
COMPUTADOR BENCHMAN		10.21.7.7
ROBOT MITSUBICHI		10.21.7.8
COMPUTADOR ESTACIÓN DE CALIDAD		10.21.7.10

Figura 1

- Se verifica el programa IPC Data Server (debe estar abierto en el escritorio), este es el encargado de realizar las comunicaciones del almacén, de la banda transportadora y del robot.

Nota: Si el programa está cerrado se debe seguir los siguientes pasos (**Figura. 2**).

- Inicio
- Programas
- Festo Software
- IPC Data Server

⁵³ En adelante Celda de Manufactura o CIM

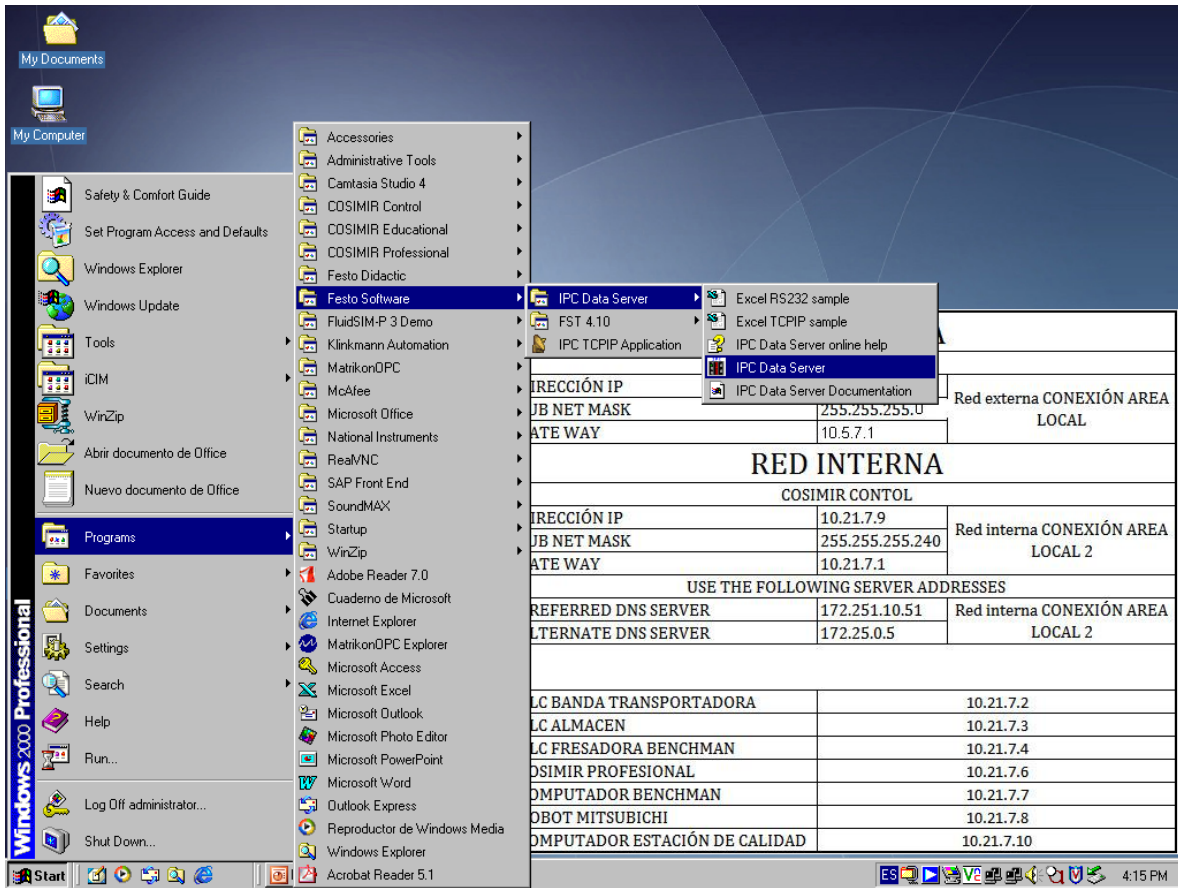


Figura 2

Se puede observar que actualmente hay una IP activa, esta IP corresponde al Robot, el Robot es la única máquina del CIM que no se apaga para mantener la memoria interna donde están grabados los programas, los archivos de posiciones del Robot (Home, Máquina, Pallet, incrementos, etc.), la Máquina está enlazada directamente con el control del torno de control numérico (el robot toma jerarquía sobre el torno para evitar colisiones entre las dos máquinas, mediante el programa de Robot RTURN)

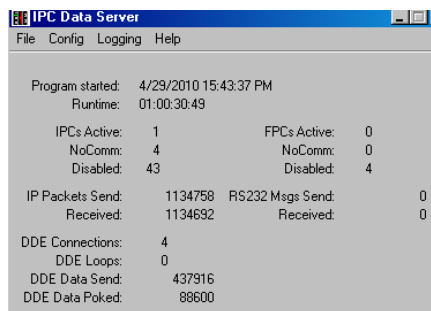


Figura 3

Nota: Al hacer el protocolo de encendido debo apagar la máquina, para poder enlazar el Robot con el Torno de control numérico por computador.

Se debe verificar la ejecución del programa RTURN (el programa no debe tener comentarios), ésta verificación se realiza mediante el siguiente procedimiento.

CONEXIÓN PC – ROBOT (MANUAL AUTOMÁTICO)

- 1) Verificar en el Teach Box que la llave se encuentra en la posición DISABLE, si no está en esta posición se debe girar.



Figura 4

- 2) Verificar en el Drive que la llave se encuentra en la posición EXT AUTOMATIC.



Figura 5



Abrir en el escritorio el programa COSIMIR Professional (Programa del Robot)

APERTUDA DEL HMI (Interfaz Hombre - Máquina)

Nota: Si el programa está cerrado se debe seguir los siguientes pasos (**Figura. 6**).

-File

-Open (Escritorio – PROYECTO ROBOT 2007 - CNC FEEDING - CNC COUPLING)

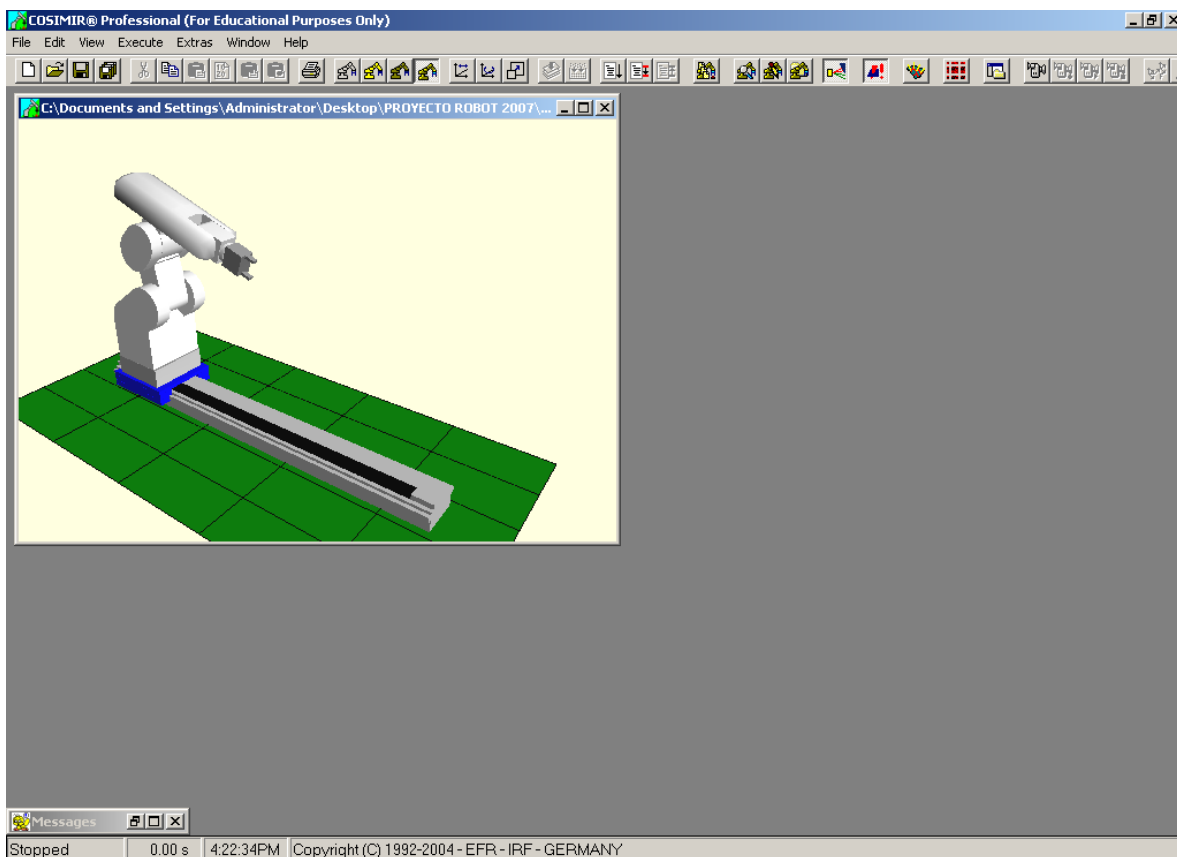


Figura 6

-Execute

-RCI Explorer (Plataforma de comunicación con el Robot)

-Connection

-Clic derecho – Propiedades – SERIAL – Aceptar

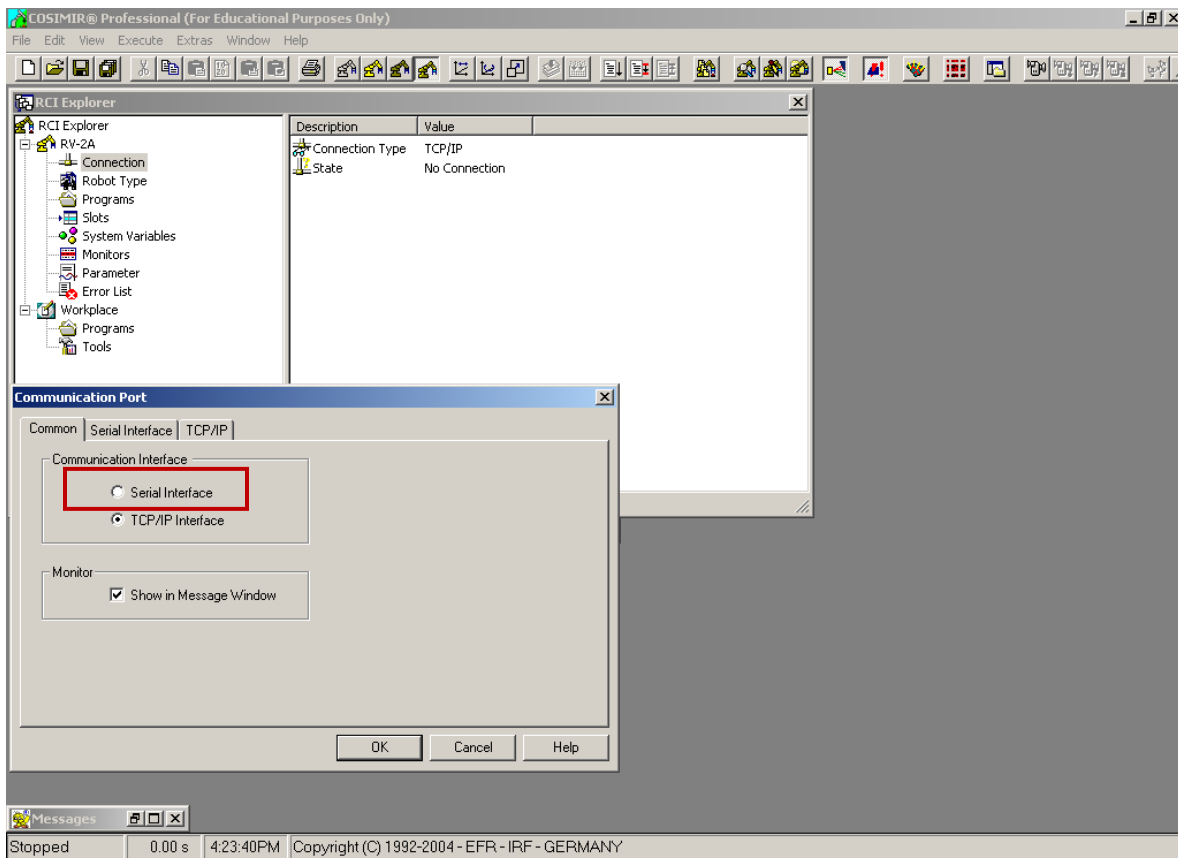


Figura 7

-Clic en Programas (Figura 8)

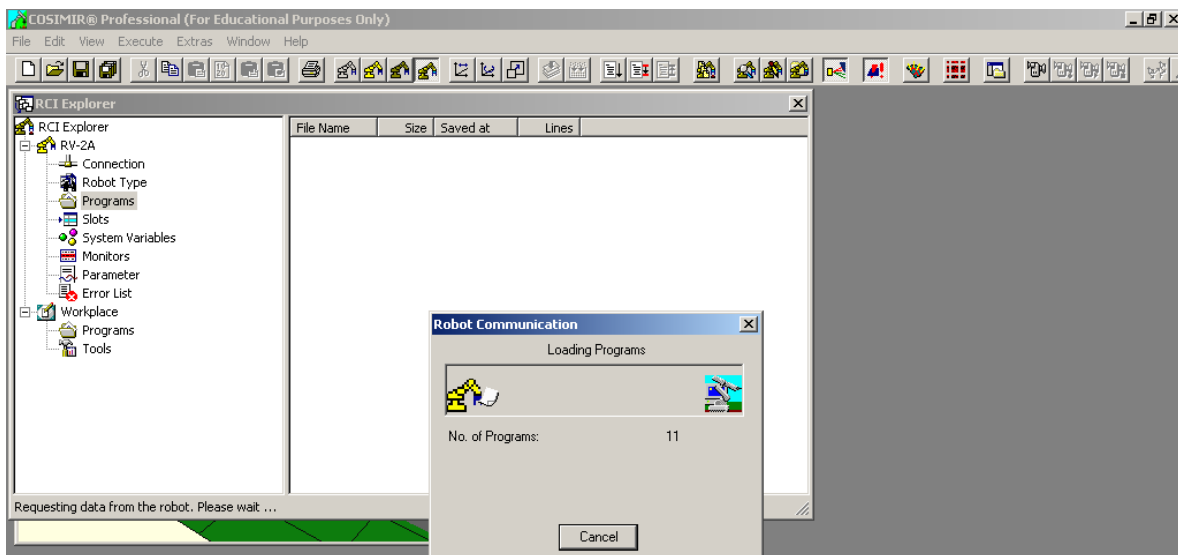


Figura 8

Buscar y abrir el programa RTURN (Figura 9)

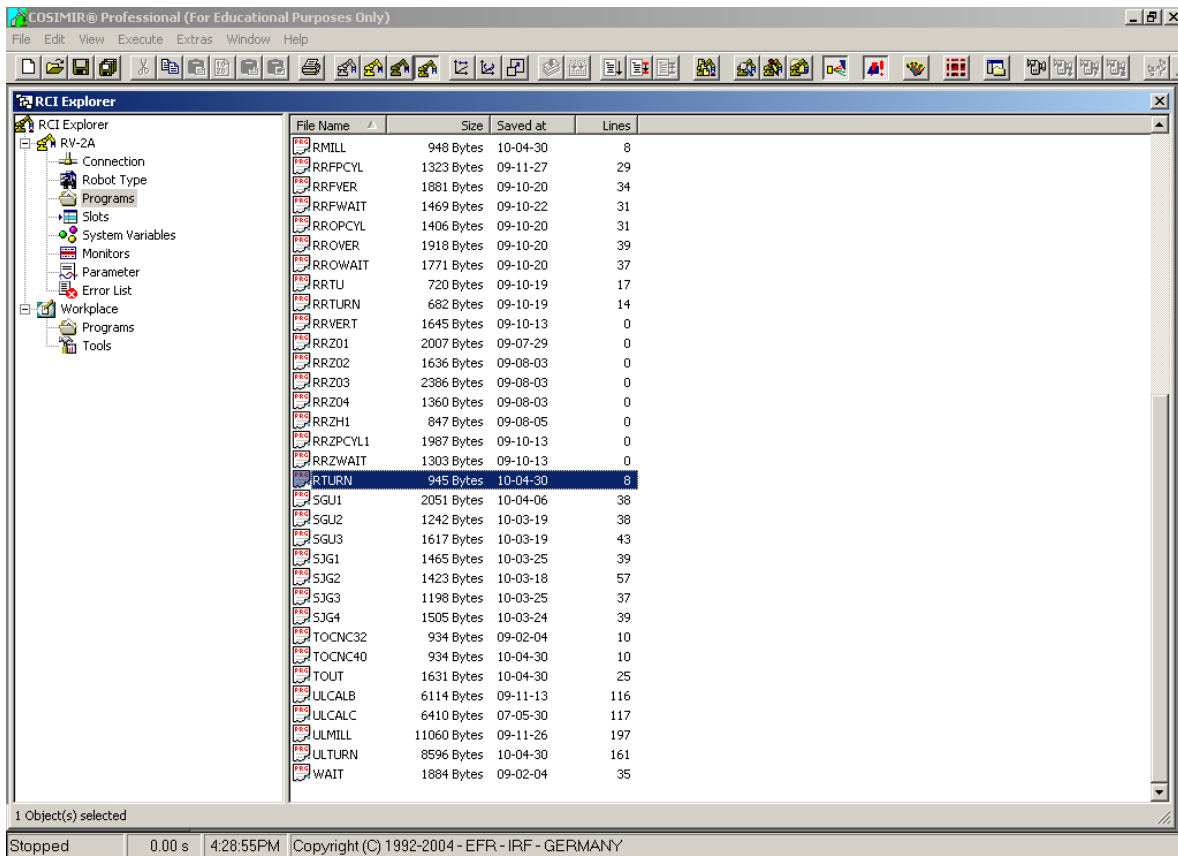


Figura 9

Revisar el archivo .MV4 (Figura 10) Revisar que el programa no se encuentra comentado en la región demarcada, quitar las ' en las líneas 70 y 80. Descargar nuevamente el programa al Robot, Guardar – Execute – Download PC Robot.

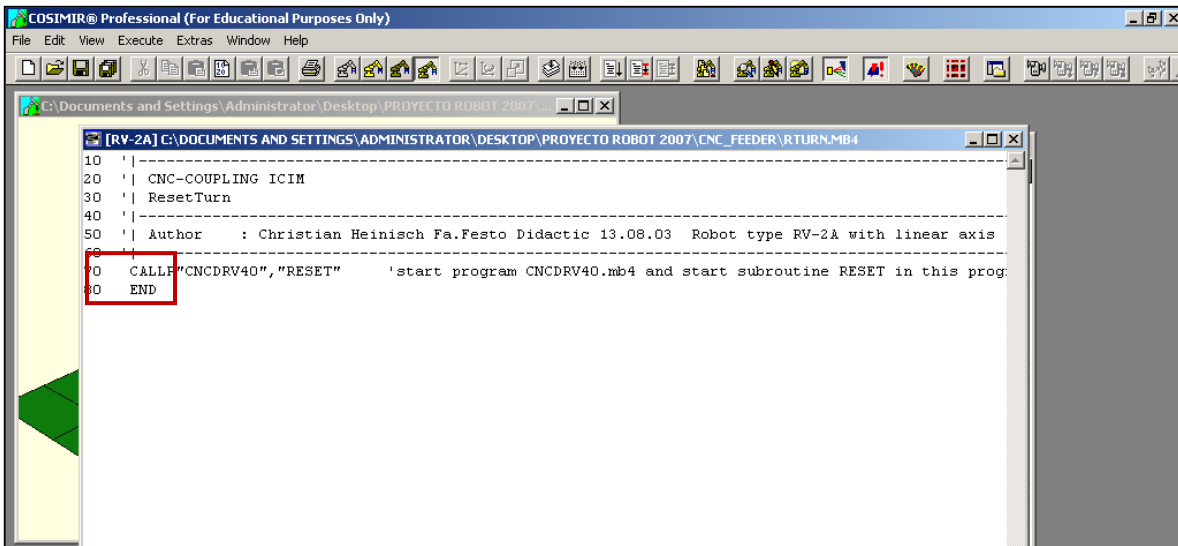


Figura 10

ENCENDIDO DE MÁQUINAS EN LA CELDA DE MANUFACTURA

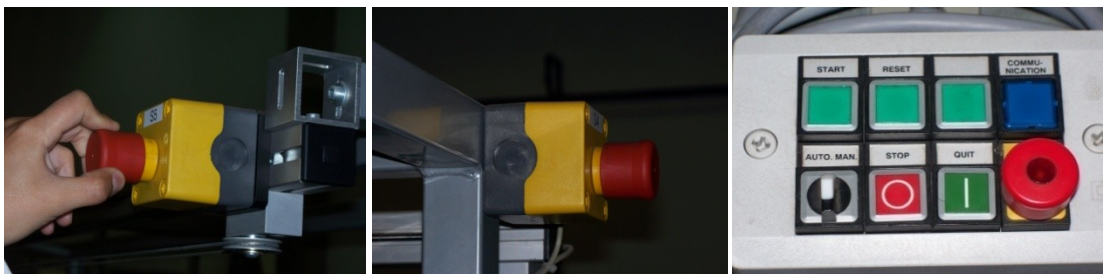
El encendido de las máquinas se realiza mediante una secuencia en forma de “caracol”, en el siguiente orden:

- 1) Almacén
- 2) Banda Transportadora
- 3) Torno
- 4) Robot

Nota: El encendido de cada una de las máquinas sigue un estricto orden, no omitir ningún paso ni verificación.

- **ALMACÉN**

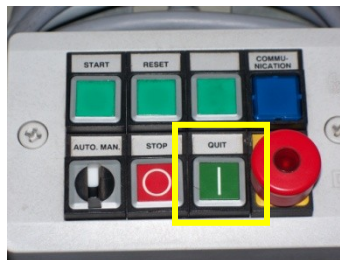
Retirar paros de Emergencia (3), para asegurarse presionar y luego halar hasta que salga.



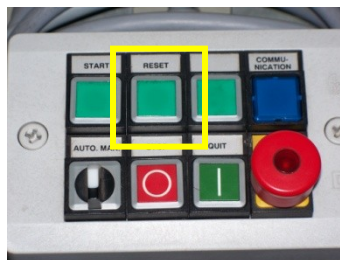
Girar el Totalizador.



Presionar botón "QUIT".



Presionar botón "RESET", sostenido 3 segundos.



Presionar botón "START".



- **BANDA TRANSPORTADORA**

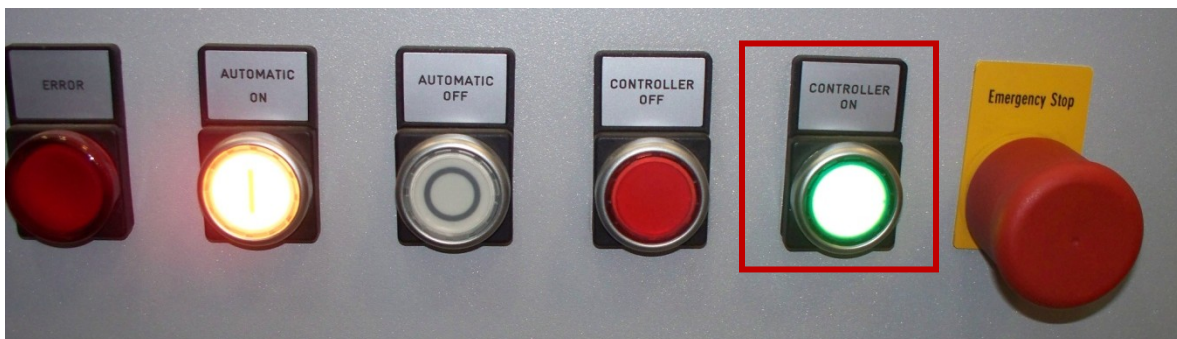
Retirar paro de Emergencia.



Girar el Totalizador.



Presionar botón "Controller On".

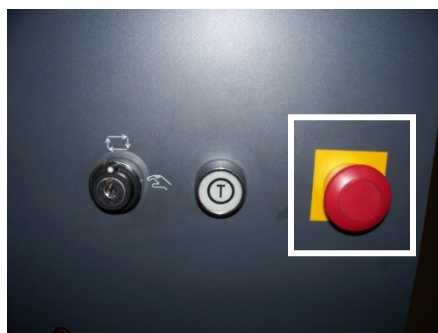


Presionar botón "Automatic On".



- **TORNO DE CONTROL NUMÉRICO**

Retirar paro de Emergencia.



Colocar llave en 0.



Girar el Totalizador.



Colocar presión del aire.



Presionar ENTER en el teclado del Computador.

Despresurizar el sistema.

Cerrar puerta.

Abrir puerta.

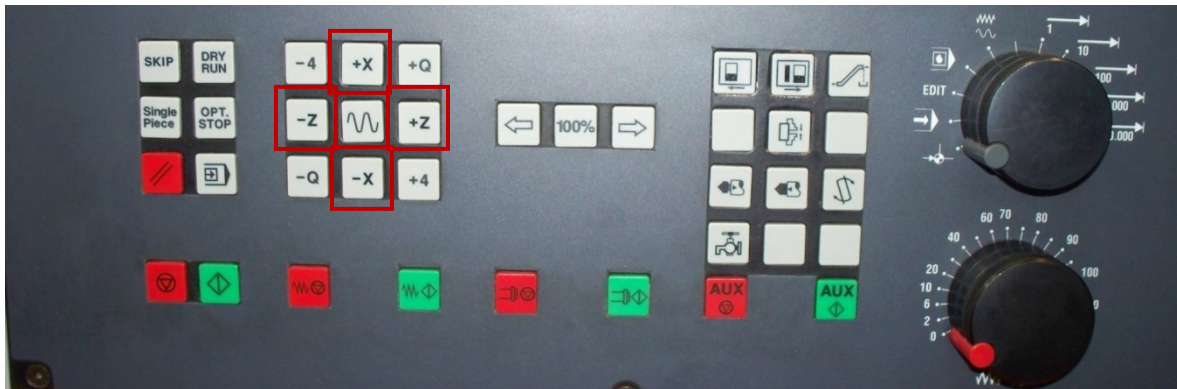


Conectar grupos auxiliares.

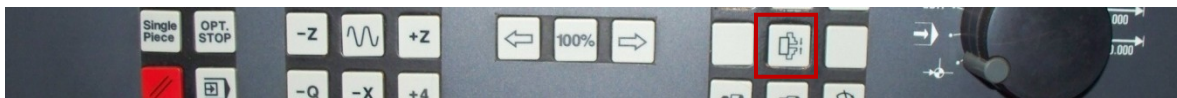


Aproximar a punto de referencia (con la perilla superior en el indicador más bajo, la inferior con velocidad).

Presionar Z y X .



Abrir Mordaza.



Colocar llave en 1.



- **ROBOT MELFA**

Revisar que no tenga pallet en los puntos de carga.



Retirar paros de Emergencia (3), para asegurarse presionar y luego halar hasta que salga.



Girar el Totalizador.



Cuando escuche un sonido, Presionar "Controller On".



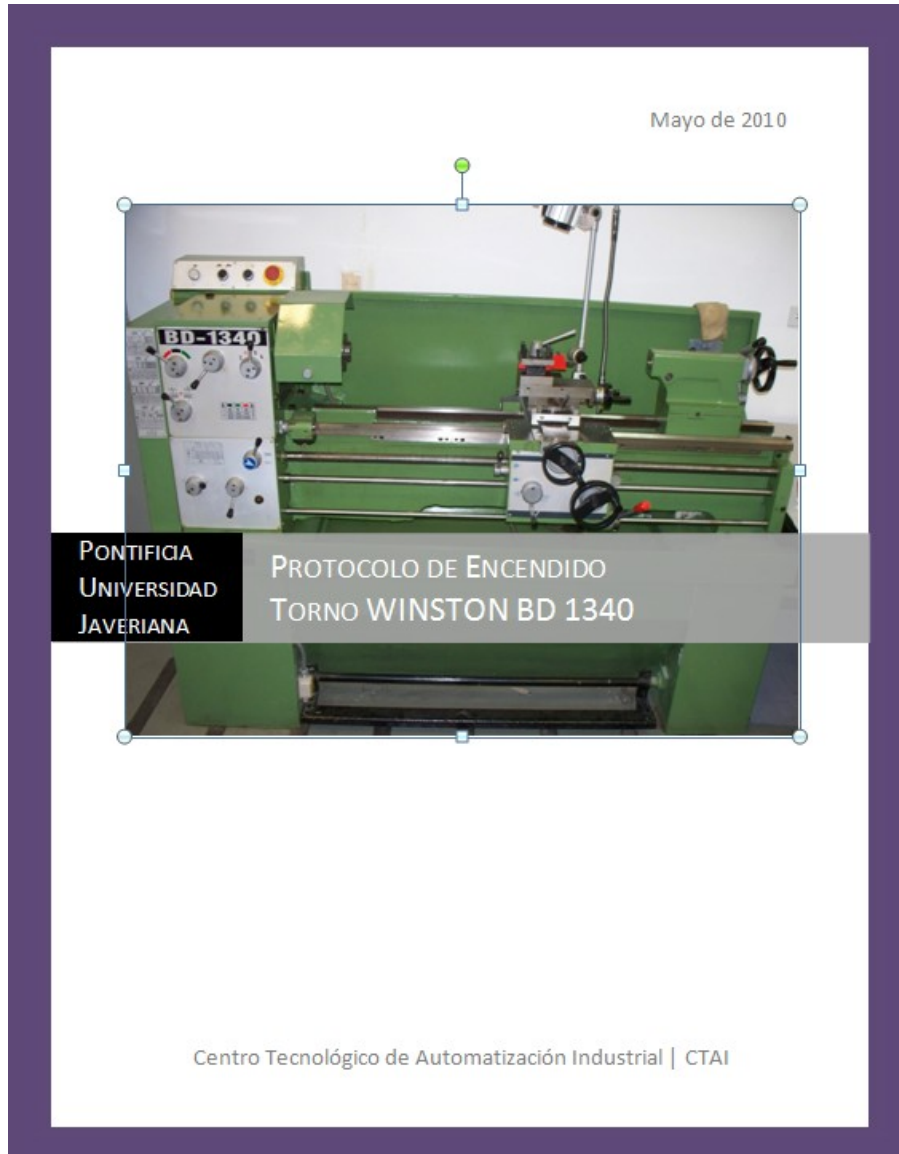
Presionar "RESET", sostenido 3segundos



Presionar "START", sostenido 3 segundos



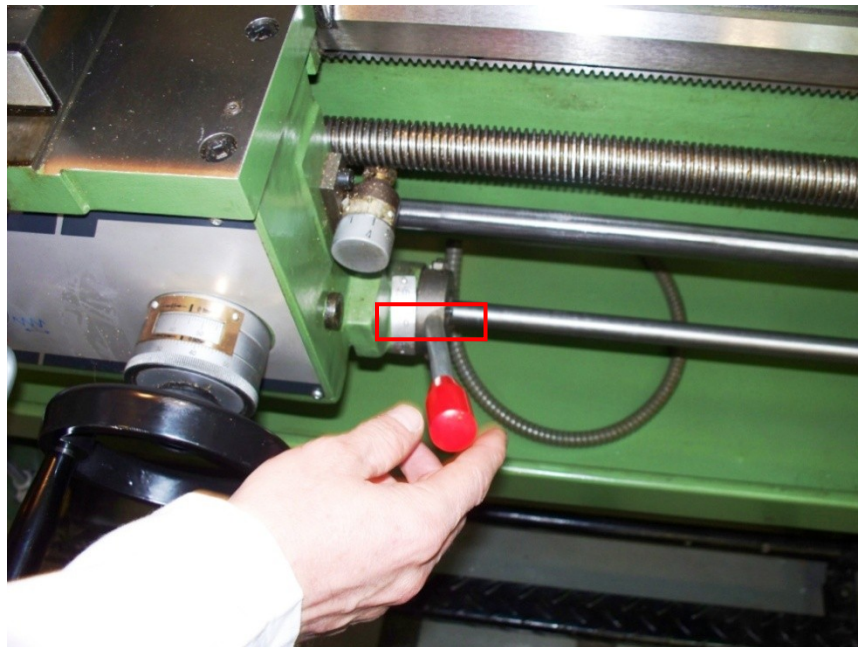
Anexo 18. Protocolo de encendido Torno Winston BD 1340



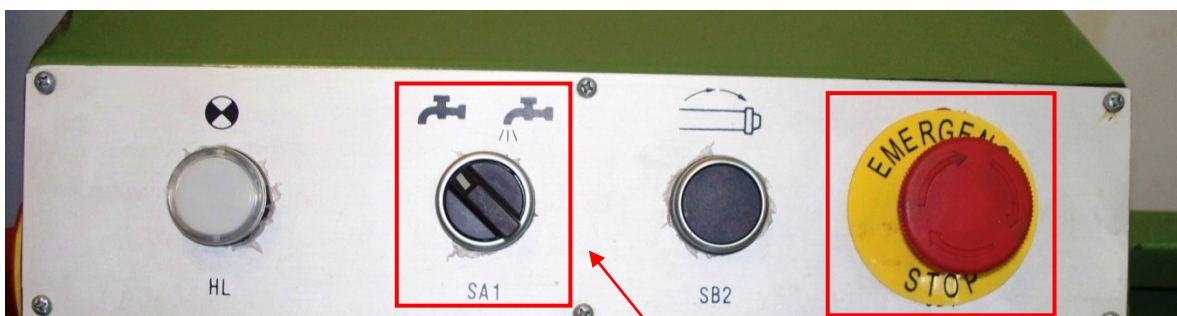
A continuación se presenta el protocolo para el encendido del **Torno WINSTON BD 1340** del Centro Tecnológico de Automatización Industrial – CTAI, es importante seguir cada una de las instrucciones y pasos establecidos para el correcto funcionamiento, cualquier inquietud que pueda presentarse, por favor remítase al Manual de Uso de la máquina.

Nota: Antes de iniciar algún trabajo, se debe asegurar que no tiene anillos, pulseras, manillas y demás objetos que puedan ubicarse en sus manos, además las mujeres deben tener el cabello recogido, para más información se puede remitir a las normas de Seguridad e Higiene Industrial de la Hoja de vida de la máquina.

Lo primero que se debe hacer antes de encender la máquina es **verificar** que la palanca del sentido de giro del husillo esté en cero, esto para proveer movimientos del husillo apenas se gire el totalizador de la máquina.



Retirar el paro de emergencia. (Girar y halar)



Acción del refrigerante (Aceite soluble)

Girar el totalizador



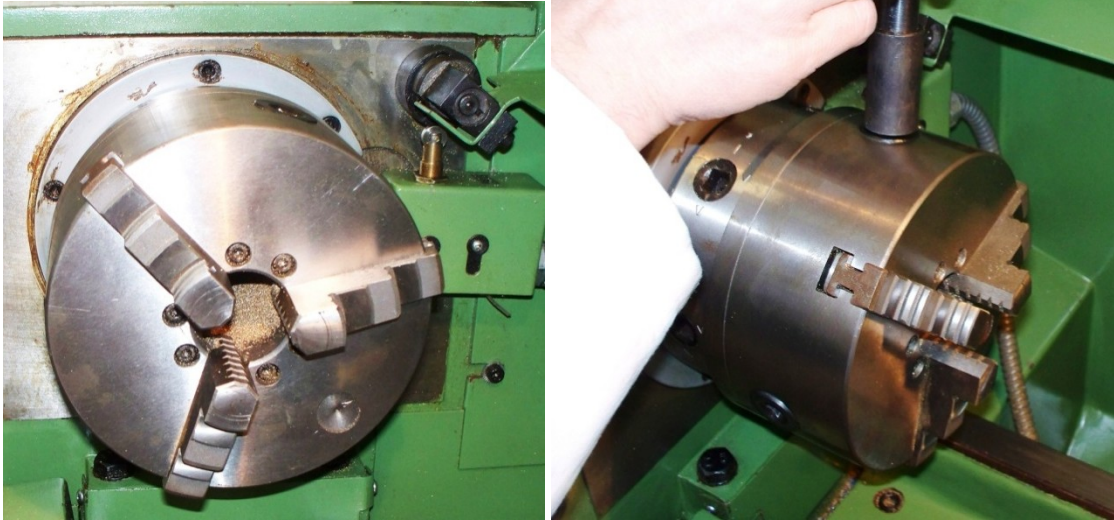
De acuerdo a las preferencias del operador, encender la luz.



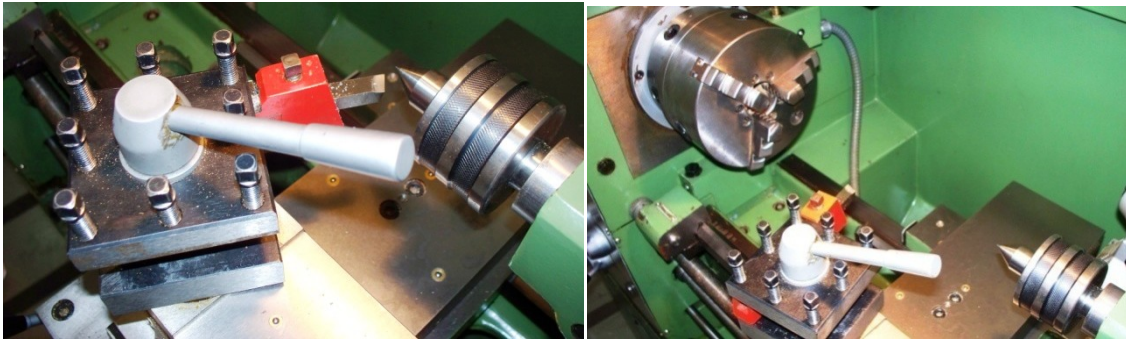
Nota: Tener en cuenta que la máquina tiene un sistema de seguridad en la tapa que cubre la copa, si la tapa está en la parte de arriba, la máquina no deja que el husillo empiece a girar en ningún sentido.



En este momento se debe colocar la pieza en la copa (usar llave para la copa 3 mordazas) y analizar que procesos de mecanizado se le quiere hacer a la pieza, dependiendo de estos existen diversos procedimientos a realizar.

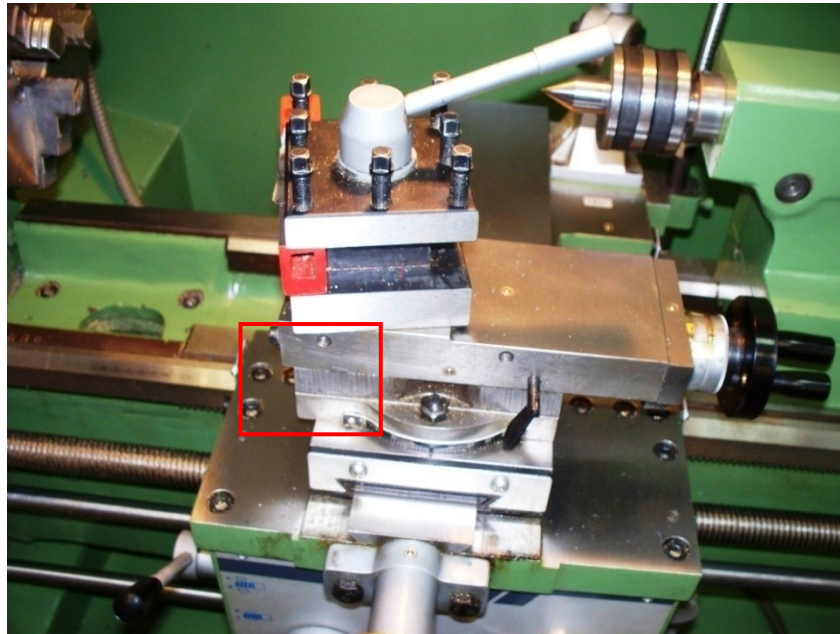


Ubicar en la torreta el buril (herramienta) que necesita, se requiere el contrapunto, con él se realiza la verificación de que el buril se encuentra en la mitad, la torreta gira en sentido anti horario.






(Si el buril queda en la parte de arriba, esta presentará vibración, si por el contrario queda en la parte de abajo, la herramienta se empieza a clavar en la pieza produciendo deterioro en el proceso de mecanizado)

Es importante analizar que se puede colocar el carro al máximo hacia la izquierda para prevenir el riesgo de alguna colisión, mientras el operador de la máquina está atendiendo otros parámetros y variables del proceso de mecanizado. (Éste proceso se realiza mediante el accionador color negro de la parte derecha)

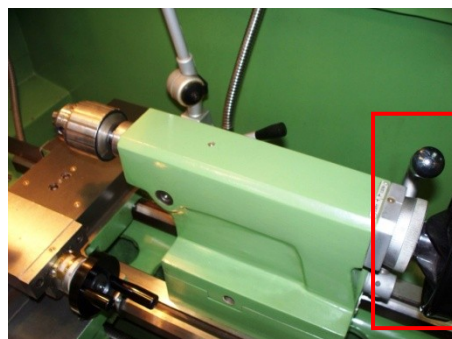


Nota: Existen algunos procesos de mecanizado que requieren la torreta en otra posición, en estos procesos se debe tener mucho cuidado para no causar colisiones con el husillo en movimiento.

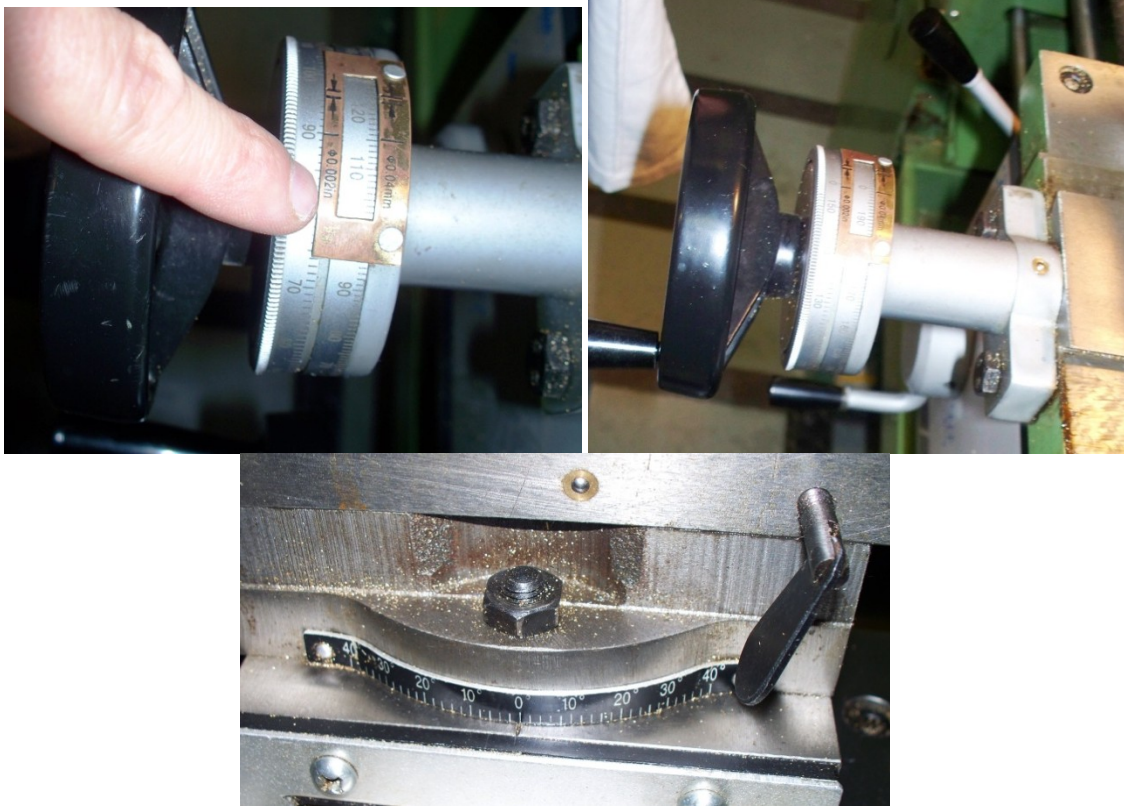
La palanca de encendido tiene 3 posiciones:

	Sentido Horario
	Neutro, no hay giro del husillo
	Sentido Anti horario

El mandril y contrapunto se coloca y se ajusta mediante el giro de la palanca derecha



Se debe analizar la precisión de los carros, (en las figuras se puede observar cada uno)



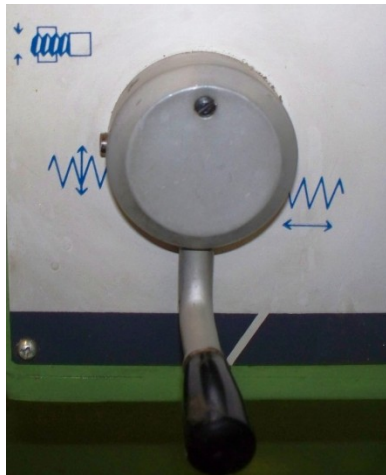
Se debe cuadrar la velocidad deseada para el Husillo (Foto y tabla)



I	60	95	145	A
II	225	355	535	B
	835	1320	2000	C

En el ejemplo las palancas Indican Rojo – II – B, por lo tanto la velocidad del husillo es **535 rev/min**.

Se puede realizar “Automáticos”, para se tome el carro horizontal o transversal y el torno de acuerdo a las revoluciones que tiene el husillo de un avance.



Existe además una tabla adjunta para graduar el avance del carro.



Existe un freno electromecánico para detener de manera rápida el giro del husillo y el movimiento automático de los caros.



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES
(Licencia de uso)**

Bogotá, D.C., 18 DE FEBRERO DE 2011

Señores
Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J.
Pontificia Universidad Javeriana
Ciudad

Los suscritos:

ALEXANDER CÁRDENAS RAMOS , con C.C. No **1.032.414.149**
YUDY LORENA URREA MORALES , con C.C. No **1.018.432.568**

En nuestra calidad de autores exclusivos de la obra titulada:

Diseño e Implementación de un plan de mantenimiento bajo el modelo Total Productive Maintenance (TPM) asistido por computador, en el

Centro Tecnológico de Automatización Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana -

Sede Bogotá (por favor señale con una "x" las opciones que apliquen)

Tesis doctoral Trabajo de grado Premio o distinción: Si No
cual:

presentado y aprobado en el año 2010 , por medio del presente escrito:

Autorizamos a la Pontificia Universidad Javeriana para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre nuestra obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autorizan a la Pontificia Universidad Javeriana, a los usuarios de la Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J., así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado un convenio, son:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La conservación de los ejemplares necesarios en la sala de tesis y trabajos de grado de la Biblioteca.	X	
2. La consulta física o electrónica según corresponda	X	
3. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer	X	
4. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet	X	
5. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previo convenio perfeccionado con la Pontificia Universidad Javeriana para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones		X
6. La inclusión en la Biblioteca Digital PUJ (Sólo para la totalidad de las Tesis Doctorales y de Maestría y para aquellos trabajos de grado que hayan sido laureados o tengan mención de honor.)		

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

De manera complementaria, garantizamos en nuestra calidad de estudiantes y por ende autores exclusivos, que la Tesis o Trabajo de Grado en cuestión, es producto de nuestra plena autoría, de nuestro esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de nuestra creación original particular y, por tanto, somos los únicos titulares de la misma. Además, aseguramos que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifestamos que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de nuestra competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Pontificia Universidad Javeriana por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuare (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Pontificia Universidad Javeriana está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: Información Confidencial:

Esta Tesis o Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de una investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. Si No

NOMBRE COMPLETO	No. del documento de identidad	FIRMA
ALEXANDER CÁRDENAS RAMOS	1.032.414.149	
YUDY LORENA URREA MORALES	1.018.432.568	

FACULTAD: INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO: INGENIERÍA INDUSTRIAL

**BIBLIOTECA ALFONSO BORRERO CABAL, S.J.
DESCRIPCIÓN DE LA TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO
FORMULARIO**

TÍTULO COMPLETO DE LA TESIS O TRABAJO DE GRADO						
Diseño e Implementación de un plan de mantenimiento bajo el modelo Total Productive Maintenance (TPM) asistido por computador, en el Centro Tecnológico de Automatización Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana – Sede Bogotá						
SUBTÍTULO, SI LO TIENE						
AUTOR O AUTORES						
Apellidos Completos		Nombres Completos				
CÁRDENAS RAMOS		ALEXANDER				
URREA MORALES		YUDY LORENA				
DIRECTOR (ES) TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO						
Apellidos Completos		Nombres Completos				
MANRIQUE TORRES		MARTHA RUTH				
FACULTAD						
INGENIERÍA						
PROGRAMA ACADÉMICO						
Tipo de programa (seleccione con "x")						
Pregrado	Especialización	Maestría	Doctorado			
X						
Nombre del programa académico						
Ingeniería Industrial						
Nombres y apellidos del director del programa académico						
Joseph Robert Voelki Peñaloza						
TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:						
INGENIERO INDUSTRIAL						
PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o tener una mención especial):						
CIUDAD		AÑO DE PRESENTACIÓN DE LA TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO	NÚMERO DE PÁGINAS			
BOGOTÁ		2010	-----			
TIPO DE ILUSTRACIONES (seleccione con "x")						
Dibujos	Pinturas	Tablas, gráficos y diagramas	Planos	Mapas	Fotografías	Partituras
X		X			X	
SOFTWARE REQUERIDO O ESPECIALIZADO PARA LA LECTURA DEL DOCUMENTO						
Nota: En caso de que el software (programa especializado requerido) no se encuentre licenciado por la Universidad a través de la Biblioteca (previa consulta al estudiante), el texto de la Tesis o Trabajo de Grado quedará solamente en formato PDF.						
Adobe Reader						

MATERIAL ACOMPAÑANTE					
TIPO	DURACIÓN (minutos)	CANTIDAD	FORMATO		
			CD	DVD	Otro ¿Cuál?
Vídeo					
Audio					
Multimedia					
Producción electrónica	8	1	1		
Otro Cuál?					
DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVE EN ESPAÑOL E INGLÉS Son los términos que definen los temas que identifican el contenido. (En caso de duda para designar estos descriptores, se recomienda consultar con la Sección de Desarrollo de Colecciones de la Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J en el correo biblioteca@javeriana.edu.co , donde se les orientará).					
ESPAÑOL			INGLÉS		
Mantenimiento			Maintenance		
Manufactura			Manufacturing		
Sistemas de Información			Information Systems		
Tecnología			Technology		
Desarrollo			Development		
RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS (Máximo 250 palabras - 1530 caracteres)					
<p>Con objeto de mejorar la productividad de las máquinas y equipos del Centro Tecnológico de Automatización Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana, se ha diseñado e implementado un Plan de Mantenimiento bajo el modelo Total Productive Maintenance (TPM) asistido por computador, a través del cual, se pretende desarrollar una filosofía de mantenimiento en la comunidad educativa, eliminar los problemas en los equipos mediante actividades de prevención, programación y predicción, elevar la vida útil de las máquinas e incrementar el nivel de productividad de las mismas. El plan de mantenimiento del CTAI se apoya en un sistema de información diseñado en Microsoft Access®, mediante el cual se administra la información referente a las tareas y reportes de mantenimiento, se generan alarmas para las actividades programadas, y se controla la información referente a las máquinas, equipos e instalaciones. Las tareas de mantenimiento asistidas por computador permiten obtener información confiable y oportuna sobre las actividades desarrolladas en un laboratorio de Ingeniería, garantizando la trazabilidad exigida por los procesos de Mantenimiento y de certificación en los sistemas de calidad. La flexibilidad del modelo de mantenimiento implementado permite su futura adaptación a otros laboratorios de índole educativa.</p>					