

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE LAS MÁQUINAS DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

**DIEGO RENÉ MEDRANO PILATAXI
BYRON JAVIER VEGA GAONA**

DIRECTOR: Ing. Patricio Riofrío V.

CODIRECTOR: CRNL. (S.P) Ing. Juan Díaz T.

Sangolquí, 2012 - Septiembre

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE LAS MÁQUINAS DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.” fue realizado en su totalidad por los señores estudiantes DIEGO RENÉ MEDRANO PILATAXI y BYRON JAVIER VEGA GAONA, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Patricio Riofrío
DIRECTOR

Ing. Juan Díaz
CODIRECTOR

Sangolquí, 04-09-2012

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE LAS MÁQUINAS DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.”

ELABORADO POR:

Diego René Medrano P.

Byron Javier Vega G.

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Ing. Xavier Sánchez
DIRECTOR DE CARRERA

Sangolquí, 2012 – Septiembre

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

A U T O R I Z A C I Ó N

Nosotros, DIEGO RENÉ MEDRANO PILATAXI Y BYRON JAVIER
VEGA GAONA

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación en la biblioteca virtual de la Institución el proyecto de grado titulado:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE LAS MÁQUINAS DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 04 de Septiembre del 2012

DIEGO RENÉ MEDRANO PILATAXI

C.I. 171442839-6

BYRON JAVIER VEGA GAONA

C.I. 172096205-7

DEDICATORIA

A Dios por ser tan generoso e incondicional en mi vida, llevándome por el camino del bien y la verdad.

A todas esas maravillosas personas que fueron una guía en mi camino personal y profesional, de manera especial:

A mi padre René, por su ejemplo de rectitud y honestidad, por sus consejos en los momentos más difíciles y más que nada por su fe ciega depositada en mí, a él debo todos mis logros, gracias de todo corazón por haberme guiado hacia la Ingeniería Mecánica.

A mi madre Ana Mercedes, por su inmensa dedicación y sacrificio hacia mi hermano y a mí, por su hermoso corazón, por sus palabras de aliento, por su amor desinteresado, por su generosidad, por anteponer nuestros éxitos a sus sueños, por ser mi ángel durante toda mi vida, por ser mi fiel compañera durante toda mi vida estudiantil, por eso mamita querida este logro mas que mio es tuyo.

A mi hermano Andrés, mas que mi hermano eres mi amigo, espero seguir siendo un ejemplo en tu vida, anhelo que este logro obtenido sea una motivación en tu vida profesional y alcances todas las metas propuestas, para lo cual siempre estaré a tu lado apoyándote.

A mi novia Andrea, por su apoyo y amor todos estos años, desde el colegio hasta el día de hoy, por eso me llena el corazón saber que somos una joven pareja de profesionales.

DIEGO RENÉ

DEDICATORIA

*Dedico todo el trabajo, dedicación y esfuerzo puestos en esta Tesis a mis amados padres
Polivio Vega Rivas y María Albertina Gaona Jiménez.*

*Si no hubiera sido por ellos, por su constante sacrificio y apoyo no estuviera en este momento
cumpliendo esta meta que es el graduarme de Ingeniero Mecánico.*

*Las palabras me faltan para describir todo lo que mis padres han hecho por mí, todo lo que
han hecho para poder verme graduado y saber que han cumplido como padres al darme la
mejor de las herencias que es la educación.*

*Les dedico esta Tesis porque para ellos lo único importante siempre ha sido que mis
hermanos y yo culminemos con nuestros estudios, que nunca nos falte nada para cumplir ese
objetivo.*

*Se la dedico a mi amada Madre que desde que tengo uso de razón siempre estuvo allí para
nosotros, siempre enfocada en nosotros, siempre cuidando que nosotros nos dediquemos
solamente a nuestros estudios sin que ninguna otra cosa nos distraiga o nos represente un
impedimento.*

*Siempre sacrificada, siempre desinteresada, siempre entregada, siempre tierna, siempre
amorosa, siempre madre.*

*Se la dedico a mi amado Padre que desde siempre nos ha proveído con todo lo que hemos
llegado a necesitar, a pesar del cansancio, a pesar de las crisis, a pesar de cualquier traba
mi Padre siempre ha buscado la manera de darnos todo, así para él no quede nada.
Nos ha dedicado todos estos años de duro trabajo y esfuerzo, de muchos consejos, muchas
lecciones, mucho apoyo, y sobretodo mucho amor.*

*Esta Tesis es de ustedes amados Polivio y María, yo solamente he sabido aprovechar el
infinito apoyo recibido de su parte, porque a pesar de que parecía un poco duro estudiar en
la ESPE ustedes y mis hermanos me apoyaron desinteresadamente. Siempre me han apoyado
económica y emocionalmente, lo poco o mucho que me han dado para mí es inmenso, para
mí lo es todo y estaré eternamente en deuda con ustedes por eso.*

*Ahora ha llegado el momento de que yo les apoye, de que trate de retribuir en algo todo lo
que he recibido de ustedes. Las ganancias económicas que me genere esta maravillosa
profesión que es la Ingeniería Mecánica serán en parte de ustedes también, ya que de no ser
por ustedes nunca hubiera podido llegar a alcanzar dicho título.*

*Por todas esas razones y muchas otras más, lo mínimo que puedo hacer es dedicar esta Tesis
a mis padres.*

A ellos, Polivio y María, les debo todo lo que soy y algún día llegaré a ser.

BYRON

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Patricio Riofrío Jefe del Laboratorio de Procesos de Manufactura, por su apertura y colaboración en el presente proyecto.

Al Crnl. (S.P) Ing. Juan Díaz por su apoyo y conocimientos brindados para la ejecución del presente proyecto.

A todo el personal que labora en el Laboratorio de Procesos de Manufactura de la Escuela Politécnica del Ejército por sus experiencias y conocimientos compartidos.

Al Ing. José Pérez por todas sus valiosas enseñanzas en las aulas de clases, para usted mis más profundos y sinceros sentimientos de gratitud y admiración.

Al personal docente de la Carrera de Ingeniería Mecánica por todas sus enseñanzas y conocimientos compartidos en este proceso de aprendizaje.

Al pueblo Ecuatoriano, a quien debo mis últimos semestres de formación profesional.

DIEGO RENÉ

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Polivio y María, por haberme dado todo sin esperar nada.

A mis amados hermanos Jacky y Willy por tanto apoyo, tantos consejos, tanta confianza, tanta comprensión, tanta amistad, tanto cariño y tanto amor que me han sabido dado durante toda mi vida, muchísimas gracias de corazón.

A mi amada novia Alicia, mi negrita bella le agradezco por el amor tan puro y sincero que nos tenemos, por hacerme tan feliz día a día y saber que siempre puedo contar con usted. Solo gracias mi amor por eso y por todo lo demás.

A todos mis queridos amigos que de una u otra forma han contribuido al desarrollo de esta Tesis, ya sea con una palabra de aliento en los pasillos de la universidad, con unas cervezas para despejar la mente y quitar el estrés, con un chiste, con un chisme, o simplemente una conversación sincera de amigos. Muchas gracias a todos de verdad.

Al Ing. Patricio Riofrío, Jefe del Laboratorio de Procesos de Manufactura, por haber dado la iniciativa de la realización de esta Tesis, por todo el apoyo y valiosas enseñanzas brindadas desde el inicio de la misma hasta su culminación.

Al Crnl. (S.P) Ing. Juan Díaz por su colaboración y preciados conocimientos otorgados durante la elaboración de la presente Tesis.

A los docentes y laboratoristas de la muy querida Carrera de Ingeniería Mecánica, por todo el conocimiento impartido y las enseñanzas académicas y humanas brindadas durante todos estos años de preparación profesional en sus aulas de clase y laboratorios.

A todas las personas e instituciones que pusieron su granito de arena para el desarrollo de esta Tesis, incluso sin saberlo. Muchas Gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	II
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XX
GLOSARIO DE TÉRMINOS	XXI
RESUMEN	XXIII
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES	24
1.1 Antecedentes	24
1.2 Definición del problema.....	25
1.3 Objetivos	27
1.3.1 General	27
1.3.2 Específicos.....	27
1.4 Alcance	28
1.5 Justificación.....	29
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	31
2.1 Ingeniería de Mantenimiento.....	31
2.1.1 Definición de Mantenimiento.....	31

2.1.2	Importancia del Mantenimiento	31
2.1.3	Sistemas de Mantenimiento	32
2.1.4	Niveles de Mantenimiento	38
2.1.5	Organización del Mantenimiento.....	43
2.1.6	Programación del Mantenimiento	44
2.1.7	Métodos de diagnostico de Mantenimiento.....	45
2.2	Diseño de las instalaciones industriales.....	45
2.2.1	Criterios.....	45
2.2.2	Información básica	46
2.2.3	Métodos de Distribución De Máquinas.....	49
2.3	Máquinas Herramienta	54
2.3.1	Definición	54
2.3.2	Clasificación	54
2.4	Gestión del Mantenimiento.....	71
2.4.1	Planeación	74
2.4.2	Organización	75
2.4.3	Integración	76
2.4.4	Ejecución	77
2.4.5	Control	78

CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DEL LABORATORIO DE PROCESOS

DE MANUFACTURA.....79

3.1	Descripción del Laboratorio de Procesos de Manufactura	79
3.1.1	Instalaciones Físicas.....	79
3.1.2	Inventario de Máquinas y Equipos existentes	86
3.1.3	Estado actual de Operación de las Máquinas	89
3.1.4	Servicios que presta el laboratorio	93
3.1.5	Análisis y valoración del personal del laboratorio.....	100
3.2	Análisis de la situación actual del mantenimiento	103
3.2.1	Verificación de documentación existente	103
3.2.2	Categorización de las máquinas y equipos.....	109
3.2.3	Diagnóstico y valoración del mantenimiento del laboratorio	123
3.2.4	Evaluación de la condición de estado de las máquinas a Julio de 2011	127

CAPÍTULO 4: REPARACIÓN DE LAS MÁQUINAS EN EL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA.....	131
4.1 Listado de máquinas que requieren reparación	131
4.2 Diagnóstico del estado de las máquinas y equipos.....	132
4.3 Procedimientos de mejora y rehabilitación de las máquinas y equipos	134
4.4 Equipamiento y materiales	138
CAPÍTULO 5: VERIFICACIÓN METROLÓGICA DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTA	141
5.1 Preparaciones previas.....	141
5.1.1 Historiales de verificación metrológica	142
5.2 Planificación de verificaciones metrológicas	143
5.2.1 Lista de equipos que requieren ser verificados metrológicamente	143
5.2.2 Verificación metrológica	143
5.3 Ejecución de la verificación metrológica.....	154
5.3.1 Procedimientos realizados	154
5.3.2 Resultados verificaciones metrológicas realizadas	157
CAPÍTULO 6: ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS Y FORMATOS PREVIOS AL MANTENIMIENTO	168
6.1 Sistema de codificación de máquinas por tipos de procesos	169
6.1.1 Máquinas herramienta para procesos de manufactura con arranque de viruta.....	170
6.1.2 Máquinas herramienta para procesos de manufactura sin arranque de viruta.....	171
6.1.3 Equipos para procesos de manufactura por soldadura.....	171
6.2 Sistema de codificación de documentos	172
6.2.1 Manuales e instructivos.....	173
6.2.2 Registros (bitácora de máquina)	174
6.2.3 Documentos de control	176
6.3 Elaboración de fichas de máquina	177
6.4 Elaboración de manuales de máquinas	182
6.4.1 Instructivos de operación de equipos.....	182

6.4.2	Planes de mantenimiento.....	188
6.5	Actualización y elaboración de libros de vida (Bitácoras).....	199
CAPÍTULO 7: PLANEACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DEL		
MANTENIMIENTO.....		200
7.1	Desarrollo previo	200
7.2	Planificación de los trabajos de mantenimiento	201
7.2.1	Determinación de las acciones de mantenimiento	201
7.2.2	Frecuencia de ejecución de mantenimiento por máquina	203
7.2.3	Lista de materiales necesarios en el mantenimiento preventivo ...	205
7.2.4	Personal necesario para la ejecución del mantenimiento	209
7.3	Elaboración de documentos para la planeación del mantenimiento preventivo.....	211
7.3.1	Diseño de hoja para planeación del mantenimiento.....	211
7.3.2	Elaboración del cronograma global de mantenimiento	212
7.3.3	Elaboración de cronograma particular de mantenimiento	212
7.4	Elaboración de documentos de control	218
7.4.1	Diseño de órdenes de trabajo	218
7.5	Estructura de control de mantenimiento.....	218
7.5.1	Planeación de Orden/ Reporte de actividades semanales.....	218
7.5.2	Diagrama de Flujo de las órdenes de trabajo.....	219
7.5.3	Retroalimentación y acción correctiva.....	220
7.6	Distribución de equipos y máquinas en el laboratorio	221
7.6.1	Distribución actual.....	221
7.6.2	Distribución de futura ampliación recomendada del laboratorio....	224
7.7	Diseño y desarrollo del software para la gestión del mantenimiento (plataforma Microsoft ® Visual Basic 6.0).....	226
7.7.1	Usuarios.....	226
7.7.2	Funciones.....	229
CAPÍTULO 8: ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO.....		232
8.1	Determinación de costos de mantenimiento	232
8.1.1	Costos de los materiales	232
8.1.2	Costo de la fuerza de trabajo	235
8.1.3	Costos de amortización de los medios a utilizar	239

8.1.4	Servicios comprados y otros gastos.....	244
8.2	Análisis económico.....	244
8.2.1	Factibilidad económica.....	244
8.2.2	Determinación de la inversión del proyecto	244
8.2.3	Costos Indirectos	245
8.2.4	Costos Directos.....	245
8.2.5	Costos Totales	246
8.2.6	Financiamiento.....	246
8.2.7	Capital de Trabajo.....	247
8.3	Análisis de sensibilidad	247
8.3.1	Costos inmediatos.....	247
8.3.2	Costos administrativos y no asegurados.....	248
8.3.3	Inversión total inicial.....	248
8.3.4	Depreciaciones y amortizaciones.....	249
8.4	Evaluación Económica	249
CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		250
9.1	Conclusiones.....	250
9.2	Recomendaciones.....	253
BIBLIOGRAFÍA.....		254

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Clasificación de los Escalones de Mantenimiento.....	41
Tabla 2.2 Generalidades del proceso de la gestión del mantenimiento.....	72
Tabla 3.1 Distribución Física del Laboratorio de Procesos de Manufactura	79
Tabla 3.2 Situación actual del Estado de Conservación y Seguridad del Laboratorio de Procesos de Manufactura.	81
Tabla 3.3 Máquinas y equipos existentes en el Laboratorio de Procesos de Manufactura.	86
Tabla 3.4 Ponderación de condiciones externas dadas por inspección.....	89
Tabla 3.5 Verificación de documentación existente.....	104
Tabla 3.6 Criterios para la categorización de máquinas	110
Tabla 3.7 Categorización de la maquinaria y equipo según tipo de mantenimiento a ejecutarse	112
Tabla 4.1 Resumen de la Evaluación de la condición de Estado de Maquinaria	132
Tabla 4.2 Procedimientos De Reparación Realizados.....	135
Tabla 4.3 Equipamiento y Materiales utilizados en la Reparación de las Máquinas.	138
Tabla 5.1 Historiales de Verificaciones Metrológicas.....	142
Tabla 5.2 Pruebas para la verificación metrológica de Tornos Paralelos	144
Tabla 5.3 Pruebas para la verificación metrológica de Fresadoras	146
Tabla 5.4 Pruebas para la verificación metrológica de Rectificadoras de superficies planas	149
Tabla 5.5 Pruebas para la verificación metrológica de Rectificadoras de superficies cilíndricas	151
Tabla 5.6 Equipos: Soportes Magnéticos.....	152
Tabla 5.7 Equipo: Eje Patrón.	152
Tabla 5.8 Instrumento: Nivel Digital Mitutoyo Pro 360	153
Tabla 5.9 Instrumento: Comparador de Reloj “John Bull”	153
Tabla 5.10 Comparador de Reloj “Diatest”.....	153
Tabla 5.11 Procedimientos Previos a la Verificación Metrológica para Tornos, Fresadoras y Rectificadoras.	155

manufactura sin arranque de viruta.....	171
Tabla 6.3 Codificación de equipos para procesos de manufactura por soldadura.	171
Tabla 6.4 Ficha de Máquina Fresadora Horizontal Harrison 600.....	179
Tabla 6.5 Ficha de Máquina Prensa de 40 Toneladas.....	180
Tabla 6.6 Ficha de Máquina Soldadora Multiprocesos POWCON.....	181
Tabla 6.7 Instructivo de Operación Fresadora Horizontal Harrison 600	182
Tabla 6.8 Instructivo de Operación Prensa de 40 Toneladas	184
Tabla 6.9 Instructivo de Operación Soldadora Multiprocesos Powcon	186
Tabla 6.10 Plan de Mantenimiento Fresadora Horizontal Harrison 600.....	188
Tabla 6.11 Plan de Mantenimiento Prensa de 40 toneladas.....	192
Tabla 6.12 Plan de Mantenimiento Soldadora Multiprocesos POWCON.....	195
Tabla 7.1 Frecuencia de ejecución de mantenimiento por máquina.	203
Tabla 7.2 Materiales necesarios en el mantenimiento preventivo anual.	205
Tabla 7.3 Análisis de Disponibilidad de tiempo del Sr. Laboratorista.....	210
Tabla 8.1 Costos de Insumos.	232
Tabla 8.2 Remuneración Mensual Unificada (R.M.U) del Señor Laboratorista	236
Tabla 8.3 Remuneración Mensual Unificada (R.M.U) del Señor Jefe de Laboratorio	236
Tabla 8.4 Coeficiente de relación Estado del bien vs Tabla de estados	242
Tabla 8.5 Resultados de Valores Actuales de las Máquinas en el Laboratorio para Tasación al 2012.....	243
Tabla 8.6 Determinación de Costos Indirectos Personales.....	245
Tabla 8.7 Determinación de Costos Indirectos Misceláneos.....	245
Tabla 8.8 Determinación de Costos Directos referentes a Remuneraciones a Estudiantes.	245
Tabla 8.9 Determinación de Costos Directos referentes a Insumos y Materiales	246
Tabla 8.10 Determinación de Costos Totales referentes a la Inversión.....	246
Tabla 8.11 Financiamiento referente a la Implementación.....	246
Tabla 8.12 Capital de Trabajo.....	247

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema del Diagrama SIPOC	26
Figura 2.1 Pirámide RAMS	32
Figura 2.2 Sistemas de Mantenimiento.....	32
Figura 2.3 Gestión de Activos	38
Figura 2.4 Matriz de un diagrama de recorrido (travel chart).	50
Figura 2.5 Simbología del método SLP.....	52
Figura 2.6 Matriz diagonal (diagrama de correlación) que se utiliza en el método SLP.	53
Figura 2.7 Diagrama de hilos que se utiliza en el método SLP.....	53
Figura 2.8 Vista frontal cizalla	55
Figura 2.9 Esquema principio de funcionamiento	55
Figura 2.10 Guillotina manual NIAGRA modelo CMF-16.....	56
Figura 2.11 Partes principales del torno.....	57
Figura 2.12 Partes principales de la fresadora.....	58
Figura 2.13 Taladros de banco	59
Figura 2.14 Vista lateral Sierra Mecánica Con Movimiento Alternativo y Rotativo	61
Figura 2.15 Partes principales de la rectificadora de superficies cilíndricas	62
Figura 2.16 Partes principales de la rectificadora y muela:.....	62
Figura 2.17 Vista frontal Prensa mecánica	64
Figura 2.18 Prensa hidráulica	64
Figura 2.19 Prensa neumática	65
Figura 2.20 Martillo Pilón Neumático.	66
Figura 2.21 Prensa mecánica marca FAGOR.....	67
Figura 2.22 Prensa hidráulica de 1500 toneladas.....	67
Figura 2.23 Esquemas de marcos de prensa para formado de lámina.....	68
Figura 2.24 Proceso de laminado en caliente	69
Figura 2.25 Partes principales de una prensa de extrusión	69
Figura 2.26 Estirado en frío de un canal extruido en un banco de estirado	70
Figura 2.27 Dos vistas de una máquina de estirado en etapas	71
Figura 2.28 Los recursos de una empresa.....	73

Figura 3.1 Esquema de distribución de áreas para el Laboratorio de Procesos de Manufactura	80
Figura 3.2 Número de Máquinas vs Periodos de Años.....	88
Figura 3.3 Jerarquización de máquinas con base en la Ponderación de condiciones externas dadas por inspección.....	92
Figura 3.4 Diagrama de Caracterización del Sistema Académico CIME	94
Figura 3.5 Diagrama de Caracterización del Sistema de Investigación CIME ..	96
Figura 3.6 Diagrama de Caracterización del Sistema de Servicios Externos CIME	99
Figura 3.7 Nivel de Documentación referente a “Ficha de Máquina”	106
Figura 3.8 Nivel de Documentación referente a “Libro de Accesorios”	106
Figura 3.9 Nivel de Documentación referente a “Libro de Repuestos”	107
Figura 3.10 Nivel de Documentación referente a “Libro de Mantenimiento” ...	107
Figura 3.11 Nivel de Documentación referente a “Libro de Funcionamiento” .	108
Figura 3.12 Nivel de Documentación referente a “Libro de Daños”	108
Figura 3.13 Nivel de Documentación referente a “Libro de Verificaciones metrológicas”	109
Figura 3.14 Categorización del Mantenimiento.....	122
Figura 3.15 Existencia de Documentación de Mantenimiento a Marzo 2011..	126
Figura 3.16 Resultado de la evaluación de la condición de estado de las máquinas.....	130
Figura 5.1 Resultado de las verificaciones metrológicas en tornos	168
Figura 5.2 Resultado de las verificaciones metrológicas en fresadoras	168
Figura 5.3 Resultado de las verificaciones metrológicas en rectificadoras	168
Figura 5.4 Resultado global de las verificaciones metrológicas.....	168
Figura 7.1 Estructura de Planificación en Microsoft Project.....	213
Figura 7.2 Jerarquización de tareas por máquina en Microsoft Project	214
Figura 7.3 Información de tarea repetitiva.....	215
Figura 7.4 Cambio de Calendario Laboral.	217
Figura 7.5 Diagrama de Flujo: Procesamiento de Ordenes de Trabajo	219
Figura 7.6 Información para retroalimentación contenida en el Reporte de Actividades Semanales	220
Figura 7.7 Gráficos estadísticos del Reporte de Actividades Semanales	221
Figura 7.8 Distribución actual de Máquinas y Equipos en el Laboratorio.....	223

Figura 7.9 Distribución futura de Máquinas y Equipos en el Laboratorio	225
Figura 7.10 Selección de Usuario del programa	227
Figura 7.11 Validación de Usuario del Software	227
Figura 7.12 Funciones desactivadas para el usuario “LABORATORISTA”	228
Figura 7.13 Funciones activadas para el usuario “JEFE DE LABORATORIO”	228
Figura 7.14 Funciones correspondientes al Manejo de Documentos	230
Figura 7.15 Funciones correspondientes a la Gestión del Mantenimiento.....	231

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** FICHAS DE MÁQUINA
- ANEXO B:** INSTRUCTIVOS DE OPERACIÓN ACTUALIZADOS
- ANEXO C:** PLANES DE MANTENIMIENTO BASADOS EN EL ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL
- ANEXO D:** FORMATOS DE REGISTRO
- ANEXO E:** CUADRO DE EQUIVALENCIA DE LUBRICANTES
- ANEXO F:** FORMATOS PARA PROCESO DE MANTENIMIENTO
- ANEXO G:** PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO
- ANEXO H:** INFORMES DE VERIFICACIONES METROLÓGICAS DE LA PRESENTE TESIS
- ANEXO I:** PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS
- ANEXO J:** MANUAL DE USUARIO DEL SOFTWARE PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA
- ANEXO K:** CÓDIGO FUENTE DEL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO
- ANEXO L:** RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS Y SUBSISTEMAS DE LAS MÁQUINAS DEL LABORATORIO.
- ANEXO M:** ACTAS DE ENTREGA RECEPCIÓN DEL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ACTIVOS: Infraestructura física como máquinas, equipos e instalaciones, etc.

ACCIÓN DE MANTENIMIENTO: Es el conjunto de las actividades que deben realizarse por el usuario y/o mantenedor para mantener la funcionalidad del elemento.

CICLO DE VIDA: Intervalo de tiempo que comienza con la identificación de la necesidad del activo y concluye con el retiro del mismo.

DISPONIBILIDAD: Una característica de la confiabilidad y mantenibilidad para llevar a cabo las acciones de mantenimiento.

ESTADO TÉCNICO: Es un parámetro por el cual se cuantifica el estado de funcionalidad del bien al momento de la inspección.

LAY-OUT: Esquema de distribución de las máquinas y equipos dentro de un espacio asignado de planta.

MANTENIBILIDAD: Característica inherente al diseño e instalación, relativa a su capacidad de poder ser recuperado, cuando se lleva a cabo la tarea de mantenimiento especificada, según se requiera, en el tiempo más corto y con la máxima seguridad

OPTIMIZAR: Lograr con el método apropiado los mejores resultados de costos, minimización de riesgos, maximización de la calidad.

PERIODO DE VIDA ÚTIL: Es el tiempo en años que el bien puede ser explotado normalmente, con mantenimiento adecuado, en buenas condiciones operativas y tecnológicas. Se deben considerar especialmente los casos en que la obsolescencia tecnológica es determinante de ese periodo.

PROCESO DE MANTENIMIENTO: Conjunto de tareas de mantenimiento llevadas a cabo por el usuario, a fin de mantener la funcionalidad de un sistema durante su periodo de explotación.

VALOR DE REPLAZO EQUIVALENTE: Es el valor de compra del bien equivalente a la fecha del relevamiento. Se considerará equivalente, al bien que entregue similares prestaciones.

VALOR RESIDUAL: Es el monto neto que de ellos se obtendría vendiéndolos en el mercado vigente a la fecha de valuación cuando ha finalizado su vida útil, operativa o tecnológica. Se lo denomina también valor de rezago.

GMAW: Gas Metal Arc Welding, Soldadura de arco con gas de protección.

SMAW: Shielded Metal Arc Welding, Soldadura de arco con electrodo revestido.

FCAW: Flux Cored Arc Welding, soldadura de arco con gas de protección en el núcleo.

RESUMEN

Con el propósito de alcanzar un sistema de mejoramiento continuo en lo que respecta a tareas de mantenimiento en el Laboratorio de Procesos de Manufactura del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, de la Escuela Politécnica del Ejército, se ha diseñado un programa computacional basado en un plan integral de mantenimiento que se ajusta a las necesidades particulares del laboratorio, cuyo objetivo es preservar y asegurar la máxima disponibilidad de su maquinaria.

En la elaboración del proyecto se realizó el análisis de la situación actual del laboratorio, una vez identificado el proceso de manufactura al cual prestan sus servicios, se procedió con la inspección de la instalación y operación de las máquinas mediante un análisis técnico, adicionalmente, se evaluó el nivel de utilización con miras a las posibles mejoras en cada área de trabajo.

Para los informes concernientes a la verificación metrológica, se consideraron las máquinas que representan mayor importancia para los usuarios del laboratorio; es decir, todas los equipos de torneado, fresado y rectificado, que son consideradas como fundamentales en las practicas con los estudiantes. Para el aseguramiento de la obtención de resultados precisos, las verificaciones metrológicas se realizaron en estricto apego a normas y parámetros internacionales vigentes, como es el caso de la presente tesis las normas ISO.

La elaboración de los planes de mantenimiento se formuló teniendo en cuenta los manuales del fabricante y la experiencia del Señor Laboratorista.

La presente Tesis incluye un software de apoyo que le permitirá al Jefe del Laboratorio mantener un respaldo de los diferentes documentos concernientes al mantenimiento de las máquinas, manejo de sus indicadores, y cuadros de avance, estos documentos permitirán evaluar y monitorear la situación real de las máquinas en el laboratorio para los fines particulares del mantenimiento.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

La Carrera de Ingeniería Mecánica de la ESPE (CIME-ESPE), y últimamente el Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, han brindado a sus estudiantes la oportunidad de aplicar en la práctica los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas, con el soporte de los distintos laboratorios que tiene a su disposición.

Los laboratorios no sólo sirven para la realización de prácticas por parte de los estudiantes, también brindan la prestación de servicios al público en general, a personas o empresas, públicas o privadas, que deseen hacer uso de las máquinas, equipos, e instrumentos con el apoyo de personal calificado en la ejecución de operaciones de manufactura.

Debido a que aproximadamente la mitad de las máquinas con los que cuenta el Laboratorio de Procesos de Manufactura bordea los 30 años de antigüedad, surge la necesidad de establecer un plan global de mantenimiento que se ajuste a las necesidades de mantenimiento de dichos equipos, estipulando el control y seguimiento de los procesos de mantenimiento preventivo, con la finalidad de alargar su vida útil y conservarlos operativos; de igual manera recuperar las máquinas que se encuentren en línea muerta debido al deterioro y carga de trabajo que han venido cumpliendo hasta el presente.

Las recientes modificaciones impuestas a la malla curricular de la Carrera de Ingeniería Mecánica ha traído como resultado el aumento de materias que necesitan reforzar su parte teórica mediante el uso del Laboratorio, de igual manera, la creación de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica, ha sido un factor en el incremento del uso del Laboratorio en una manera considerable, trayendo consigo el actual desgaste y el estado de no funcionalidad de algunas

máquinas. Se suma a esto la falta de cumplimiento de planes de mantenimiento anteriores, la carga operacional a la que los equipos han sido sometidos y un inapropiado registro de las horas de funcionamiento de las máquinas; todo esto ha provocado un plan de mantenimiento impreciso y fuera de control susceptible de mejora.

En la actualidad, este laboratorio no cuenta con un plan de mantenimiento correctamente definido e implementado para cada máquina, solo existe un plan global de mantenimiento y manuales de mantenimiento que contemplan a unas cuantas máquinas. La mayoría de estos documentos han quedado archivados y el mantenimiento correctivo reactivo se ha venido realizando solo a ciertas máquinas.

Además, la distribución Lay-Out (distribución de planta) es inadecuada para cumplir los propósitos operacionales, de mantenimiento y de seguridad que el Laboratorio demanda, como prácticas que refuercen la teoría dictada en clases, proyectos integradores y prestación de servicios externos, lo que causa dificultades adicionales como: aglomeración de estudiantes, falta de disponibilidad en las máquinas, interrupción de las prácticas de laboratorio, ingreso sin el equipo de seguridad necesario, entre otros.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la correcta definición del problema, éste debe ser planteado teniendo en cuenta que todo problema se genera a partir de un proceso, el cuál presenta entradas y salidas. Esto se puede representar de mejor manera mediante un diagrama SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer) (Fig. 1.1).

Básicamente lo que “entra” al proceso son el proveedor y los insumos, y lo que “sale” del proceso son los resultados y los clientes. De igual manera se listan a continuación las falencias del laboratorio como las entradas del proceso que consiste en solucionar el problema, y las posibles acciones a tomar como las salidas del proceso o variables de solución.

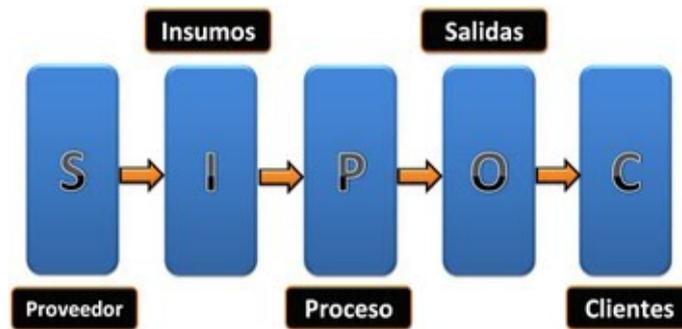


Figura 1.1 Esquema del Diagrama SIPOC¹

El Laboratorio de Procesos de Manufactura no cuenta con un Sistema de Mantenimiento planeado para sus máquinas y equipos.

El mantenimiento preventivo de II y III escalón se ha ejecutado por parte de los señores laboratoristas de acuerdo a la doctrina de mantenimiento para laboratorios de nivel 2 (laboratorios académicos). El mantenimiento correspondiente al IV escalón se ha venido aplicando en base a un modelo de mantenimiento correctivo reactivo.

La documentación actual del laboratorio cuenta con registros para recopilar información del funcionamiento de cada equipo, actividades de mantenimiento y verificaciones metrológicas realizadas, lastimosamente estos registros no son utilizados sistemáticamente. La información contenida en los mismos no está actualizada y en el caso particular del registro de verificaciones metrológicas, carece de los resultados obtenidos, generando incertidumbre con respecto a las tolerancias que se esperan obtener de las piezas maquinadas.

Existe un programa de mantenimiento preventivo en el cual no se consideran las máquinas últimamente adquiridas por el DECEM, razón por la cual su planificación actual no es congruente con la nueva carga operacional y con los tiempos destinados al mantenimiento.

Falta de seguimiento y control a las actividades o acciones de mantenimiento. No se cuenta con presupuestos para mantenimiento preventivo y se desconocen sus costos.

¹<http://engindustrial.blogspot.com/2009/08/modelo-sipoc.html>, Diagrama SIPOC, Español. 01 - 08 - 2009.

Por lo que se ha planteado las siguientes variables de solución:

Elaboración de un Sistema de Mantenimiento orientado hacia según el estado de las máquinas y de los equipos del Laboratorio.

Implementación de nuevos métodos y procedimientos en el registro de la información contenida en las bitácoras, perteneciente a cada máquina, con el objetivo de lograr un registro y actualización continua.

Incluir información acerca de los resultados obtenidos y de los procedimientos aplicados en el registro de verificaciones metrológicas.

Elaborar un nuevo programa de mantenimiento el que incluirá las máquinas últimamente adquiridas por el DECEM, igualmente actualizar la planificación para que esté acorde con la nueva carga operacional a la que serán sometidas las máquinas por la inclusión de nuevas materias académicas y prácticas de laboratorio.

Implementar un sistema de control de actividades y acciones de mantenimiento con el fin de verificar el cumplimiento del programa de mantenimiento.

Realizar un estudio del cual se obtendrán los costos de mantenimiento que aportaran como base en la realización del presupuesto.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Diseñar e implementar un plan integral de mantenimiento y calibración de las máquinas del Laboratorio de Procesos de Manufactura de la Escuela Politécnica del Ejército apoyado por computador.

1.3.2 Específicos

- Diagnosticar la situación actual del mantenimiento en el Laboratorio.

- Planificar, organizar y ejecutar la reparación de las máquinas y equipos que se encuentran actualmente fuera de servicio, siempre y cuando no se requiera mantenimiento especializado externo.
- Diseñar, organizar e implementar el plan de mantenimiento integral apoyado por Ordenador, que garantice la mayor disponibilidad y extensión de la vida útil de maquinaria, equipos e instalaciones del laboratorio.
- Realizar la nueva distribución de planta de los equipos y máquinas, y diseñar una futura ampliación del laboratorio.
- Monitorear los resultados alcanzados y validar los mismos.
- Establecer las políticas de mantenimiento que se deben implementar para la buena marcha del Laboratorio.
- Proporcionar una capacitación a los miembros responsables del Laboratorio.
- Determinar los costos de mantenimiento del laboratorio y las máquinas en base a la cantidad de servicio requerido, edad e intensidad de utilización.
- Realizar la entrega – recepción del proyecto a entera satisfacción del cliente.

1.4 ALCANCE

El alcance del proyecto es:

- Determinar las debilidades del sistema actual de mantenimiento.
- Minimizar el costo de implementación del Plan de Mantenimiento.
- Alcanzar la mayor disponibilidad de maquinaria posible con los recursos actuales.
- Optimizar el espacio físico donde se encuentra la maquinaria.
- Cuantificar las actividades y acciones de mantenimiento.
- Estandarizar los procesos para la ejecución de las actividades y acciones de mantenimiento.

- Explotación segura del sistema de mantenimiento.
- Conformidad del cliente (Laboratorio de Procesos de Manufactura) y proveedor (Desarrolladores del presente proyecto).

1.5 JUSTIFICACIÓN

Para elaborar la justificación del proyecto se ha utilizado la herramienta Diagrama Causa-Efecto (Modelo “6V”).

Viabilidad Técnica:

- Fuente de energía: Después de la implementación del proyecto, las máquinas consumirán menos energía eléctrica, debido a que sus componentes presentarán menor resistencia al movimiento gracias al cumplimiento del plan de mantenimiento.
- Eficiencia: La ejecución del proyecto permitirá el uso más eficiente de los recursos disponibles en el Laboratorio de Procesos de Manufactura.

Viabilidad Política y Legal:

- Daño a terceros: Con la correcta aplicación del Plan de Mantenimiento, se minimizará en lo posible cualquier daño a terceros que se pueda producir durante la utilización de las instalaciones del Laboratorio.
- Aceptación: De acuerdo a la conformidad y la aceptación del presente proyecto, se establecerá como lineamiento general la implementación del plan de mantenimiento para el laboratorio. Dicho plan podrá ser sometido a futuras revisiones y actualizaciones de acuerdo a las necesidades que requiera el laboratorio en un momento dado.

Viabilidad Ecológica:

- Ruidos: De acuerdo a la propuesta del nuevo Lay-Out para el laboratorio, se pretende aislar el área de enseñanza y capacitación de las secciones de ajustaje y soldadura, de manera que la afectación acústica para los estudiantes sea mínima.

- Aire: La propuesta del nuevo Lay-Out también considera la ubicación de la sección de soldadura en un espacio abierto y ventilado, para que los gases producidos durante su utilización no sean perjudiciales para la salud de los operarios.

Viabilidad Económica:

- Inversión: El plan de Mantenimiento busca minimizar los futuros gastos de mantenimiento correctivo de III y IV escalón que se generen por falta de cumplimiento del mantenimiento preventivo planeado. De igual manera se utilizarán los recursos existentes en el laboratorio para la ejecución del proyecto, evitando generar nuevos costos de inversión.

Viabilidad de Continuidad:

- Normalización: La adecuada normalización de los procesos, procedimientos, documentación, etc., asegurará que se siga cumpliendo el Plan de Mantenimiento conforme a su programación, asegurando la sostenibilidad del mismo.
- Obsolescencia: El Plan de Mantenimiento estará diseñado para que sea susceptible a los futuros cambios (de personal, maquinaria, recursos, etc.) que se puedan presentar en el laboratorio. De manera que se vaya adaptando a las necesidades contemporáneas y no quede obsoleto.
- Mantenimiento: Con la correcta ejecución del mantenimiento en la maquinaria, se evitará la necesidad de la adquisición de piezas que posiblemente se encuentren discontinuadas en el mercado actual. Teniendo en cuenta que el promedio de vida de la mayoría de máquinas bordea los 30 años.

Viabilidad de seguridad:

- Partes mecánicas / Tensión eléctrica: En el proyecto se considera la elaboración de instructivos de operación, los cuales detallan la correcta utilización de las máquinas, reduciendo al mínimo los posibles riesgos que implicaría una inadecuada operación de las mismas.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

2.1.1 Definición de Mantenimiento

El mantenimiento se define como la acción eficaz para mejorar aspectos operativos relevantes de un establecimiento público o privado, tales como funcionabilidad, seguridad, productividad, confort, etc. Para el caso del presente proyecto se trata de una entidad pública que genera servicios académicos y prestaciones a la industria metal-mecánica.

De acuerdo a una correcta planificación y ejecución se atribuye a este conjunto de acciones preventivas y correctivas la posibilidad de racionalizar costos de operación, y evitar paros en la producción. El mantenimiento debe ser tanto rutinario, preventivo, correctivo y modificativo.

2.1.2 Importancia del Mantenimiento

La importancia del mantenimiento se fundamenta en tres pilares que son: la confiabilidad (Reliability), mantenibilidad (Maintainability) y seguridad (Safety) que se pueden apreciar en la base de la pirámide RAMS (Fig. 2.1). El mantenimiento busca fortalecer cada uno de estos parámetros en armonía, sin descuidar ninguno de ellos. Como consecuencia del fortalecimiento de esta base se alcanzará la máxima disponibilidad (Availability) de los equipos, maquinaria e instalaciones hasta el nivel para el cuál estén proyectados, reduciendo los costes al mínimo. La disponibilidad se encuentra en la punta de la pirámide RAMS porque se respalda en sus tres bases RMS.

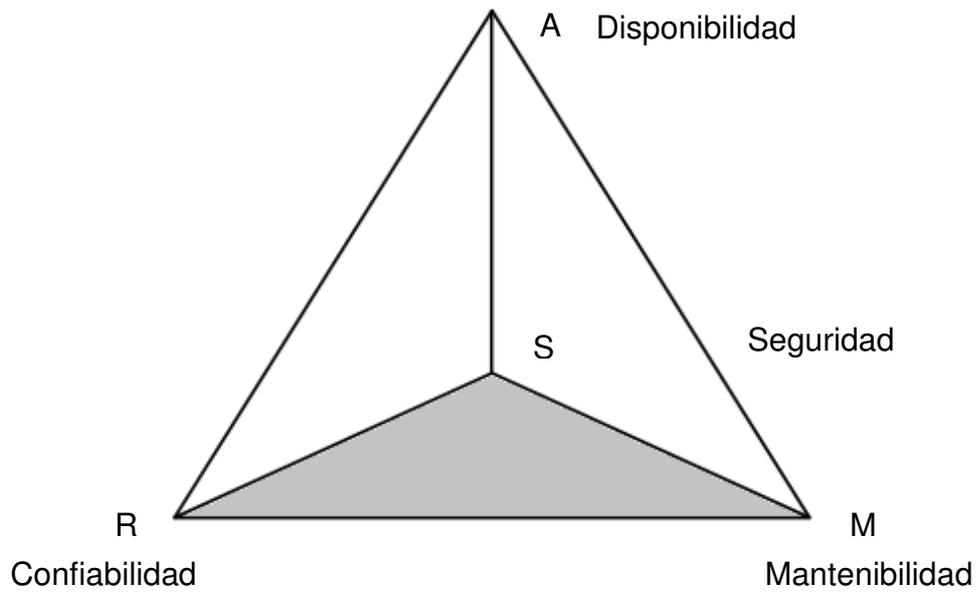


Figura 2.1 Pirámide RAMS

2.1.3 Sistemas de mantenimiento

Los distintos sistemas de mantenimiento que se han considerado para el presente proyecto quedan resumidos en el siguiente cuadro:

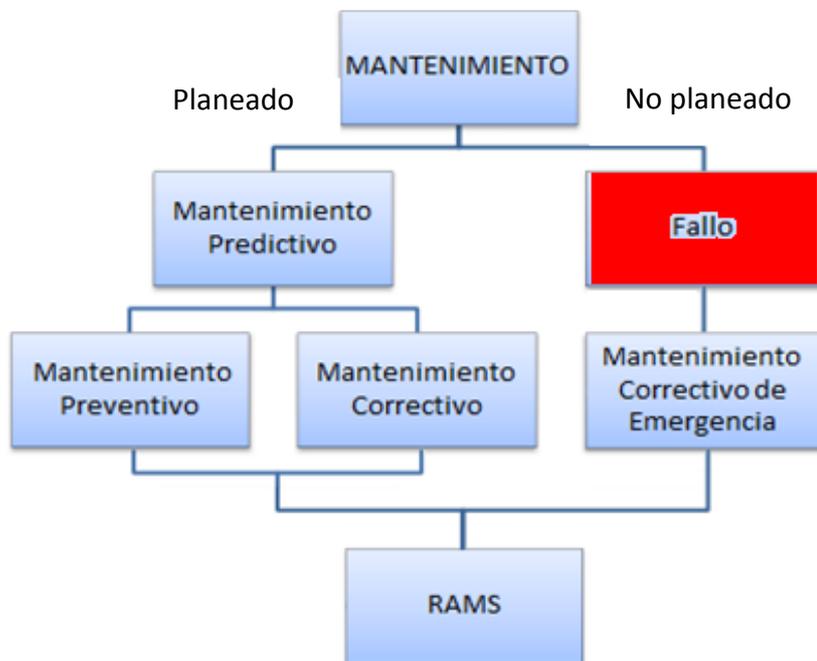


Figura 2.2 Sistemas de Mantenimiento

2.1.3.1 Mantenimiento Preventivo

Este tipo de mantenimiento también denominado mantenimiento programado, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el equipo, máquina o sistema, el objetivo es precisamente evitar que la falla o avería se produzca.

Las características más relevantes del mantenimiento preventivo se detallan a continuación:

- Se ejecuta siguiendo procedimientos y estándares que son previamente elaborados, donde se indican las actividades a realizar, con el objetivo de tener listo el instrumental y repuestos necesarios.
- Se establecen tiempos de ejecución al inicio y final de cada actividad previamente aprobadas por la autoridad competente a cargo del mantenimiento, de esta manera las actividades quedan destinadas a una fecha programada.
- Está destinado a un sector en particular y a ciertos equipos previamente seleccionados. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado.

Ventajas:

- Permite contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información de los mismos.
- Admite contar con un presupuesto aprobado por órganos de control, en base a los trabajos de mantenimiento que se han realizado.
- Planificación de los trabajos a realizar, se establecen de mejor manera los pormenores de la acción a realizarse.
- Se disminuye la posibilidad de que ocurra una falla significativa en el equipo gracias a la planificación.

Desventajas:

- Su ejecución involucra una inversión inicial en infraestructura
- Es ejecutado por personal calificado.

- El incorrecto análisis de la frecuencia del mantenimiento preventivo, provoca un elevado costo de mantenimiento, por lo que la relación costo beneficio no es atractiva para la institución.
- Los trabajos rutinarios generan desidia en el personal.
- Los resultados del mantenimiento preventivo son palpables a largo plazo, o en el mejor de los casos a mediano plazo que puede ser como mínimo dos años.

Tipos de mantenimiento preventivo:

- El Mantenimiento Preventivo Sistemático, efectuado a intervalos regulares de tiempo, según un programa establecido y teniendo en cuenta la criticidad de cada máquina y la existencia o no de reserva.
- El Mantenimiento Preventivo Condicional o según condición, subordinado a un acontecimiento predeterminado.

2.1.3.2 Mantenimiento Correctivo Emergente

El mantenimiento correctivo, también llamado reactivo, tiene lugar luego que ocurre una avería, es decir, solo actuara cuando se presente un fallo en un determinado equipo o sistema.

El mantenimiento correctivo se debe realizar en razón de que exista una falla o avería imprevista, por lo que generalmente se actúa de manera que se pueda solucionar el problema en el menor tiempo posible, sin embargo existen algunas situaciones que no requieren que la falla sea reparada de inmediato, es decir, el componente que necesita ser cambiado permite que la máquina siga funcionando, dando la posibilidad a los operarios encargados del mantenimiento, realizar una planificación y programar el momento más oportuno para realizar la acción correctiva.

Ventajas:

- La necesidad de infraestructura es mínima
- No exige una organización técnica especializada
- Un programa de mantenimiento es innecesario

- Para reparar las averías más leves no se necesita personal altamente calificado.
- Es beneficioso en equipos que no afectan de manera relevante al proceso productivo o en los servicios que brinda la organización donde la implementación de otro sistema resultaría en una relación costo beneficio no favorable.

Desventajas:

- Paradas no previstas.
- Riesgos de accidentes con daño extremadamente altos.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados.
- Mayor tiempo de estadía de la máquina, sistema o equipo en línea muerta respecto al tiempo estándar de reparación.
- La ejecución de las actividades de mantenimiento son en su mayoría de casos urgentes, debido a que el tiempo que debe demorar las reparaciones debe ser lo mínimo posible.

2.1.3.3 Mantenimiento Modificativo

El mantenimiento modificativo comprende las acciones que se llevan a cabo, tanto para modificar las características de las instalaciones, máquinas o equipos, como para lograr de ésta forma una mayor fiabilidad o mantenibilidad de los mismos.

Este mantenimiento puede ser necesario en tres etapas de la vida de estos componentes:

- La primera etapa es cuando se pone en funcionamiento por primera vez. Las instalaciones, sistemas, equipos y máquinas estándar, en ocasiones, necesitan ser adaptados a las necesidades propias de la empresa ya sea por razones del producto o bien por ajustar el costo o posibilidades de mantenimiento. Una instalación que tenga durante su diseño un análisis desde el punto de vista de mantenimiento, evitará

problemas posteriores que, en ocasiones, pueden ser difíciles de solucionar. Estaríamos ante un mantenimiento de proyecto.

- La segunda etapa en la que puede ser necesario, es durante su explotación. Se trata de modificar las instalaciones, máquinas o equipos para eliminar las causas más frecuentes que producen fallas. El análisis de las causas de las averías es el origen de éste tipo de mantenimiento y supone la eliminación total de ciertas fallas, es prevención del mantenimiento.
- La tercera etapa de éste mantenimiento se utiliza cuando una máquina entra en la etapa de envejecimiento acelerado. En ésta etapa se lo trata de reconstruir para asegurar su utilización durante un intervalo de tiempo posterior a su vida útil. Es en éste momento cuando se introducen todas las mejoras tecnológicas posibles tanto para producción como para mantenimiento.

Este mantenimiento también tiene como objetivo el de realizar una reforma parcial en una máquina, equipo o sistema con el fin de obtener un mejor rendimiento de la misma de acuerdo a los requerimientos del tipo de trabajo que se desea realizar, o bien para obtener un beneficio en la rapidez de su reparación.

Cabe destacar que este tipo de mantenimiento va de la mano con la fiabilidad de las máquinas, ya que cuando se realiza la mejora, se está buscando una máquina más confiable y adaptable a la operación que realiza. Este tipo de mantenimiento debe ser regulado y adaptado a cada realidad industrial para poder identificar el área de prioridad.

Uno de los motivos por el cual no es muy común de encontrar éste tipo de mantenimiento es por los costos y el tiempo que demanda realizar los trabajos

de modificación, ya que al realizarlo estaríamos rediseñando de alguna forma la máquina a utilizar, sabiendo la complejidad que esto implica.²

2.1.3.4 Mantenimiento Predictivo

En esta categoría de mantenimiento resalta la importancia en el seguimiento de la condición del estado de la máquina, de manera continua o discreta, mediante la recepción de señales que sufren de una modificación en su magnitud dependiendo de la sensibilidad del parámetro de control de estado.

El correcto análisis e interpretación de las señales permitirán el correcto diagnóstico y detección de las mismas, este tipo de información permitirá determinar la potencialidad de la falla, avizorando un panorama más claro en la planificación de las paradas y reparaciones correspondientes.

Ventajas:

- Detección prematura e identificación de defectos, sin necesidad de detener y desmontar.
- Evita fallas recurrentes, identificando y corrigiendo el origen de las mismas.
- Reduce costos e incrementa la producción por ahorro de tiempos muertos y paradas no previstas.
- Identifica la falla y sus elementos, reduciendo los tiempos de reparación al saber con certeza el problema evitando análisis posteriores.
- Permite programar el suministro de repuestos y mano de obra.

Desventajas:

- Generación de gran cantidad de información.
- Limitación de aplicación para ciertos tipos de falla
- Costosa inversión en equipos de adquisición e interpretación de datos.

²<http://issuu.com/rcm2/docs/parte3>, Mantenimiento, su implementación y su gestión. Español, 07-07-2009

2.1.4 Niveles de Mantenimiento³

Los niveles de mantenimiento guardan estricta relación con las políticas de Explotación y Mantenimiento correspondientes a la Gestión de Activos, para lo cual se limita la explotación al I escalón cuando es ejecutada por el operador, mientras que el Mantenimiento abarca II, III, IV y V escalón cuando es ejecutado por un mecánico, lo cual se indica en la siguiente figura.



Figura 2.3 Gestión de Activos

I Escalón de mantenimiento

Se incluyen todo el conjunto de acciones simples necesarias a la explotación del medio y realizadas sobre los elementos de fácil acceso para el operador. De manera tal, que no se produzca riesgo alguno por parte del operador al realizar esta actividad, pudiendo o no ser con la ayuda herramientas o medios auxiliares que se encuentran incorporados a su disposición.

Alcance:

Se incluyen las regulaciones e inspecciones necesarias.

Las operaciones elementales de mantenimiento preventivo (puesta a nivel de líquido, aceite, combustibles, etc.),

El remplazo de los artículos consumibles o de accesorios (cordones, pilas, etc.).

³ Adaptado del libro: Manual de Maquinaria de Construcción, M. Díaz del Río, Capítulo 3, a las Máquinas – Herramienta.

Dependencia:

Este tipo de intervenciones, deberá ser efectuada por el operador del medio debidamente formado y con la ayuda de instructivos de realización en caso de ser necesario, ya que no siempre el operador del medio tiene la instrucción profesional necesaria (estudios secundarios y / o superiores) como para poder ejecutar dicha actividad sin la ayuda de instructivos.

Es necesario destacar que si bien este conjunto de actividades, se hallan conformadas por tareas profilácticas tales como limpieza, regulación, inspección, son tan importantes como otro tipo de actividad ya que el no cumplimiento de las mismas puede llegar a afectar la ejecución de las demás actividades.

II Escalón de Mantenimiento.

Se incluye todo el conjunto de acciones que necesitan de procedimientos simples y/o de equipamiento de sostén.

Alcance:

Se incluyen los controles de desempeño y regulaciones.

Reparaciones por intercambio estándar de subconjuntos (reemplazo fácil)

Dependencia:

Este tipo de acciones de mantenimiento pueden ser efectuadas por personal habilitado con los procedimientos detallados y el equipamiento necesario definido en las instrucciones de mantenimiento.

No se debe confundir con las tareas del 1er nivel de mantenimiento, ya que en este caso las tareas representan una complejidad superior y los procedimientos de ejecución no son tan simples como en el caso anterior.

En este caso las tareas ya NO SON efectuadas por el operador del medio, sino que son efectuadas por personal “de mantenimiento”, es decir, personal de fabricación que conoce muy bien la operación del medio y que ha sido debidamente formado a los fines de poder efectuar estas tareas.

III Escalón de Mantenimiento

Se incluye todo el conjunto de acciones que necesitan de procedimientos complejos y/o de equipamiento de sostén de utilización.

Alcance:

En este nivel de mantenimiento se anexan las regulaciones generales.

Operaciones de mantenimiento sistemático delicadas.

Reparaciones por intercambio de subconjuntos y/o componentes.

Dependencia:

Este tipo de operación de mantenimiento puede ser efectuada por un técnico calificado con la ayuda de procedimientos detallados y de equipos de sostén previstos en las instrucciones de mantenimiento.

IV Escalón de mantenimiento

Se incluye todo el conjunto de acciones donde se necesitan una especialización en una tecnología en particular por parte del personal que va a efectuar la tarea.

Alcance:

Se incluye en este nivel las reparaciones para remplazo de subconjuntos, y componentes.

Las reparaciones especializadas.

La verificación de aparatos de medición, etc., dejando totalmente excluidas las operaciones de renovación y/o reconstrucción del medio.

Dependencia:

Este tipo de operación de mantenimiento puede ser efectuada por un técnico o un equipo especialista con la ayuda de todas las instrucciones de mantenimiento general y/o particular en caso de ser necesario.

Como se observa, ya no estamos discutiendo que el responsable de efectuar la tarea es un operador de fabricación, ni un operador de fabricación formado sino que estamos ya hablando de que el responsable de efectuar la tarea sea un técnico con una especialización en una tecnología.

V Escalón de mantenimiento

Incluye todo el conjunto de acciones donde los procedimientos a emplear implican un “saber hacer”, acudiendo a tecnologías particulares, procesos y/o equipamiento de resguardo industrial, a nivel de fabrica, depósito o de los proveedores de conjuntos a los fabricantes.

Alcance:

Se incluyen las actividades de renovación, reconstrucción, etc.,

Dependencia:

Son efectuadas por el constructor o por una empresa especialista con los equipos de sostén definidos allegados a la fabricación.

En este caso, las tareas son efectuadas por empresas especialistas, con la capacidad suficiente como para fabricar / renovar / reconstruir el medio según se requiera.

Estas tareas son de carácter puntual y no forman parte del día a día de nuestra actividad de mantenimiento, razón por la cual son asignadas para su realización por empresas especializadas en el mantenimiento.

Los escalones de mantenimiento se han resumido en la siguiente tabla:

Tabla 2.1 Clasificación de los Escalones de Mantenimiento

ESCALÓN	ALCANCE	DEPENDENCIA	DONDE SE EJECUTA	CATEGORÍA INSTALACIÓN
Primero	Operaciones elementales de mantenimiento preventivo: Limpieza diaria Puesta en servicio Engrase Conservación de herramientas Revisiones diarias Reparaciones de emergencia	Operador	Sitio operacional de la máquina	Orgánico u Organizacional (planta)
Segundo	Revisión y mantenimiento	Personal	Sito	

ESCALÓN	ALCANCE	DEPENDENCIA	DONDE SE EJECUTA	CATEGORÍA INSTALACIÓN
	periódicos. Localización de averías. Reparaciones de tipo ligero. Suministro de carburantes.	Capacitado con procedimientos detallados	operacional	
Tercero	Operaciones de mantenimiento sistemático delicadas. Reparaciones por intercambio de subconjuntos y/o componentes.	Técnico calificado con ayuda de procedimientos detallados.	Donde se precise	Intermedio o de Apoyo
Cuarto	Reparaciones para remplazo de subconjuntos. Reparaciones especializadas Verificación de aparatos de medición	Equipo especialista con la ayuda de todas las instrucciones de mantenimiento	Capitales principales	
Quinto	Actividades de renovación Y reconstrucción	Constructor o empresa especialista con los equipos de sostén.	Taller de depósito. Planta del fabricante. Proveedor del fabricante	De depósito y/o de fábrica

Fuente: Manual de Maquinaria de Construcción, M. Díaz del Río.

Elaborado: Diego Medrano, Byron Vega

2.1.5 Organización del Mantenimiento.

Dependiendo de la carga de mantenimiento, el tamaño de la planta, la destreza de los trabajadores, etc. El mantenimiento se puede organizar por departamentos, por área o en forma centralizada. Cada tipo de organización tiene sus pros y sus contras. En las organizaciones grandes, la descentralización de la función de mantenimiento puede producir un tiempo de respuesta más rápido y lograr que los trabajadores se familiaricen más con los problemas de una sección particular de la planta. Sin embargo, la creación de un número de pequeñas unidades tiende a inducir la flexibilidad del sistema de mantenimiento como un todo. La gama de habilidades disponibles se reduce y la utilización de la mano de obra es generalmente menor que en una unidad de mantenimiento centralizada. En algunos casos, puede implantarse una solución de compromiso denominada sistema en cascada. Este sistema permite que las unidades de mantenimiento del área de producción se enlacen con la unidad de mantenimiento central.

Los recursos físicos, son de gran importancia para asegurar el cumplimiento del ciclo de mantenimiento, constituyen en uno de los pilares centrales de una adecuada y correcta ejecución en el mantenimiento de una empresa, entre los recursos físicos más importantes se encuentra un amplio stock de repuestos, que previamente fueron escogidos dependiendo de la necesidad de cambio en las maquinarias de la planta. El aseguramiento de las instalaciones destinadas al mantenimiento es muy aconsejable que las industrias los posean, es decir, que se sectorice un departamento de mantenimiento específico que preste todas las facilidades y se encuentre dirigido por un talento humano de alto nivel.

El talento humano es el factor más importante en la ejecución del mantenimiento, una correcta selección de los implicados en las tareas de mantenimiento será crucial al momento de la definición de los puestos de trabajo, el jefe o encargado del mantenimiento debe poseer destrezas para elaborar el organigrama de mantenimiento y selección del personal, así como también ser un motivador y convertirse en una influencia positiva en el rendimiento del personal. La continúa capacitación y formación del personal es indispensable para asegurar las tareas encomendadas al taller de

mantenimiento. Una adecuada estructuración del departamento de recursos humanos asegurara alcanzar la realización de metas y proyecciones deseadas.

Las Áreas del conocimiento principalmente asociadas son el mantenimiento mecánico y eléctrico, así como también la seguridad industrial de las instalaciones. El mantenimiento mecánico consiste en emitir criterios de mejoras hacia las máquinas, evitando así que las fallas se produzcan de un momento a otro y de esta manera se conviertan en un “Cuello de Botella” para el proceso de producción continua, así como también alargar la vida útil de la maquinaria, asegurando su máxima disponibilidad. El ciclo de que sigue el mantenimiento mecánico se fundamenta en el proceso tecnológico destinado a la maquinaria; es decir, se procese al desmontado, limpieza profunda, despiece, limpieza específica, defectación metrológica, restauración, remplazo(de ser necesario), armado, montaje, verificación metrológica, pruebas generales y la entrega recepción de la máquina intervenida. De ser el caso de un mantenimiento eléctrico, se seguirá el mismo procedimiento teniendo como base principal el diagrama eléctrico para no incurrir en afectaciones y daños colaterales a componentes no asociados a la falla original.

2.1.6 Programación del Mantenimiento

La programación del mantenimiento es el proceso de asignación de recursos y personal para los trabajos que tienen que realizarse en ciertos momentos. Es necesario asegurar que los trabajadores, las piezas y los materiales requeridos estén disponibles antes de realizar una tarea de mantenimiento. El equipo crítico de una planta se refiere al equipo cuya falla detendrá el proceso de producción o pondrá en riesgo vidas humanas, la seguridad y las afectaciones al medio ambiente. El trabajo de mantenimiento para estos equipos se maneja bajo prioridades y es atendido antes de emprender cualquier otro trabajo. La ocurrencia de tales trabajos no puede predecirse con certeza, de modo que los programas para el mantenimiento planeado en estos casos tienen que ser revisados. En la eficacia de un sistema de mantenimiento influye mucho el programa de mantenimiento que se haya desarrollado y su capacidad para

adaptarse a los cambios. Un alto nivel de eficiencia en el programa de mantenimiento es señal de un alto nivel de eficacia en el propio mantenimiento.

2.1.7 Métodos de diagnóstico de Mantenimiento

Con el objetivo fundamental de conocer la dimensión, cantidad y calidad de los servicios con los que cuenta el laboratorio para el mantenimiento, se han analizado los siguientes métodos de diagnóstico:

- Método de los Cuatro índices básicos de Mantenimiento
- Método de la pantalla radar.
- Método de Análisis y síntesis de variables de mantenimiento.

Estos métodos de diagnóstico básicamente constan de tres partes:

Recolección de datos.

Análisis de los datos.

Presentación de un informe de los resultados del análisis realizado.

Los dos primeros métodos se basan en datos y estadísticas, los cuales no se disponen hasta la elaboración del presente proyecto, razón por la cual el método de “**Análisis y síntesis de variables de mantenimiento**”, se estableció como una referencia válida al mantenimiento debido a la universalidad del método y la flexibilidad en su aplicación.

El procedimiento de los métodos utilizados se encuentra en la bibliografía⁴.

2.2 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES

2.2.1 Criterios

Los cuatro criterios generales para el diseño de sistemas de trabajo son, en orden de importancia: seguridad, desempeño, comodidad y necesidades

⁴Lezana, E., Curso de Diagnóstico y Valoración del Mantenimiento de una Empresa. Primera Edición. España. T.M.I.S.I. 2000. pp.155

mayores. Al enfatizar el desempeño, la administración desea satisfacer múltiples criterios. Para evaluar una distribución de planta se calcula “un indicador de nivel” para otras áreas potenciales de mejoramiento

En el diseño siempre se tiene en cuenta la seguridad, la meta es diseñar y operar una instalación que maximice los beneficios a largo plazo. Se hace énfasis en el concepto de largo plazo porque las estrategias a corto plazo, como son omitir el mantenimiento, omitir la capacitación de operadores y no reemplazar el equipo durante unos cuatro años, pueden hacer pensar a un supervisor que la hoja de balance es satisfactoria, aunque en el largo plazo, esas estrategias no operen en beneficio de la organización.

(Los investigadores de operaciones llaman sub-optimización a estas estrategias, cuando se trata de resolver parte de los problemas, en vez de enfocarlos desde un punto de vista sistemático).

Sin embargo, la maximización de beneficios es una meta demasiado global. Un enfoque más útil es dividir el problema en partes pequeñas para hacerlo más digerible.

2.2.2 Información básica

2.2.2.1 Objetivos y principios básicos de la distribución de la planta

Una buena distribución de la planta es la que proporciona condiciones de trabajo aceptables y permite la operación más económica a la vez que mantiene las condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores.

Los objetivos y principios básicos de una distribución de planta son los siguientes:

- **Integración total.** Consiste en integrar en lo posible todos los factores que afectan a la distribución, para obtener una visión de todo el conjunto y la importancia relativa de cada factor.

- **Mínima distancia de recorrido.** Al tener una visión general de todo el conjunto se debe tratar de reducir en lo posible el manejo de materiales trazando el mejor flujo.
- **Utilización del espacio cúbico.** Aunque el espacio es de tres dimensiones pocas veces se piensa en el espacio vertical. Esta acción es muy útil cuando se tiene espacios reducidos y su utilización debe ser máxima.
- **Seguridad y bienestar para el trabajador (ergonomía).** Este debe ser uno de los objetivos principales en toda distribución.
- **Flexibilidad.** Se debe obtener una distribución fácilmente reajutable a los cambios que exija el medio, para poder cambiar el tipo de proceso de la manera más económica, si fuera necesario.

2.2.2.2 Tipos de proceso y sus características

Cualquiera sea la manera en que este hecha una distribución de planta, afecta el manejo de los materiales, la utilización de equipo, los niveles de inventario, la productividad de los trabajadores, e inclusive la comunicación de grupo y la moral de los empleados. La distribución está determinada en gran medida por:

- El tipo de producto (ya sea un bien o un servicio, el diseño del producto y los estándares de calidad).
- El tipo de proceso productivo (tecnología empleada y materiales que se requieren).
- El volumen de producción (tipo continuo y alto volumen producido o intermitente y bajo volumen de producción).

Existen tres tipos básicos de distribución:

- **Distribución por proceso.** Agrupa a las personas y al equipo que realizan funciones similares y hacen trabajos rutinarios en bajos volúmenes de producción. El trabajo es intermitente y guiado por órdenes de trabajo individuales.

Las siguientes son las principales características de la distribución por proceso:

- 1) son sistemas flexibles para trabajo rutinario, por lo que son menos vulnerables a los paros. }
 - 2) El equipo es poco costoso, pero se requiere mano de obra especializada para manejarlo, lo cual proporciona mayor satisfacción al trabajador.
 - 3) Por lo anterior, el costo de supervisión por empleado es alto, el equipo no se utiliza a su máxima capacidad y el control de la producción es más complejo.
- **Distribución por producto.** Agrupa a los trabajadores y al equipo de acuerdo con la secuencia de operaciones realizadas sobre el producto o usuario. Las líneas de ensamble son características de esta distribución con el uso de transportadores y equipo muy automatizado para producir grandes volúmenes de relativamente pocos productos. El trabajo es continuo y se guía por instrucciones estandarizadas. Sus principales características se mencionan a continuación:
 - Existe una alta utilización del personal y del equipo, el cual es muy especializado y costoso.
 - El costo del manejo de material es bajo y la mano de obra no especializada.
 - Como los empleados efectúan tareas rutinarias y repetitivas, el trabajo se vuelve aburrido.
 - El control de la producción es simplificado, con operaciones interdependientes, y por esa razón la mayoría de este tipo de distribuciones son flexibles
 - **Distribución por componente fijo.** Aquí la mano de obra, los materiales y el equipo acuden al sitio de trabajo, como en la construcción de un edificio o un barco. Tienen la ventaja de que el control y la planeación del proyecto pueden realizarse cuando técnicas como el CPM (ruta crítica), y PERT.

Actualmente hay muchos avances en la implementación de distribuciones flexibles. Esto es, distribuciones de fácil y económica adaptación a un cambio

de proceso de producción, que incorpore las ventajas de distribución por proceso y por producto, lo cual haría una empresa mucho más competitiva en su área.

2.2.3 Métodos de Distribución De Máquinas

La distribución de una planta debe integrar numerosas variables interdependientes. Una buena distribución reduce al mínimo posible los costos no productivos, como el manejo de materiales y el almacenamiento, mientras que permite aprovechar al máximo la eficiencia de los trabajadores. El objetivo de cada una de las distribuciones es:

- Distribución por proceso. Reducir al mínimo posible el costo del manejo de materiales, ajustando el tamaño y modificando la localización de los departamentos de acuerdo con el volumen y la cantidad de flujo de los productos.
- Distribución por producto. Aprovechar al máximo la efectividad del trabajador agrupando el trabajo secuencial en módulos de operación que producen una alta utilización de la mano de obra y del equipo, con un mínimo de tiempo ocioso.

Los métodos para realizar la distribución por proceso o funcional son el diagrama de recorrido y el SLP (Systematic Lay-Out Planning).

2.2.3.1 Método del diagrama de recorrido

Es un procedimiento de prueba y error que busca reducir al mínimo posible los flujos no adyacentes colocando en la posición central a los departamentos más activos. Se desarrolla una carta o diagrama de recorrido (travel chart) para mostrar el número de movimientos efectuados entre departamentos y así identificar los departamentos más activos. La solución se logra por medio de una serie de pruebas usando círculos para denotar los departamentos y líneas conectoras para representar las cargas transportadas en un periodo. Se llaman departamentos adyacentes aquellos que en la distribución hayan quedado

juntos, arriba, abajo, a los lados o en forma diagonal. El método se puede desarrollar en cinco pasos:

1. Construya una matriz, donde tanto en los renglones como en las columnas aparezcan todos los departamentos existentes en la empresa (véase Figura 2.3).
2. Determine la frecuencia de transporte de materiales entre todos los departamentos llenando la matriz. Así, por ejemplo, del departamento C al E hay una frecuencia de 10 movimientos.(Figura 2.4)
3. Ubique en la posición central de la distribución al o los departamentos más frecuentados. Esto se logra con sólo sumar de la matriz el número total de movimientos en cada departamento tanto de adentro hacia afuera como de afuera hacia adentro.
4. Mediante aproximaciones sucesivas, localice los demás departamentos, en forma que se reduzcan al mínimo posible los flujos no adyacentes.
5. La solución es óptima si se ha logrado eliminar todos los flujos no adyacentes. Si éstos aún persisten, intente reducir al mínimo posible el número de unidades que fluyen a las áreas no adyacentes. Ponderando distancia y número de unidades transportadas.

		Número de movimientos hacia							Tót.
		A	B	C	D	E	F	G	
De:	A	—							
	B		—						
	C			—		10			
	D				—				
	E					—			
	F						—		
	G							—	
	Tót.								

Figura 2.4 Matriz de un diagrama de recorrido (travel chart).⁵

⁵ BACA, G. Evaluación de proyectos. 4ta. ed. México. McGraw-Hill. 2001. p. 109

2.2.3.2 El método SLP

Para que el método SLP tenga éxito, se requieren una serie de datos sugeridos por Richard Muther. Los primeros datos que se deben conocer son P, Q, R, S y T, que por sus siglas en inglés significan: P (product), con todas sus especificaciones, las cuales se declaran desde el principio de la evaluación del proyecto. Q (quantity), cantidad de producto que se desea elaborar, lo cual se determina tanto en el estudio de mercado como en la determinación del tamaño de planta. R (route), secuencia que sigue la materia prima dentro del proceso de producción. S (supplies), insumos necesarios para llevar a cabo el proceso productivo. T (time), que es la programación de la producción.

Después de esto se necesita tomar en cuenta el flujo de materiales y la relación de actividades que se tienen en las operaciones del proceso de producción. Con estos datos ya es posible aplicar el método SLP. Una vez que se ha desarrollado el método, se verifica el espacio requerido y se le compara con el espacio disponible. Para proyectar el espacio requerido, es necesario calcular las áreas para todas las actividades de la planta. De aquí, de acuerdo con la cantidad de máquinas y al volumen que ocupa cada una, se realiza un primer intento de distribución. Con esto se efectúan los ajustes necesarios para llegar a determinar la distribución definitiva de las instalaciones de una planta. Ésta es la planeación del SLP.

El método SLP utiliza una técnica poco cuantitativa al proponer distribuciones como base en la conveniencia de cercanía entre los departamentos. Emplea la simbología internacional dada en la Figura 2.5

Se ha subrayado la primera letra del orden de proximidad, para mostrar que la simbología es nemotécnica. El método puede desarrollarse en los siguientes pasos:

Letra	Orden de proximidad	Valor en líneas
A	Absolutamente necesaria	=====
E	Especialmente importante	=====
I	Importante	=====
O	Ordinaria o normal / común	=====
U	Unimportant (sin importancia)	=====
X	Indeseable	=====
XX	Muy indeseable (<i>extra ind.</i>)	=====

Figura 2.5 Simbología del método SLP.⁶

1. Construya una matriz diagonal como la mostrada en la figura 2.6 y anote los datos correspondientes al nombre del departamento y al área que ocupa. Observe que la matriz tiene la forma que por medio de ella están relacionados todos los departamentos de la empresa.
2. Llene cada uno de los cuadros de la matriz (diagrama de correlación) con la letra del código de proximidades que se considere más acorde con la necesidad de cercanía entre los departamentos.
3. Construya un diagrama de hilos a partir del código de proximidad, tal como se muestra en la figura 2.7.
4. Como el diagrama de hilos debe coincidir con el de correlación en lo que se refiere a la proximidad de los departamentos, y de hecho ya es un plano, éste se considera la base para proponer la distribución.
5. La distribución propuesta es óptima cuando las proximidades coinciden en ambos diagramas y en el plano de la planta.

⁶ BACA, G. Evaluación de proyectos. 4ta. ed. México. McGraw-Hill. 2001. p. 110

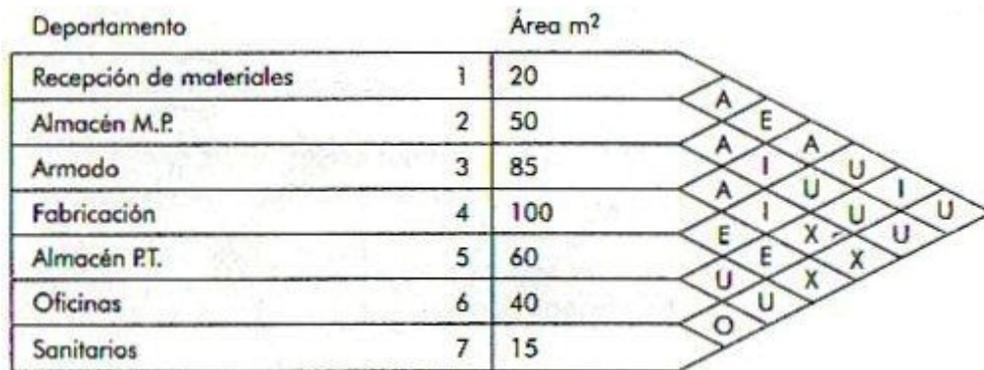


Figura 2.6 Matriz diagonal (diagrama de correlación) que se utiliza en el método SLP.⁷

Observe que ambos métodos se realizan por prueba y error. Hasta la fecha no es posible determinar cuantitativamente cuándo se ha alcanzado la mejor distribución. Aquí interviene en gran medida el ingenio del investigador, pues no es forzoso que todos los departamentos tengan lados iguales ni una superficie regular; esto es, no se precisa construir un rompecabezas por la cercanía de las piezas, pero el diseñador les da forma según su criterio y los principios y objetivos de la distribución de planta.

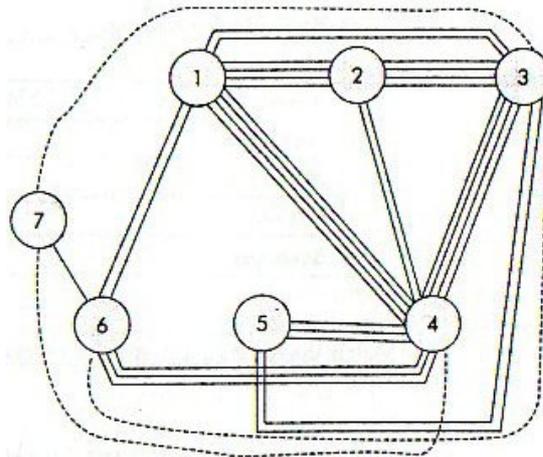


Figura 2.7 Diagrama de hilos que se utiliza en el método SLP.⁸

⁷ BACA, G. Evaluación de proyectos. 4ta. ed. México. McGraw-Hill. 2001. p. 111

⁸ BACA, G. Evaluación de proyectos. 4ta. ed. México. McGraw-Hill. 2001. p. 111

2.3 MÁQUINAS HERRAMIENTA

2.3.1 Definición

“La máquina herramienta es un tipo de máquina que se utiliza para dar forma a materiales sólidos, principalmente metales. Su característica principal es su falta de movilidad, ya que suelen ser máquinas estacionarias.”

Ahora, una máquina herramienta puede dar forma a materiales sólidos mediante mecanizado de materiales (torno, fresa, amoladora, perforadora, etc.), o mediante deformación plástica de material (plegadoras, prensas, etc.).⁹

2.3.2 Clasificación

2.3.2.1 Máquinas que utilizan herramientas de corte

Son aquellas máquinas que desarrollan su labor mediante un utensilio o herramienta de corte convenientemente perfilada y afilada que maquina y se pone en contacto con el material a trabajar produciendo en éste un cambio de forma y dimensiones deseadas mediante el arranque de pequeñas o grandes porciones de material¹⁰.

2.3.2.1.1 Máquinas de corte o seccionado

Cizalla:

Las cizallas para metal, son máquinas empleadas para cortar metales generalmente en láminas. Su campo de aplicación se extiende a varios sectores industriales.

Dentro de las cizallas para metal, podemos distinguir los siguientes tipos:

⁹<http://juliorcorrea.files.wordpress.com/2008/04/principios-de-torneado.pdf>

¹⁰<http://www.portal-industrial.com.ar/index.php/news/main/293/event=view>

- Cizallas mecánicas
- Cizallas hidráulicas



Figura 2.8 Vista frontal cizalla

Método de trabajo (principio de funcionamiento)

Como ya se ha mencionado, las cizallas de guillotina para metales son máquinas utilizadas para operaciones de corte de metales (hierro, acero, aluminio, etc.) de espesores hasta 25 mm. Y con una velocidad de corte de hasta 120 golpes por minuto.

El corte es efectuado por una estampa de corte formada por dos cuchillas, las cuales disponen normalmente de cuatro ángulos de corte.

La cuchilla inferior va sujeta a la mesa y la superior, bien a la corredera si se trata de cizallas de guillotina con cuello de cisne o al puente porta-cuchillas si son cizallas sin cuello de cisne.

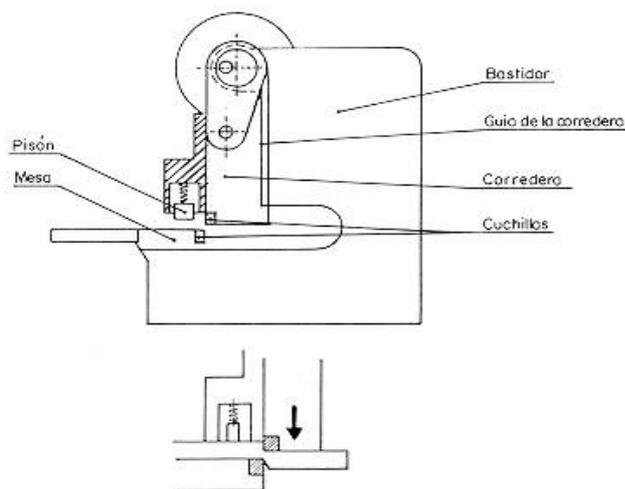


Figura 2.9 Esquema principio de funcionamiento

Guillotina:

La guillotina es una máquina manual que se utiliza para realizar cortes rectos en láminas metálicas de delgado espesor. El corte puede ser a lo largo de toda la longitud de la lámina o en pequeñas secciones para obtener formas irregulares (de lados rectos).

Puede cortar láminas de cualquier largo. Las láminas largas se cortan subiendo y bajando repetidamente la palanca, mientras se alimenta el material por la máquina. También puede cortar una forma en "V" en el material (no todas las guillotinas poseen esta capacidad).



Figura 2.10 Guillotina manual NIAGRA modelo CMF-16¹¹

2.3.2.1.2 Máquinas por arranque de viruta

Son aquellas máquinas que desarrollan su labor mediante un utensilio o herramienta de corte convenientemente perfilada y afilada que maquina y se pone en contacto con el material a trabajar produciendo en éste un cambio de forma y dimensiones deseadas mediante el arranque de trozos del mismo en formas de hojas, rizo, granillo, aguja, etc., el cual recibe el nombre de *viruta*.

¹¹<http://www.fablamp.com/video-cmf16-icon.gif>

Torno:

En esta máquina el arranque de viruta se produce al acercar la herramienta a la pieza en rotación, mediante el movimiento de ajuste. La herramienta penetra en la pieza, obteniéndose una viruta.

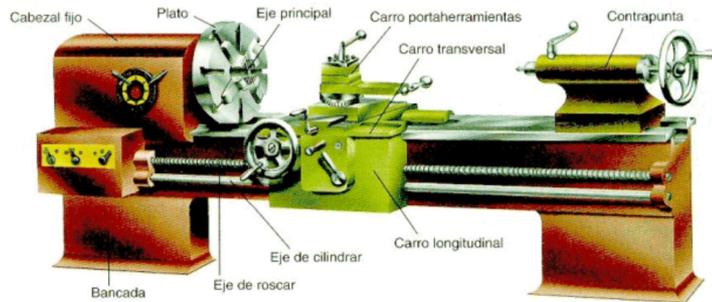


Figura 2.11 Partes principales del torno

Operaciones principales:

.El **Cilindrado**, que se realiza con la composición de movimientos de corte y avance de tal manera que cuando el movimiento de corte (que posee la pieza) es de forma circular continuo mientras que el de avance (poseído por la herramienta) es de forma rectilíneo en la dirección del eje de giro de la pieza con lo que se obtiene la generatriz de un cilindro.

. En el **refrentado** por contra, el movimiento de avance se realiza en un plano perpendicular al eje de giro de la pieza generando una superficie plana perpendicular al cilindro.

Con la combinación de estos dos trabajos básicos se pueden obtener una serie de trabajos derivados, como son:

- . El **cajeado** que consiste en un cilindrado interior.
- . El **ranurado**, que es un cilindrado en una franja estrecha (ranura).
- . El **tronzado** que es una operación de refrentado que se realiza en una sección intermedia de la pieza avanzando hacia su eje hasta llegar a cortada.

. El **roscado** se realiza como una operación de cilindrado con una velocidad de avance tal que entre dos secciones de corte consecutivas permanece un grueso de material sin cortar (filete).

Además de las operaciones anteriormente expuestas, el torno puede realizar una gran variedad de operaciones tales como: **rectificado, fresado, taladrado, torneado cónico y esférico, moleteado, torneado de cigüeñales, roscado con machos y terrajas...**

Fresadora:

La fresadora es una máquina-herramienta con movimiento de corte circular, en el que la herramienta (fresa) presenta un corte múltiple. El trabajo se caracteriza porque el material cambia continuamente de forma durante el mismo y el contacto de la herramienta es intermitente.

El movimiento principal de corte lo realiza la fresa, mientras el de avance y penetración en general lo realiza la pieza. Por fresado pueden obtenerse piezas muy diversas: superficies planas, curvas, roscas, ranuras, dientes de engranajes, etc.

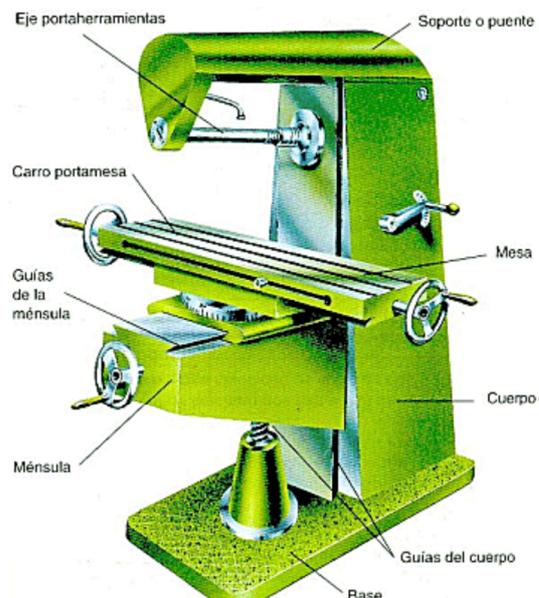


Figura 2.12 Partes principales de la fresadora

El fresado puede ser con el eje de la fresa horizontal (fresado cilíndrico), o con el eje vertical (fresado frontal).

La pieza, que posee el movimiento de avance, se puede desplazar en varios sentidos, siguiendo diversas trayectorias, lo que le permite obtener piezas de las más variadas formas geométricas, como:

- Piezas poliprismáticas
- Piezas ranuradas y taladradas
- Engranajes
- Levas helicoidales y espiroidales

Taladro:

Es una máquina-herramienta donde el movimiento de corte, que es circular, corresponde a la herramienta (broca).

El movimiento de avance, que es rectilíneo, también corresponde a la herramienta. La pieza, se mantiene en reposo sobre la mesa de la taladradora. Esta máquina es adecuada para efectuar agujeros (taladros) cilíndricos en piezas macizas o agrandar agujeros ya existentes, obtenidos bien por taladrados anteriores o por otros procedimientos (forja, fundición, etc.).

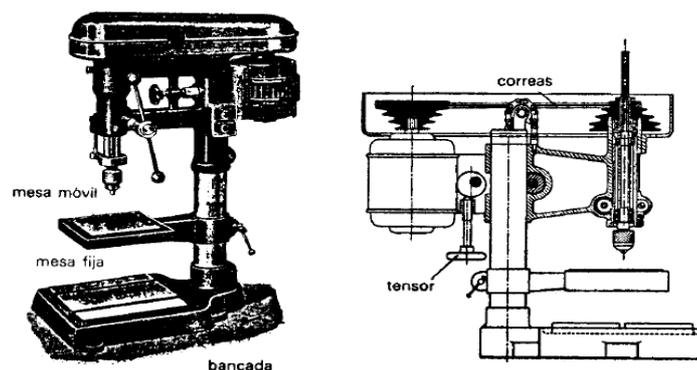


Figura 2.13 Taladros de banco

Operaciones más importantes:

Barrenado: se realiza con la barrena y consiste en un mecanizado complementario al taladrado destinado al ensanchamiento en toda su longitud del agujero previamente taladrado.

Penetrado: es una operación, en su proceso, análoga al barrenado con la diferencia de que en este caso el ensanchamiento no se realiza en toda la longitud, sino de forma parcial.

Avellanado: consiste en el ensanchamiento parcial de forma cónica mediante la utilización de avellanadores que consisten en barrenas cónicas. Una función del avellanado está en la necesidad de esconder las cabezas de los tornillos en el interior del material, cuando éstas son cónicas.

Escariado: tiene como fin el afinado y ajuste a dimensiones más precisas de los agujeros. Se realiza con el escariador, que es un cilindro de dientes dispuestos en su longitud, bien recto o helicoidal con un gran paso de hélice.

Sierras mecánicas:

Estas máquinas pueden ser de movimiento alternativo o rotativo, siendo las primeras las más populares en el medio. Su diferencia consiste en que la primera corta mediante movimiento de vaivén de su hoja de sierra, y la otra lo hace mediante el movimiento giratorio del disco de sierra.

Constan de una pequeña bancada horizontal, donde se coloca la pieza que se ha de cortar, y de un arco o disco de sierra dotado de movimiento, utilizando para ello un mecanismo de biela manivela o de transmisión por correa respectivamente.

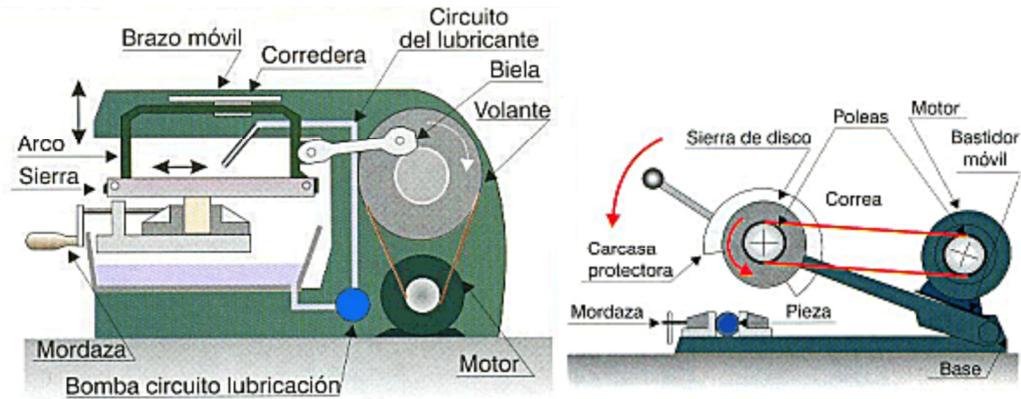


Figura 2.14 Vista lateral Sierra Mecánica Con Movimiento Alternativo y Rotativo

2.3.2.1.3 Máquinas por arranque de partículas

Este tipo de máquinas herramientas realizan la remoción de material, desgastando la pieza en mínimas cantidades desprendiendo partículas de material, en muchos casos incandescente. En este proceso interviene la herramienta llamada muela abrasiva.

Rectificadora de superficies cilíndricas:

Es una máquina-herramienta donde el movimiento de corte, que es circular, corresponde a la herramienta (muela abrasiva).

La pieza, que también está animada de un movimiento de rotación, posee el movimiento de avance y se desplaza siguiendo una trayectoria que le permite acabar piezas de revolución.

Su objetivo es eliminar, por abrasión, pequeños espesores de material en aquellas piezas previamente mecanizadas en otras máquinas-herramientas y que tienen unas características de dureza, dimensiones o estado superficial, que no es posible terminar por arranque de viruta con herramientas de corte.

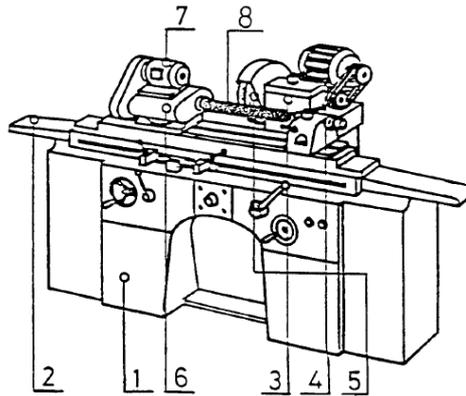


Figura 2.15 Partes principales de la rectificadora de superficies cilíndricas

1, bancada; 2, mesa; 3, cabezal portamuelas; 4, motor de rotación de la muela; 5, muela; 6, cabezal portapiezas; 7, motor de rotación de la pieza; 8, pieza.

Rectificadora de superficies planas:

Es una máquina-herramienta donde el movimiento de corte, que es circular, corresponde a la herramienta (muela abrasiva).

La pieza, que posee el movimiento de avance, se puede desplazar siguiendo una trayectoria rectilínea, lo que hace posible el acabado de piezas con superficies planas.

Al igual que con la rectificadora de sup. cilíndricas, en la rectificadora de sup. planas se eliminan, por abrasión, pequeños espesores de material en piezas que, previamente, han sido mecanizadas en otras máquinas-herramientas

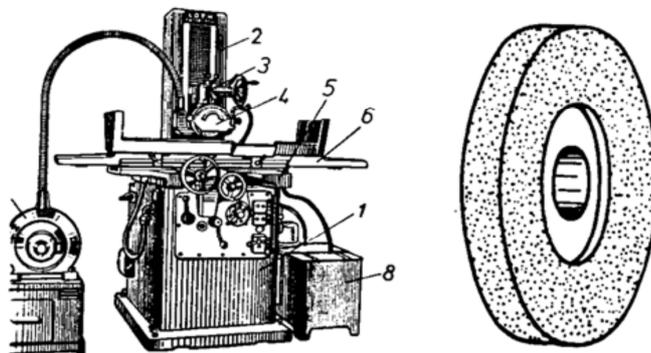


Figura 2.16 Partes principales de la rectificadora y muela:

1, bancada; 2, montante a lo largo del cual se desliza verticalmente el cabezal portamuelas; 3, cabezal portamuelas; 4, portamuelas; 5, carro transversal; 6, mesa con movimiento longitudinal; 7, muela.

2.3.2.2 Máquinas por deformación plástica

Las máquinas – herramientas por deformación plástica se encargan de realizar varios procesos de manufactura, en los cuales se usa la deformación plástica para cambiar la forma de las piezas metálicas. La deformación resulta del uso de una herramienta que usualmente es un *dado* para conformar metales, el cual aplica esfuerzos que exceden la resistencia a la fluencia del metal. Por tanto, el metal se deforma para tornar la forma que determina la geometría del dado.

En general, se aplica el esfuerzo de compresión para deformar plásticamente el metal. Sin embargo, algunos procesos de formado estiran el metal, mientras que otros lo doblan y otros más lo cortan.

2.3.2.2.1 Prensas mecánicas, hidráulicas y neumáticas

Todas las prensas tienen arietes que se extienden y luego se retraen, forzando el juego de dados para hacer una impresión o cortar el metal entre éste; la diferencia fundamental entre las prensas está en la aplicación de fuerza.

Las cuatro principales categorías de prensa—mecánicas, hidráulicas, servo y neumáticas—derivan sus nombres de la fuente de accionamiento que genera la presión, o fuerza, sobre el ariete

Prensas mecánicas:

Una prensa mecánica, la “bestia de carga” de la industria, se alimenta mediante un motor eléctrico que acciona un gran volante, convirtiendo movimiento rotativo en movimiento lineal. El volante almacena energía cinética, la cual es liberada a través de varios tipos de accionamiento.



Figura 2.17 Vista frontal Prensa mecánica

Las prensas mecánicas pueden distinguirse además por el tipo de transmisión del accionamiento—volante, un engrane, dos engranes, doble acción, biela (también llamado movimiento deslizante alternativo), unión de rótula, engrane excéntrico y flecha excéntrica—que ejerce fuerza sobre el dado

Prensas hidráulicas:

Una prensa hidráulica alimenta mediante una bomba hidráulica a uno o más cilindros hidráulicos que accionan el deslizamiento descendente. Las prensas hidráulicas permiten ajustar la posición de retracción de la cortina y configurar la carrera de la prensa a una fuerza dada, o regresar a una posición dada para cumplir una necesidad específica de una aplicación o de un dado. Esta flexibilidad produce la mayor ventaja de una prensa hidráulica.



Figura 2.18 Prensa hidráulica

Además, una prensa hidráulica es el único tipo de prensa con el máximo tonelaje disponible en toda su carrera para controlar el ariete y el flujo de material.

Prensas neumáticas:

Las prensas neumáticas aplican presión de aire en la carrera descendente y resortes mecánicos aplican la presión para la carrera ascendente. En la carrera descendente, el actuador elastomérico/tubo de aire se llena con aire—a la señal desde el sistema de control—forzando al tubo de aire a expandirse y aplicar presión para realizar la impresión requerida. Cuando la impresión se concluye, el control indica a la válvula que se desplace, lo cual saca el aire, y el ariete regresa a la parte superior de la carrera mediante la fuerza del resorte mecánico, completando así el ciclo.



Figura 2.19 Prensa neumática¹²

Las prensas neumáticas están diseñadas con carrera y altura de cierre ajustables y ofrecen pleno tonelaje en toda la longitud de la carrera.

¹²<http://www.interempresas.net/FotosArtProductos/P12720.jpg>

2.3.2.2.2 Máquinas para forjar

Las máquinas para forjado consisten principalmente en prensas y martillos, los que se usan para forjado con dado o deformación plástica por martillo según sea el proceso. En general se tienen tres tipos de máquinas.

- Prensas y martillos mecánicos.
- Prensas y martillos neumáticos.
- Prensas y martillos hidráulicos.

La decisión de utilizar uno u otro radica en factores como fuerza necesaria a aplicar, frecuencia de golpe o presión y velocidad en la carrera de trabajo.

En general se sabe que las prensas hidráulicas tienen una carrera más lenta pero son capaces de entregar grandes presión a la pieza a forjar, por el contrario una máquina neumática puede tener gran velocidad por lo que se le prefiere para funciones de martinete donde hay que golpear repetidamente la pieza para ir la forjando antes de que ésta se enfríe.

Por su parte las prensas mecánicas son capaces, al igual que las hidráulicas de entregar gran fuerza pero la frecuencia se ve limitada por el desgaste mecánico que sufren naturalmente las piezas.

Las máximas frecuencias pueden llegar hasta las 120 s^{-1} y las cargas máximas a las 2000 o 3000 toneladas.



Figura 2.20 Martillo Pilón Neumático.



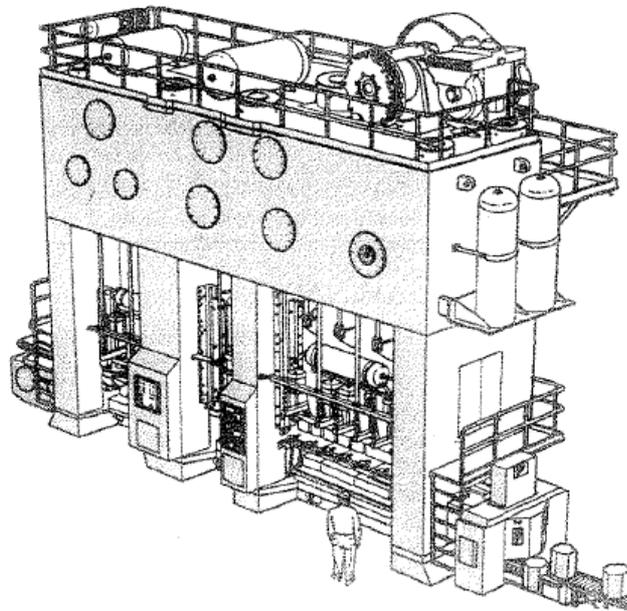
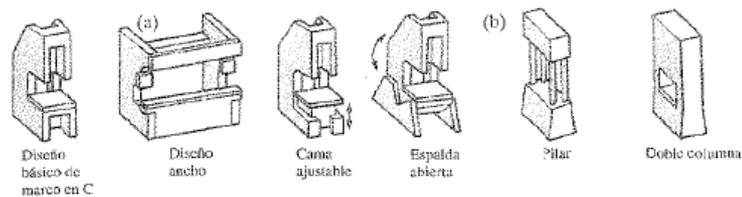
Figura 2.21 Prensa mecánica marca FAGOR



Figura 2.22 Prensa hidráulica de 1500 toneladas

2.3.2.2.3 Máquinas para el trabajo de chapas y bandas

Para la mayor parte de las operaciones de conformado de chapas y bandas metálicas, el equipo básico consiste en prensas mecánicas, hidráulicas o neumáticas. La sección <> describió las propiedades y características básicas de esas prensas. En la fig.se ven diseños característicos de marcos de prensas. El diseño, construcción y rigidez adecuados de esos equipos es esencial para tener un funcionamiento eficiente, gran producción, buen control de dimensiones y alta calidad del producto.



**Figura 2.23 Esquemas de marcos de prensa para formado de lámina.
Cada tipo tiene sus propias características de rigidez, capacidad y accesibilidad.**

2.3.2.2.4 Máquinas para el trabajo de barras y perfiles

Laminadoras:

Se construyen varios tipos de molinos y equipos para laminación; utilizan varios arreglos de rodillos. Aunque el equipo para el laminado en caliente y en frío es esencialmente el mismo, existen diferencias en el material de los rodillos, los parámetros del proceso, los lubricantes y los sistemas de enfriamiento.



Figura 2.24 Proceso de laminado en caliente¹³

El ancho de los productos laminados puede tener un rango de hasta 5m (200 pulg.) y un espesor de solo 0.0025 mm (0.0001 pulg). Las velocidades de laminación van hasta 25 m/s (aproximadamente una milla por minuto) para el laminado en frío, o incluso más en instalaciones muy automatizadas y controladas por computadora.

Máquinas para extrusión:

La máquina básica para extrusión es una prensa hidráulica horizontal de extrusión. Esas prensas son adecuadas para la extrusión porque se puede controlar la carrera y la velocidad de la operación.

Pueden aplicar una fuerza constante durante una carrera larga, y en consecuencia se puede usar la palanquilla larga para aumentar la capacidad de producción.

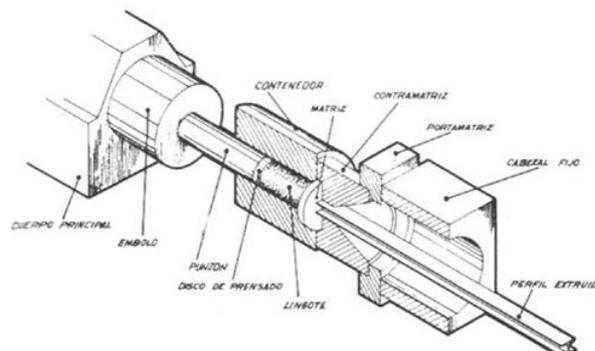


Figura 2.25 Partes principales de una prensa de extrusión

¹³<http://www.mondragonmexico.com/img/laminadores%20en%20caliente.jpg>

En general, se usan prensas hidráulicas verticales para la extrusión en frío. Suelen ser de menor capacidad que las que se usan para la extrusión en caliente, pero ocupan menos espacio de piso. Además, también se han usado prensas mecánicas de cigüeñal y de rótula para extrusión en frío y extrusión de impacto, en la producción en masa de pequeños componentes. En prensas de diseño especial se hacen operaciones en varios pasos, donde el área transversal se va reduciendo en varias operaciones.

2.3.2.2.5 Máquinas para el trabajo del alambre y tubos

Equipo de estirado (trefilado):

Aunque tiene diversos diseños, el equipo de estirado es de dos tipos básicos: banco de estirado e hilera (conjunto a cuadro cabrestante)

Un **banco de estirado** contiene solo un dado y su diseño se parece a una máquina larga, horizontal, de pruebas de tensión. La fuerza de tracción se obtiene de una cadena o se activa hidráulicamente.

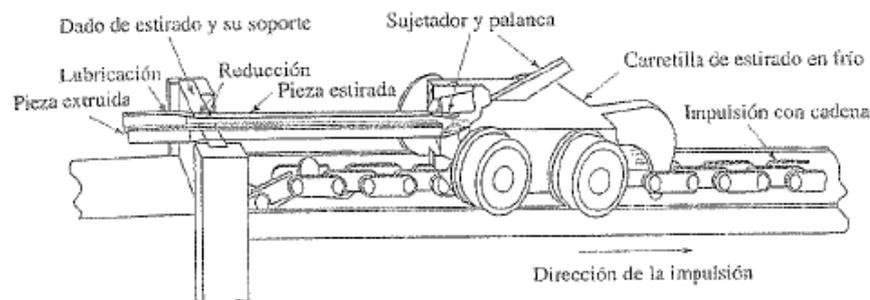


Figura 2.26 Estirado en frío de un canal extruido en un banco de estirado

Las varillas y alambres muy largos (de muchos kilómetros) y los alambres de menores secciones transversales (menores de 13 mm o 0.5 pulg) se estiran con un **tambor (polea grande, cabrestante)** rotatorio. La tensión en este conjunto suministra la fuerza necesaria para estirar el alambre, por lo general a través de varios dados.

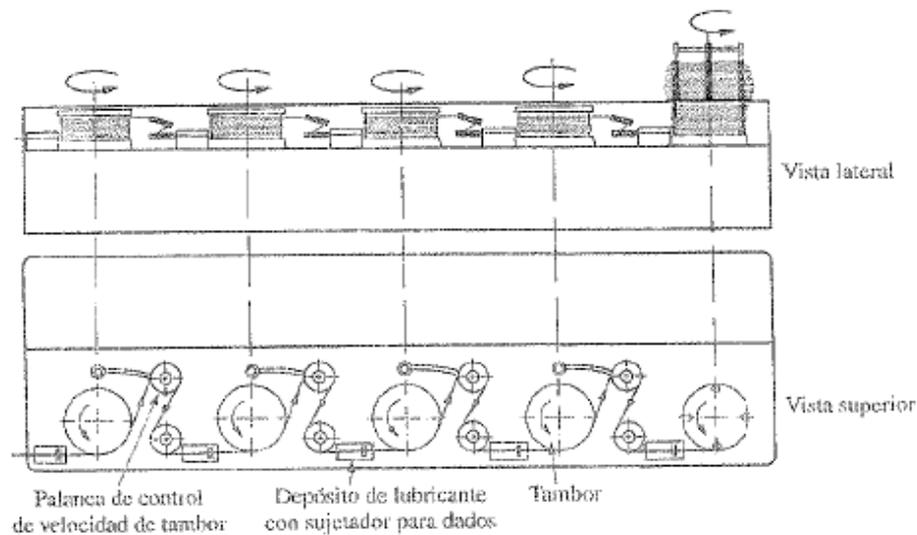


Figura 2.27 Dos vistas de una máquina de estirado en etapas

2.4 GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

La gestión del mantenimiento es el complemento directo de la ingeniería de mantenimiento; mientras la ingeniería de mantenimiento estudia los procesos y variables tecnológicas inherentes al mantenimiento enfocado a los recursos físicos y técnicos, la gestión del mantenimiento se encarga del proceso administrativo de los recursos humanos que desempeñarán los distintos roles necesarios en el mantenimiento.

El proceso de la gestión de mantenimiento consta de cinco etapas fundamentales, las cuáles ocurren secuencialmente y se enuncian a continuación:

- Previsión y Planeación
- Organización
- Integración
- Dirección y Ejecución
- Control

Las tres primeras etapas conforman la Fase Estática, mientras que las restantes conforman la Fase Dinámica del proceso de la gestión.

En la siguiente tabla se muestra una descripción general de cada etapa:

Tabla 2.2 Generalidades del proceso de la gestión del mantenimiento

PLANEACIÓN	ORGANIZACIÓN	INTEGRACIÓN	EJECUCIÓN	CONTROL
Define todos los atributos que considera necesarios para el taller u oficina que trata de estructurar haciendo planos, minutas explicativas, programas, presupuestos, etcétera.	Estructura lo planeado. Al terminar el conjunto está inanimado, y cada parte que lo forma no posee la “conciencia” de lo que tiene que hacer por la falta de recursos humanos que ocupen sus puestos.	Selecciona al personal idóneo, lo adiestra y desarrolla instruyéndolo en sus labores. Teóricamente llegamos a un estado de organización completa y estática en la cual todos los elementos, tienen “conciencia” del cometido que deben realizar.	Cada una de las partes hace su propia labor en coordinación con las restantes, obteniéndose con esto la realización del objetivo según se había planeado.	Se observará haciendo mediciones esporádicas, analizando y corrigiendo los resultados, repitiéndose el proceso cuantas veces se requiera.

Fuente: La Productividad en el Mantenimiento Industrial, E. Dounce Villanueva.

Elaborado: Diego Medrano, Byron Vega

Para analizar el proceso administrativo, se parte del hecho de que el entorno está formado por recursos y que éstos se pueden aglutinar en los siete recursos generales a saber: hombres, máquinas, dinero, productos, materiales y métodos, y todos inmersos en el recurso tiempo, el cuál los afecta positiva o negativamente. Dichos recursos se muestran en la figura siguiente:

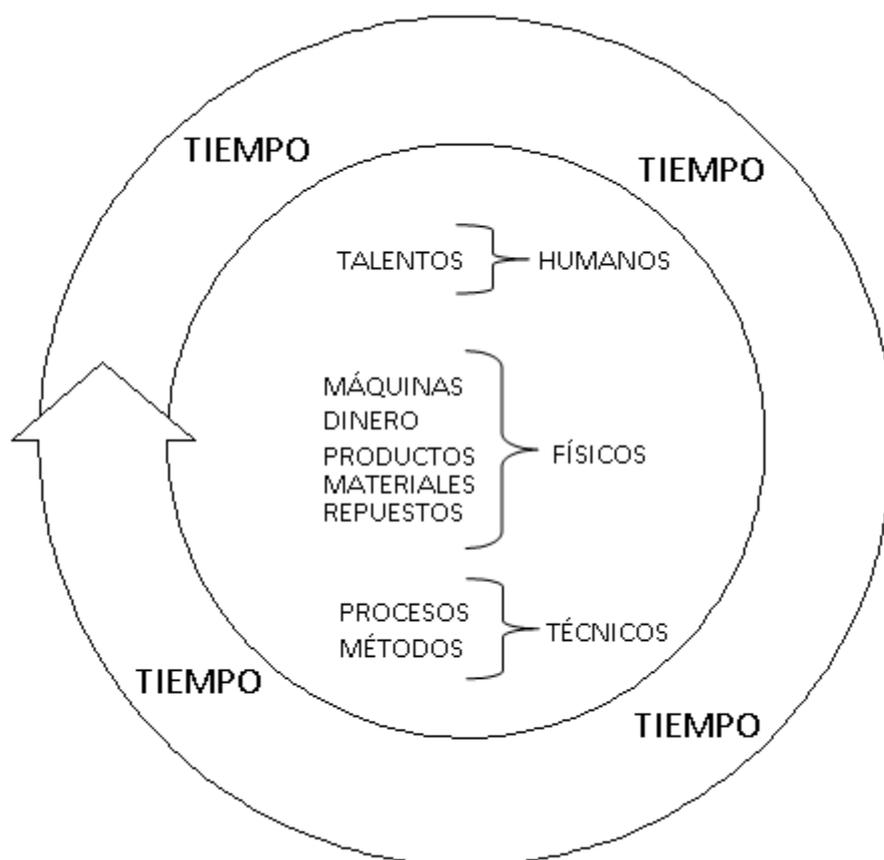


Figura 2.28 Los recursos de una empresa

Dado que cada uno de éstos recursos disponibles en la empresa estarán a cargo del administrador, se concluye que su función principal es hacer que todos los recursos a su cargo proporcionen al conjunto los resultados esperados, por lo que si el único recurso que tiene voluntad propia son las personas a su cargo y, por lo tanto, son las que pueden manejarse adecuadamente a sí mismos y al resto de recursos que le son necesarios para desarrollar su trabajo, es adecuado pensar que gestionar el mantenimiento es obtener sus resultados por medio de terceros (personas a cargo de las distintas funciones inherentes al mantenimiento).

A continuación se analiza detalladamente cada una de las etapas del proceso de la gestión del mantenimiento:

2.4.1 Planeación

La planeación consiste en fijar el curso concreto de acción que ha de seguirse, estableciendo los principios que habrán de orientarlo, la secuencia de operaciones para realizarlo, y la determinación del tiempo y números necesarios para su realización; por lo tanto para planear se debe definir, antes que todo, el objetivo, o sea lo que queremos obtener con nuestras acciones; a continuación, se derivarán de éste las políticas, aquellos enunciados que marcan guías para facilitar las labores gerenciales; el siguiente paso es determinar el procedimiento que se ha de seguir, con lo cual se puede definir la interrelación de recursos por emplear incluyendo el tiempo, lo que proporciona los programas de mantenimiento planeado.

En la planeación administrativa se debe seguir la siguiente mecánica: primero decidir cuándo y a dónde se quiere llegar; ahora, partiendo de este supuesto, es necesario considerar nuestras limitaciones de acción, nuestros recursos (humanos, físicos y técnicos) y, por último, dimensionar las labores en monto (cantidad de trabajo por efectuar) y tiempo.

Vemos así que la planeación es una toma de decisiones constante que involucra lo siguiente:

- **Objetivos**

Al conjunto de una meta, mas la acción correspondiente para conseguir ésta y el tiempo en que se debe lograr, se le llama objetivo; éste es el resultado final al que se desea llegar.

- **Políticas**

Son normas que orientan las acciones gerenciales y que pueden ser escritas, verbales o simplemente sobrentendidas; su importancia está en la orientación que proporcionan a la administración para poder conquistar el objetivo.

- **Procedimientos**

Son una serie de labores interrelacionados cronológicamente que constituyen la forma de efectuar un trabajo.

- **Programas**

Son listas o gráficas que muestran claramente la interrelación de los recursos humanos físicos y técnicos, enlazados con el tiempo.

- **Presupuestos**

Son mostrados en formatos especialmente trazados que informan las necesidades o resultados futuros a los que se presupone llegar.

2.4.2 Organización

Organizar es estructurar, dar forma e interrelacionar las partes de un complejo previamente planeado, disponiendo de los recursos de la empresa, de tal forma que ésta pueda funcionar según lo previsto en la planeación.

Para organizar hay que atender a los siguientes factores:

- **Puestos**

Se debe hacer un análisis de puestos para saber las labores que corresponden a cada uno de ellos, su descripción genérica, el grado de habilidad, esfuerzo, responsabilidad y condiciones de trabajo a que van a estar sometidos los ocupantes de dichos puestos.

- **Hombres**

Conocidas al detalle las características del trabajo a desarrollar en los diferentes puestos, se procede a describir el perfil de la persona más adecuada para ocuparlo.

- **Autoridad**

Para que una figura de autoridad pueda dar órdenes razonables, es indispensable que esté seguro de que el subordinado posee los recursos

(físicos, técnicos y personales) necesarios para poder cumplir con tales órdenes

- **Responsabilidad**

Es la obligación que tiene una persona de responder ante sus superiores por su actuación durante el desempeño de sus labores.

2.4.3 Integración

El siguiente paso es definir qué personas deben ocupar cada puesto y modularlas para obtener de ellos recursos humanos verdaderamente calificados, y que cumplan no solamente cubriendo las necesidades del puesto, de la empresa, sino también cubriendo las expectativas o necesidades personales tanto síquicas como físicas; de tal forma que para conseguirlo la empresa ejecuta los siguientes pasos:

- **Selección**

Se analiza al personal tanto interno como externo con respecto a las características mencionadas en el manual de descripción de puestos; en este momento los candidatos escogidos son reclutados pasando al siguiente paso:

- **Orientación o inducción**

Se la da a cada nuevo ocupante de un puesto, con objeto de que éste se entere de todo lo necesario al respecto de dicho puesto, mediante visitas, charlas, películas, revistas, instructivos, etc.

- **Adiestramiento**

El personal queda sujeto a un plan integral de adiestramiento en el lugar y con las herramientas de trabajo, que lo capacitará para ejecutar las actividades propias del puesto en forma eficaz.

- **Desarrollo**

Las empresas deben sujetar a su personal durante todo el tiempo de estancia en la misma a un programa de cursos de desarrollo que les permitirán ocupar otros puestos.

2.4.4 Ejecución

Ejecutar significa “poner en obra una cosa”, por lo que, desde el punto de vista de la gestión se puede decir que la ejecución es una acción del administrador (gestionador), para que sus subordinados se propongan alcanzar los objetivos establecidos en la planeación y estructurados por la organización.

Se debe distinguir que de los siete recursos generales con que cuenta toda empresa (tiempo, hombres, máquinas, materiales, etc.), todos menos el humano, poseen un comportamiento invariable por sí mismos. Debido a eso, la ejecución se refiere al estudio y aplicación para comprender y atender el comportamiento de los recursos humanos de la empresa.

Se considera que un dirigente durante la etapa de la ejecución debe observar cuatro factores básicos:

- **Motivar**

La parte más valiosa de un dirigente es que posea atributos para poder crear en sus subordinados un sentimiento que los impulse con gusto a la acción. Se deben estimular las necesidades síquicas (motivadoras) del hombre, las cuales son las de pertenencia, de estima, de auto realización.

- **Comunicar**

La base para cualquier relación es la comunicación, o sea, la capacidad de una persona para transmitir sus sentimientos e ideas a otras. De esto se deduce que para la correcta ejecución es necesario una correcta comunicación entre el administrador y sus subordinados.

- **Dirigir**

El administrador debe conocer su empresa a fondo y sentirse parte de ella, estos factores lo dejan en aptitud de poder dirigir eficientemente a sus

subordinados. Para esto emite órdenes, instrucciones o reglas de acuerdo con lo que crea necesario, considerando su propio parecer, después de analizar el problema.

- **Coordinar**

La coordinación consiste en lograr que los esfuerzos del grupo estén sincronizados y adecuados en tiempo, cantidad y dirección. Cumpliéndose estos requisitos se obtendrán grandes rendimientos en la actuación de los recursos humanos, pues el esfuerzo de cada uno se suma al de los demás, dando una resultante siempre mayor que la que tendríamos con la suma de los esfuerzos parciales.

2.4.5 Control

Es la comprobación de que las personas y los recursos físicos y técnicos estén llevando a cabo lo planeado en el tiempo considerado, con o sin desviaciones a la norma predeterminada. Sabiendo los elementos a controlar, es necesario fijar si éstos deben controlarse en cantidad, calidad o tiempo, con lo que se está en posibilidad de fijar la norma.

Para facilitar el control es necesario atender los siguientes factores:

- Medir
- Comparar
- Analizar
- Corregir

CAPÍTULO 3

CARACTERIZACIÓN DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA

3.1.1 Instalaciones Físicas

El Laboratorio de Procesos de Manufactura se encuentra ubicado en la planta baja del edificio de los laboratorios de energías, cuenta con un área total de 651,5 m², los mismos que se distribuyen de la siguiente manera:

Tabla 3.1 Distribución Física del Laboratorio de Procesos de Manufactura

ÁREAS	DESCRIPCIÓN	TAMAÑO (m ²)
ALMACENAMIENTO	Bodega General "Máquinas- Herramientas"	40.5
	Bodega Secundaria (almacenamiento de materiales)	30.5
	Bodega Multipropósito (usuario actual Ing. José Guasumba)	40.5
ADMINISTRATIVO	Oficinas Administrativas	36.5
ACCESO	Peatonal al Laboratorio	13.5
	Zonas de circulación dentro del Lab. De Materiales	164
		20.5
ACADÉMICA	Área de soldadoras	50
	Área de tornos	51
	Área de máquinas fresadoras	20
	Área de taladros	10
	Área de mesas de trabajo	90.5
	Área de conformado	25
	Área de prensas	8.5
Aula de clase:	50.5	
TOTAL		651,5

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura

Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

SOLDADORAS		TORNOS			TERMODINÁMICA	
MESAS DE TRABAJO	PRENSAS HIDRAÚLICAS	TORNO REVOLVER	TALADROS			
	MANDRINADORA	MECANIZADO CNC		FRESADORAS	ACCESO PEATONAL AL LAB.	
	DOBLADORA					
BODEGA SECUNDARIA	ACCESO MATERIALES AL LAB.	DOBLADO DE CHAPA METÁLICA	AULA DE CLASE	BODEGA GENERAL	OFICINAS	
BODEGA MULTIPROPÓSITO						

Figura 3.1 Esquema de distribución de áreas para el Laboratorio de Procesos de Manufactura

La distribución actual de las máquinas no es adecuada e incumple con los requisitos mínimos para asegurar una zona libre y segura en la realización de los diferentes procesos de manufactura; por lo que se sugiere la elaboración de una nueva distribución de planta (Lay - Out) que optimice el espacio actual con el que cuenta el laboratorio.

Para el análisis de las instalaciones físicas del laboratorio se evaluarán las áreas del taller, teniendo en cuenta criterios aceptables para instalaciones industriales semejantes, la evaluación está determinada bajo las siguientes escalas de puntuación:

CRITERIO DE EVALUACIÓN	PUNTUACIÓN
Cumple a satisfacción	10
Cumple parcialmente	5
No cumple	0

Tabla 3.2 Situación actual del Estado de Conservación y Seguridad del Laboratorio de Procesos de Manufactura.

SECCIÓN	DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTO POR CUMPLIR	SITUACIÓN ACTUAL	FALENCIAS	PUNTUACIÓN
TALLER (ÁREA ACADÉMICA)	PISO	- Señalización de áreas	Buena señalización en áreas de tránsito	Falta señalización en zonas de trabajo, almacenaje de materiales	5
		- Antideslizante	No posee	N.A	0
		- Uniformidad	Hormigón armado en buenas condiciones	Ninguna	10
	PAREDES	- Uniformidad	Buen estado	Ninguna	10
		- Pintado y acabado	Paredes blancas con franja de esmalte	Ninguna	10
	VENTANAS	- Permitir buena iluminación natural	Buena iluminación	Ninguna	10
		- Permitir ventilación del área	Buena ventilación	Ninguna	10
	ILUMINACIÓN ARTIFICIAL	- Suficiente número de lámparas que garanticen total iluminación del área.	Existen 55 lámparas dotadas con un par de fluorescentes de 40 W.	No son Suficientes lámparas para proveer una iluminación adecuada	5
	PUERTA PRINCIPAL	- Facilidad de acceso y apertura. - Suficiente amplitud para fácil ingreso y salida de material. - Pintado.	Cuenta con una puerta de 3.1 x 4.1 m, metálica Completamente pintada y sus guías de enrollado están engrasadas	Ninguna	10

SECCIÓN	DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTO POR CUMPLIR	SITUACIÓN ACTUAL	FALENCIAS	PUNTUACIÓN
	PUERTA INGRESO ALUMNOS	<ul style="list-style-type: none"> - Facilidad de acceso y apertura. - Suficiente amplitud para fácil ingreso y salida de material. - Pintado. 	Cuenta con una puerta de 2.10 x 1.90 m, de constitución mixta vidrio y aluminio Completamente pintada	Ninguna	10

SECCIÓN	DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTO POR CUMPLIR	SITUACIÓN ACTUAL	FALENCIAS	PUNTUACIÓN
SERVICIOS HIGIÉNICOS	PISO	<ul style="list-style-type: none"> - Antideslizante. - Uniformidad. - Sifón de desagüe. 	Piso de hormigón armado recubierto por baldosa. Existe un sifón de desagüe en el piso.	Ninguna	10
	ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Iluminación artificial y/o natural de la totalidad del área. - Ventilación. 	El baño cuenta con una ventana que proporciona adecuada ventilación e iluminación. - Existe iluminación artificial de 2 luminarias.	Focos quemados	5

	IMPLEMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - 2 letrinas por cada 12 personas. - 1 ducha por cada 15 personas. - 1 lavamanos por cada 15 personas. 	<p>Existen 1 letrina, 1 ducha, 1 urinario y 1 lavamanos, para un personal de 5 miembros.</p> <p>Existen 2 letrinas, 2 urinarios y 2 lavamanos, para un los señores estudiantes</p>	<p>Existen los implementos pero se encuentran deteriorados por el mal uso.</p>	5
--	--------------------	--	--	--	----------

SECCIÓN	DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTO POR CUMPLIR	SITUACIÓN ACTUAL	FALENCIAS	PUNTUACIÓN
OFICINA (ZONA GERENCIAL)	PISO	- Uniformidad.	El piso de la oficina es de hormigón armado recubierto por parquet de madera natural	Existen secciones en donde el parquet no es continuo	5
	ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN	- Iluminación artificial y/o natural de la totalidad del área. - Ventilación.	La oficina cuenta con iluminación artificial de 4 lámparas. Existe una ventana por cubículo que proporciona ventilación adecuada.	Ninguna	10
	PAREDES	- Uniformidad. - Aislamiento sonoro	Las paredes son de bloque y enlucidas.	No existe aislamiento sonoro, no es necesario	10
	IMPLEMENTOS	- Un casillero para cada trabajador. - Bancas o asientos de descanso.	Existe un casillero para cada uno de los miembros del personal docente y administrativo del taller.	No existen bancas o asientos de descanso.	5

SECCIÓN	DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTO POR CUMPLIR	SITUACIÓN ACTUAL	FALENCIAS	PUNTUACIÓN
SEGURIDAD INDUSTRIAL	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	<ul style="list-style-type: none"> - Conexión a tierra. - Protección de sobrecargas. - Facilidad de acceso a tomacorrientes. - Tomacorrientes con cobertura a la demanda del taller. 	<p>Existe conexión a tierra parcial.</p> <p>Existe protección de sobrecargas.</p> <p>Tomacorrientes cubren la demanda del taller.</p>	<p>No todas las máquinas tiene la conexión a tierra.</p>	5
	PROTECCIÓN INCENDIO	<ul style="list-style-type: none"> - Señalización. - Extintores de polvo químico o CO₂, 2 por cada 350m² 	<p>Existen 4 extintores.</p> <p>1 extintor por cada 130.25 m²</p>	<p>Las recargas del polvo contra incendios no es periódica</p>	5

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

3.1.2 Inventario de Máquinas y Equipos existentes

Tabla 3.3 Máquinas y equipos existentes en el Laboratorio de Procesos de Manufactura.

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	PUESTA EN OPERACIÓN	EDAD DEL EQUIPO (AÑOS)	ESTADO DE OPERATIVIDAD
MH-01	Fresadora Horizontal Harrison 600	11/09/1981	30	Operativo
MH-02	Fresadora Vertical Universal XZ6350C	01/07/2010	1	Operativo
MH-03	Fresadora Vertical Bridgeport	11/09/1981	30	Operativo
MH-04	Rectificadora de Sup. Planas Jones Shipman 1400	01/01/1982	29	Operativo
MH-05	Rectificadora de Sup. Cilíndricas Jones Shipman 1300	12/04/1981	30	Operativo
MH-06	Torno Paralelo #1 Harrison 600	01/01/1982	29	Operativo
MH-07	Torno Paralelo #2 Harrison 600	01/01/1982	29	No Operativo
MH-08	Torno Paralelo #3 Harrison 600	01/01/1982	29	Operativo
MH-09	Torno Paralelo #4 Harrison 600	01/01/1982	29	Operativo
MH-10	Torno Paralelo #5 Harrison 600	01/01/1982	29	Operativo
MH-11	Torno Paralelo #6 PBL 360 BX1000	01/11/2009	2	Operativo
MH-12	Torno Paralelo #7 PBL 360 BX1000	01/11/2009	2	Operativo
MH-13	Torno Revolver Ward	01/01/1982	29	Operativo
MH-14	Mandrinadora Horizontal	12/04/1981	30	Operativo
MH-15	Sierra de Metal de dos velocidades	01/01/1982	29	Operativo
MH-16	Dobladora manual universal Edwards 600	01/01/1982	29	Operativo
MH-17	Guillotina para acero Edwards 600	12/04/1981	30	No Operativo
MH-18	Limadora Caladora Vertical	12/04/1981	30	Operativo
MH-19	Prensa de 60 Ton.	01/01/1980	31	Operativo
MH-20	Prensa de 40 Ton.	01/01/1980	31	Operativo

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	PUESTA EN OPERACIÓN	EDAD DEL EQUIPO (AÑOS)	ESTADO DE OPERATIVIDAD
MH-21	Equipo de soldadura TRANSARC	11/09/1981	30	Operativo
MH-22	Soldadora Multiprocesos POWCON	19/09/1993	18	Operativo
MH-23	Soldadora MIG Millermatic 300	01/06/2003	8	Operativo
MH-24	Soldadora MIG Millermatic 252	04/05/2011	0	Operativo
MH-25	Soldadora SincrowaveTIG 250	01/01/2008	3	Operativo
MH-26	Soldadora Sincrowave TIG 200	01/01/2008	3	Operativo
MH-27	Soldadora Lincoln Precision TIG 225	01/08/2011	0	Operativo
MH-28	Soldadora de Punto Cebora	11/09/1981	30	Operativo
MH-29	Cortadora por Plasma Hypertherm	01/06/2003	8	Operativo
MH-30	Soldadura AC Hobart	11/09/1981	30	Operativo
MH-31	Soldadora AC-DC 250 AmpWelder	01/01/2006	5	Operativo
MH-32	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #1	01/01/2010	1	Operativo
MH-33	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #2	01/01/2010	1	Operativo
MH-34	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #3	01/01/2010	1	Operativo
MH-35	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #4	01/01/2010	1	Operativo
MH-36	Taladro de Banco Fobco	11/09/1981	30	Operativo
MH-37	Taladro Fresador PDM-45	01/06/2010	1	Operativo
MH-38	Taladro de Pedestal Rong-Long	01/01/2009	2	Operativo
MH-39	Taladro de Pedestal Viceroy	11/09/1981	30	Operativo
MH-40	Esmeril doble piedra Viceroy	11/09/1981	30	Operativo
MH-41	Compresor 3HP Coleman	01/01/2008	3	Operativo
MH-42	Guillotina Manual Niagara	01/01/2007	4	Operativo

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	PUESTA EN OPERACIÓN	EDAD DEL EQUIPO (AÑOS)	ESTADO DE OPERATIVIDAD
MH-43	Esmeril doble piedra Toyhan	01/01/2000	11	Operativo
MH-44	Carro Multipropósito Para Soldadura Y Corte Por Plasma BUG-O GO-FER III-WD	01/01/2010	1	Operativo
MH-45	Dobladora manual de tubos Record 218M	01/01/2000	11	Operativo

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

La siguiente gráfica relaciona la cantidad de máquinas vs el número de años de vida útil que poseen hasta la fecha.

Es un claro indicador de la situación actual del Laboratorio, del estado de la maquinaria y de los sectores a priorizar.

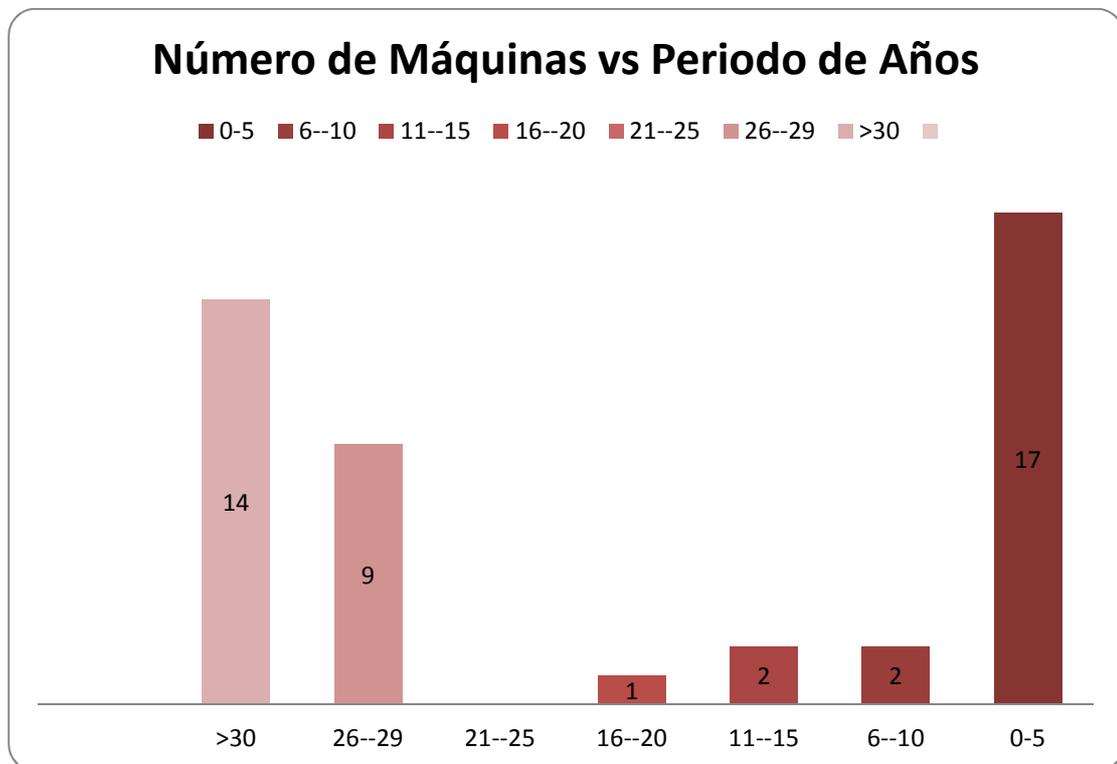


Figura 3.2 Número de Máquinas vs Periodos de Años.

3.1.3 Estado actual de Operación de las Máquinas

3.1.3.1 Inspección de la instalación y operación de las Máquinas

En el análisis de la situación actual de las máquinas a Julio de 2011, se procedió a evaluarlas en base a criterios superficiales que no requieren de un diagnóstico técnico especializado, por lo que se ha planteado la Tabla 3.4 Ponderación de condiciones externas dadas por inspección.

La escala para la ponderación se detalla en la siguiente tabla:

Malo	0-3
Regular	4-6
Bueno	7-9
Excelente	10

Para una descripción más detallada de las condiciones de las máquinas, se recomienda revisar el ítem 3.2.4 “Evaluación de la condición de estado de las máquinas a Julio de 2011”, donde se evalúan los sistemas, subsistemas y elementos que conforman cada una de las máquinas.

Tabla 3.4 Ponderación de condiciones externas dadas por inspección

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	Defectos superficiales	Señalización Órganos de accionamiento	Ajuste en las tapas de revisión	Sujeción de la carcasa	Sistema Eléctrico	Sistema Hidráulico	Promedio	Puntuación
MH-01	Fresadora Horizontal Harrison 600	8	7	6	8	8	N/A	7,40	Bueno
MH-02	Fresadora Vertical Universal XZ6350C	9	9	9	9	9	N/A	9,00	Bueno
MH-03	Fresadora Vertical Bridgeport	7	7	6	8	8	N/A	7,20	Bueno
MH-04	Rectificadora de Sup. Planas Jones Shipman 1400	8	8	7	8	8	6	7,50	Bueno
MH-05	Rectificadora de Sup. Cilíndricas Jones Shipman 1300	8	8	7	8	7	6	7,33	Bueno

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	Defectos superficiales	Señalización Órganos de accionamiento	Ajuste en las tapas de revisión	Sujeción de la carcasa	Sistema Eléctrico	Sistema Hidráulico	Promedio	Puntuación
MH-06	Torno Paralelo #1 Harrison 600	7	7	7	7	7	N/A	7,00	Bueno
MH-07	Torno Paralelo #2 Harrison 600	7	7	7	7	7	N/A	7,00	Bueno
MH-08	Torno Paralelo #3 Harrison 600	7	7	7	7	7	N/A	7,00	Bueno
MH-09	Torno Paralelo #4 Harrison 600	7	7	7	7	7	N/A	7,00	Bueno
MH-10	Torno Paralelo #5 Harrison 600	7	7	7	7	7	N/A	7,00	Bueno
MH-11	Torno Paralelo #6 PBL 360 BX1000	8	9	8	9	9	N/A	8,60	Bueno
MH-12	Torno Paralelo #7 PBL 360 BX1000	8	9	8	9	9	N/A	8,60	Bueno
MH-13	Torno Revolver Ward	7	6	7	7	6	N/A	6,60	Bueno
MH-14	Mandrinadora Horizontal	7	6	7	7	7	N/A	6,80	Bueno
MH-15	Sierra de Metal de dos velocidades	6	5	5	6	6	N/A	5,60	Regular
MH-16	Dobladora manual universal Edwards 600	8	7	NA	8	NA	NA	7,50	Bueno
MH-17	Guillotina para acero Edwards 600	6	6	5	6	2	N/A	5,00	Regular
MH-18	Limadora Caladora Vertical	8	7	7	7	7	N/A	7,20	Bueno
MH-19	Prensa de 60 Ton.	7	7	8	8	7	7	7,33	Bueno
MH-20	Prensa de 40 Ton.	7	7	N/A	N/A	N/A	6	6,66	Bueno
MH-21	Equipo de soldadura TRANSARC	8	8	8	8	8	N/A	8,00	Bueno
MH-22	Soldadora Multiprocesos POWCON	8	8	8	8	8	N/A	8,00	Bueno
MH-23	Soldadora MIG Millermatic 300	8	9	8	9	9	N/A	8,6	Bueno
MH-24	Soldadora MIG Millermatic 252	8	9	9	9	10	N/A	9	Bueno
MH-25	Soldadora Sincrowave TIG 250	8	9	8	9	9	N/A	8,6	Bueno
MH-26	Soldadora Sincrowave TIG 200	8	9	8	9	9	N/A	8,6	Bueno
MH-27	Soldadora Lincoln Precision TIG 225	10	9	9	9	10	N/A	9,4	Bueno
MH-28	Soldadora de Punto Cebora	5	7	5	5	7	N/A	5,8	Regular
MH-29	Cortadora por Plasma Hypertherm	8	9	8	9	9	N/A	8,6	Bueno

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	Defectos superficiales	Señalización Órganos de accionamiento	Ajuste en las tapas de revisión	Sujeción de la carcasa	Sistema Eléctrico	Sistema Hidráulico	Promedio	Puntuación
MH-30	Soldadura AC Hobart	7	5	8	7	7	N/A	6,8	Bueno
MH-31	Soldadora AC-DC 250 Amp Welder	8	9	8	8	8	N/A	8,2	Bueno
MH-32	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #1	9	9	NA	NA	NA	N/A	9	Bueno
MH-33	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #2	9	9	NA	NA	NA	N/A	9	Bueno
MH-34	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #3	9	9	NA	NA	NA	N/A	9	Bueno
MH-35	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #4	9	9	NA	NA	NA	N/A	9	Bueno
MH-36	Taladro de Banco Fobco	7	6	8	8	7	N/A	7,2	Bueno
MH-37	Taladro Fresador PDM- 45	8	8	9	9	10	N/A	8,8	Bueno
MH-38	Taladro de Pedestal Rong-Long	9	8	9	8	10	N/A	8,8	Bueno
MH-39	Taladro de Pedestal Viceroy	8	7	7	7	8	N/A	7,4	Bueno
MH-40	Esmeril doble piedra Viceroy	7	7	8	8	8	N/A	7,6	Bueno
MH-41	Compresor 3HP Coleman	9	8	8	8	10	N/A	8,6	Bueno
MH-42	Guillotina Manual Niagara	9	8	9	8	9	N/A	8,6	Bueno
MH-43	Esmeril doble piedra Toyhan	7	7	8	8	8	N/A	7,6	Bueno
MH-44	Carro Multipropósito Para Soldadura Y Corte Por Plasma BUG-O GO-FER III-WD	9	9	9	9	10	N/A	9,2	Bueno
MH-45	Dobladora manual de tubos Record 218M	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

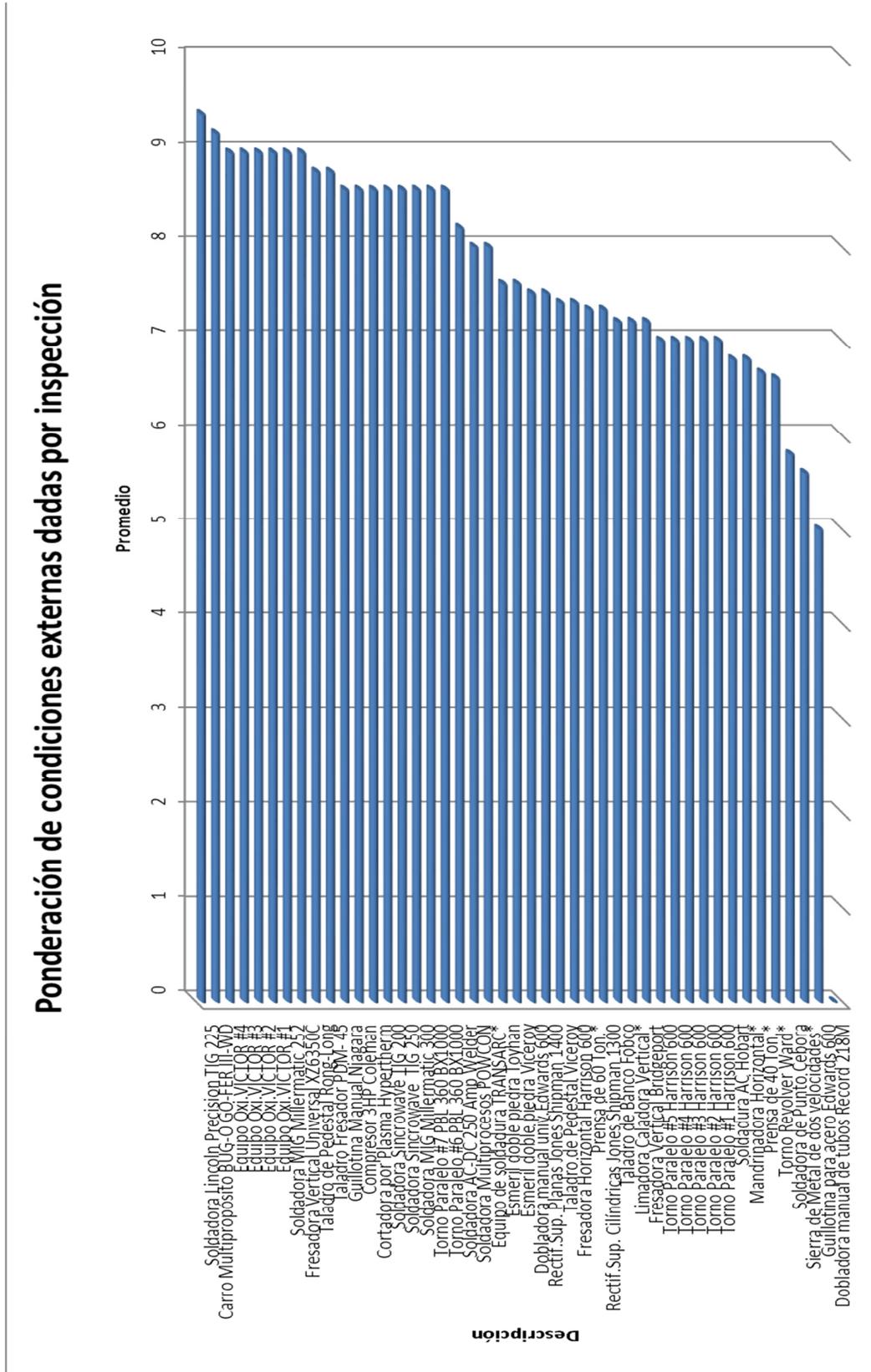


Figura 3.3 Jerarquización de máquinas con base en la Ponderación de condiciones externas dadas por inspección

3.1.4 Servicios que presta el laboratorio

3.1.4.1 Servicios académicos

Se ven representadas todas las necesidades de los clientes, las cuales irán acompañadas del correspondiente apoyo académico, de instrumentos y materiales como por ejemplo:

- Bases académicas
- Guías de práctica,
- Explicaciones previas a las prácticas
- Equipos.
- Instrumentos de medición
- Materiales y suministros para la elaboración de las distintas prácticas como: aceros, hierro, combustibles, refrigerantes, etc.

Los proveedores están compuestos por las entidades descritas a continuación:

- Instituciones que proporcionen normas e información relacionada con las secciones de maquinado, trabajo en prensa y soldadura: por ejemplo el INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización).
- Entidades dentro de la ESPE: por ejemplo otros laboratorios.
- En el caso que fuera necesario, los clientes son proveedores del material que necesiten.
- Empresas que fabrican o distribuyen equipos y/o instrumentos aplicables al área de manufactura.

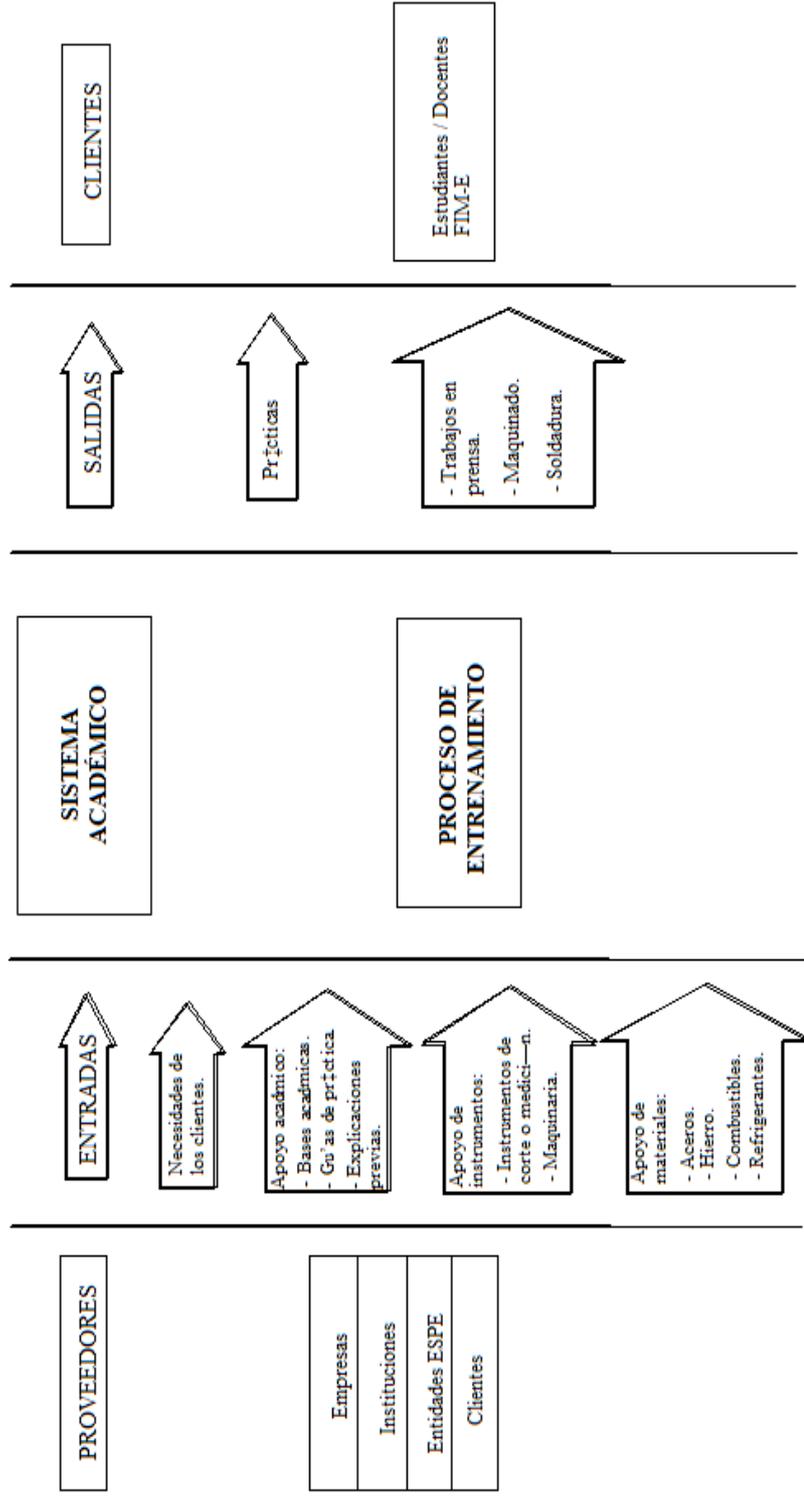


Figura 3.4 Diagrama de Caracterización del Sistema Académico CIME14

¹⁴MOROCHZ, M y SALVADOR, J. Documentación del sistema de calidad para el laboratorio de máquinas herramientas de la E.S.P.E. normas NTE INEN ISO 9001:96 GPE INEN-ISO/IEC 25 95. Tesis Ing. Mec. Sangolquí. ESPE. Facultad de Ingeniería Mecánica. 1999. 14 p

3.1.4.2 Servicios de Apoyo

Son todos aquellos interesados en la investigación, este proceso contribuye con el apoyo práctico para la ejecución de proyectos de iniciación científica hacia:

- Alumnos
- Investigadores
- Estudiantes que realizan sus proyectos de grado
- Entidades internas como: talleres, facultades y entidades externas a la ESPE como pueden ser, otras universidades.

En cuanto a proyectos de iniciación científica, el Laboratorio ofrece sus servicios para dar soporte en las áreas de:

- Maquinado mediante arranque de viruta, soldadura y conformado.
- Técnicas de montaje, ajustaje y verificación.
- Diseño y fabricación de elementos de máquina.

Entradas.-

- Necesidades y pedidos de los “clientes”.
- Recursos para la producción.

Proveedores.-

- Son los mismos que se enunciaron para el proceso académico.

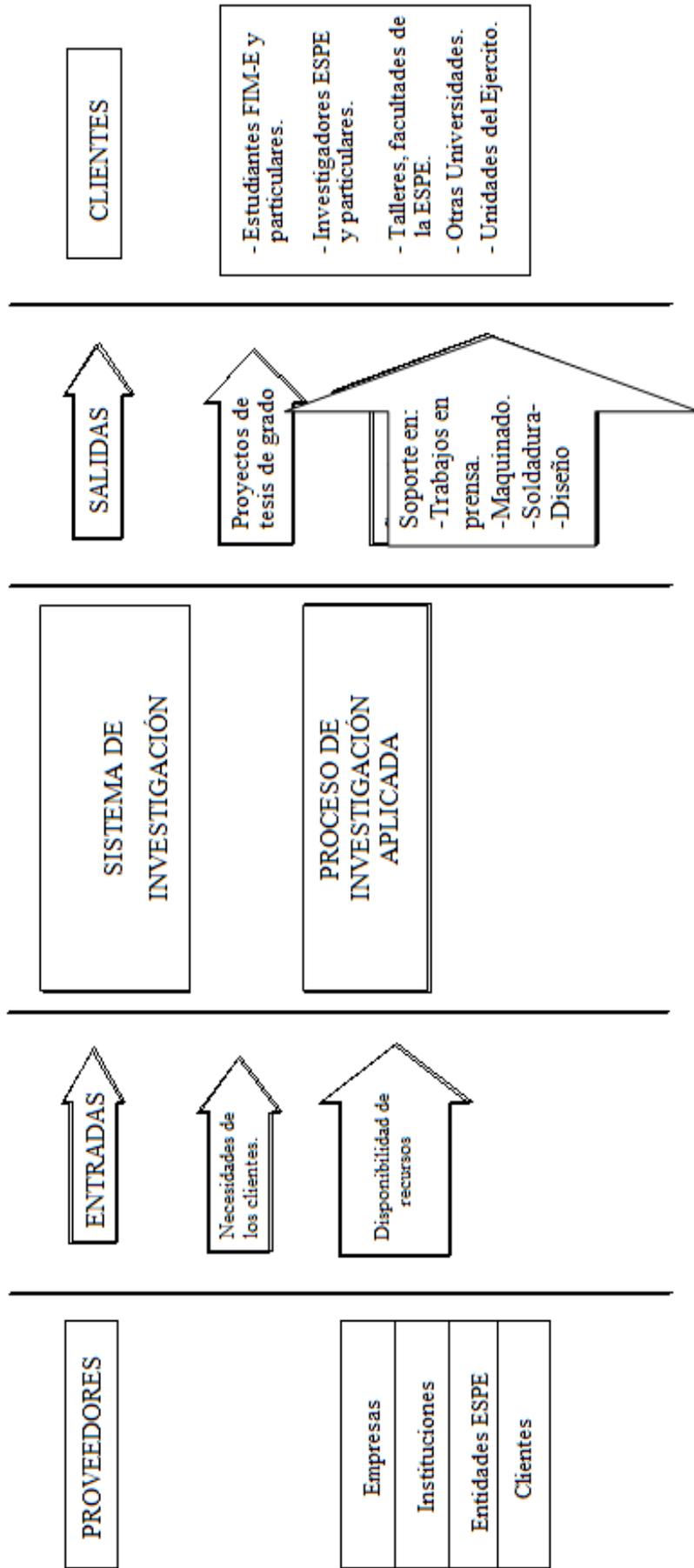


Figura 3.5 Diagrama de Caracterización del Sistema de Investigación CIME¹⁵

¹⁵MOROCHZ, M y SALVADOR, J. Documentación del sistema de calidad para el laboratorio de máquinas herramientas de la E.S.P.E. normas NTE INEN ISO 9001:96 GPE INEN-ISO/IEC 25 95. Tesis Ing. Mec. Sangolquí. ESPE. Facultad de Ingeniería Mecánica. 1999. 16 p

3.1.4.3 Servicios externos

Son los servicios que se prestan a personas naturales o jurídicas externas a la ESPE, por ejemplo se encuentran:

- Empresas del sector industrial
- Empresas del sector metal-mecánico
- Otras universidades
- Unidades del Ejército
- Profesionales, etc.

Como salida de este servicio prestado se encuentran:

- Ensayos
- Informes Técnicos
- Auditorias.
- Capacitación y entrenamiento en:
 - Maquinado con Máquinas Herramienta.
 - Sobre técnicas de ajustaje.
 - En procesos de soldadura:
 - Con electrodo revestido SMAW,
 - Con protección gaseosa GMAW y GTAW.
 - Oxiacetilénica y oxicorte.
 - Soldabilidad de materiales (aceros, aluminio, hierro fundido, acero inoxidable)
- Asesoría técnica en:
 - Diseño y reacondicionamiento de máquinas, dispositivos y elementos mecánicos.
 - Selección de materiales y equipos para el sector industrial.

- Optimización de procesos de manufactura con arranque de viruta y/o soldadura.
- Evaluación de equipos industriales.

- Otros trabajos:

- Construcción de probetas para ensayos mecánicos.
- Construcción de piezas y elementos de máquinas.
- Construcción de máquinas mecánicas de tamaño medio.
- Rectificado plano de cuchillas de corte.
- Construcciones metalmecánicas de tipo general.
- Trabajos de prensa.

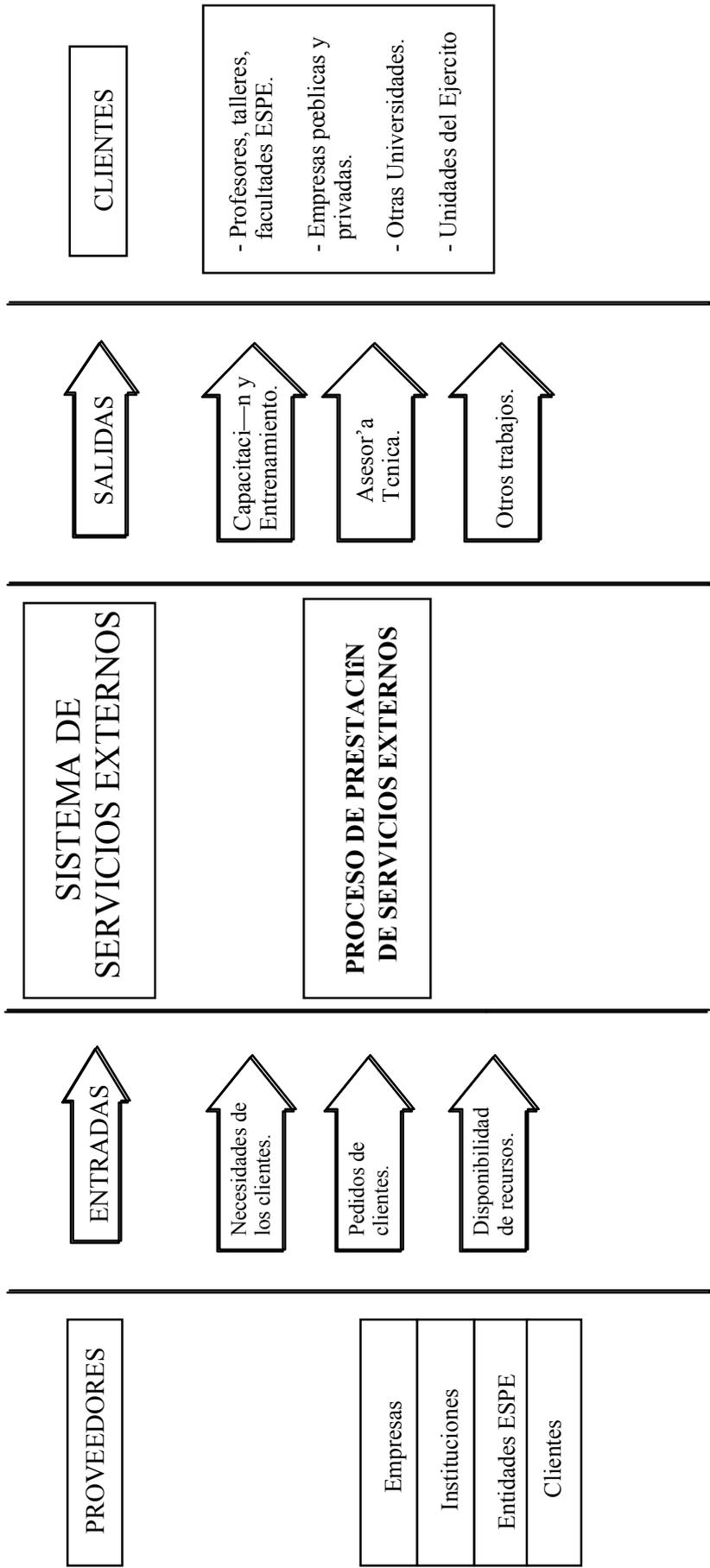


Figura 3.6 Diagrama de Caracterización del Sistema de Servicios Externos CIME¹⁶

¹⁶MOROCHZ, M y SALVADOR, J. Documentación del sistema de calidad para el laboratorio de máquinas herramientas de la E.S.P.E. normas NTE INEN ISO 9001:96 GPE INEN-ISO/IEC 25 95. Tesis Ing. Mec. Sangolquí. ESPE. Facultad de Ingeniería Mecánica. 1999. 20 p

3.1.5 Análisis y valoración del personal del Laboratorio

3.1.5.1 Personal Directivo

Ing. Patricio Riofrío – Jefe de Laboratorio:

Educación y experiencia relevantes para el cargo:

- Ingeniero Mecánico. Escuela Politécnica Nacional.
- Jefe de Mantenimiento y Coordinador de proyectos. Florícola Hilsea Investments. 1 año. 2000
- Jefe de Producción y Mantenimiento. Plumavit y Plumifón. 2 años. 1996-1998
- Curso de Mantenimiento Productivo Total. CIMEPI. 20 horas.
- Curso de Project. ESPE. 30 horas.

Funciones:

- Revisar libros de vida de equipos.
- Analizar y proponer criterios de mejoras en las anomalías de funcionamiento de los equipos.
- Realizar el plan anual de mantenimiento preventivo.
- Verificar la correcta ejecución del plan de mantenimiento correctivo.
- Elaborar una lista anual de materiales básicos para el mantenimiento.
- Gestionar la contratación deservicios externos para el mantenimiento de IV y V escalón.
- Elaborar la programación final para la ejecución del mantenimiento preventivo en el laboratorio.
- Emitir reportes técnicos y administrativos.

Perfil para el cargo:

- Grandes dotes de Líder
- Buena capacidad de comunicación verbal y escrita.
- Probada trayectoria profesional en Mantenimiento.
- Disponibilidad de tiempo.
- Capacidad para resolver problemas.

- Lógico, metódico y ordenado.

Valoración:

El análisis realizado del perfil deseado para el cargo, experiencia laboral y educación del Jefe de Laboratorio, se concluye que el Ing. Patricio Riofrío es idóneo para el cargo que ocupa.

3.1.5.2 Personal Operativo

Tnlg. Roberty Velasco – Laboratorista.

Funciones:

- Revisar y actualizar libros de vida de equipos.
- Solventar las novedades de funcionamiento de los equipos.
- Ejecutar el plan de mantenimiento preventivo.
- Ejecutar y dar seguimiento al mantenimiento correctivo.
- Registrar actividades de mantenimiento en las bitácoras periódicamente.
- Asistencia técnica en la preparación, ejecución y control de los procedimientos en la realización de las prácticas programadas y complementarias.
- Consultoría técnica especializada a los estudiantes en la operación de equipos y máquinas del laboratorio.
- Asistencia y ejecución en actividades de vinculación e investigación.
- Asistencia técnica a estudiantes para la ejecución de proyectos de graduación.
- Seguimiento de trámites administrativos para el fortalecimiento del laboratorio y del departamento.

Perfil para el cargo:

- Conocimiento en áreas de Electromecánica, Soldadura y Máquinas Herramientas.
- Probada experiencia en el campo del mantenimiento, (mínimo 5 años).
- Buena capacidad de respuesta para trabajo bajo presión.
- Altamente responsable en el cumplimiento de sus funciones.

- Comprometido con las tareas encomendadas.
- Disponibilidad de tiempo para cumplir con las tareas relacionadas al mantenimiento.
- Gran capacidad para trabajar en equipo.
- Excelentes valores éticos y morales.
- Versatilidad para el cambio de funciones.

Valoración:

En el análisis realizado del perfil para el cargo, experiencia laboral y educación del Sr. Laboratorista, se concluye que el Tnlg. Roberty Velasco es idóneo para el trabajo que ocupa, debido a sus más de 30 años en el Laboratorio ocupando el mismo cargo y a su amplio conocimiento de las máquinas disponibles.

Como observación del análisis de disponibilidad de tiempo que se necesita en el mantenimiento, el Sr. Laboratorista no cumple con lo indicado en el perfil para el cargo. Esto se debe a que el Sr. Laboratorista también es el encargado de dar asistencia a la docencia durante las prácticas de Laboratorio, lo cuál deja un déficit en las horas necesarias para la ejecución del mantenimiento. Se puede cotejar esta conclusión en el análisis cuantitativo detallado en el apartado 7.2.4 “Personal necesario para la ejecución del mantenimiento”.

3.1.5.3 Personal de Apoyo

Sr. Nelson Cárdenas – Encargado de Bodega de Herramientas y Materiales.

Funciones:

- Entrega/ Recepción de herramientas.
- Elaboración de Kárdex del laboratorio.
- Comunicar cualquier novedad al jefe del laboratorio.

Perfil para el cargo:

- Gran capacidad para trabajar en equipo.
- Excelentes valores éticos y morales.
- Versatilidad para el cambio de funciones.

3.1.5.4 Personal Ambulatorio

Referente al personal que hace uso de las máquinas del laboratorio para el fortalecimiento de los conocimientos teóricos con los prácticos, de manera que inciden directamente en el desgaste de los equipos. Es importante conocer el número de docentes que tienen a su cargo el desarrollo de las prácticas en las instalaciones del laboratorio, para establecerla trazabilidad en la filosofía de mantenimiento que cada ingeniero dedique antes de utilizar la maquinaria.

Docentes Laboratoristas:

- Ing. Carlos Naranjo – Soldadura I, Soldadura II
- Ing. Patricio Riofrío – Soldadura I
- Ing. Juan Boada – Soldadura
- Ing. Boris Culqui – Procesos de Manufactura I
- Ing. Edwin Ocaña - Procesos de Manufactura I
- Ing. Melton Tapia - Procesos de Manufactura I
- Ing. Santiago Castellanos - Procesos de Manufactura I
- Ing. Pablo Figueroa - Procesos de Manufactura I

3.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO

3.2.1 Verificación de documentación existente

Se refiere a la documentación que posee el Laboratorio al momento; para lo cual se propone una lista de documentos a cumplir, que servirán como base en la elaboración de documentos para el control del mantenimiento.

Tabla 3.5 Verificación de documentación existente.

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	BITÁCORA – LIBRO DE VIDA						
		FICHA DE MÁQUINA	ACCESORIOS	REPUESTOS	MANTENIMIENTO	FUNCIONAMIENTO	DAÑOS	VERIFICACIÓN METROLÓGICA
MH-01	Fresadora Horizontal Harrison 600	✓	X	X	✓	X	X	X
MH-02	Fresadora Vertical Universal XZ6350C	X	✓	X	✓	✓	X	X
MH-03	Fresadora Vertical Bridgeport	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MH-04	Rectificadora de Sup. Planas Jones Shipman 1400	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-05	Rectificadora de Sup. Cilíndricas Jones Shipman 1300	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-06	Torno Paralelo #1 Harrison 600	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MH-07	Torno Paralelo #2 Harrison 600	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-08	Torno Paralelo #3 Harrison 600	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-09	Torno Paralelo #4 Harrison 600	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-10	Torno Paralelo #5 Harrison 600	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-11	Torno Paralelo #6 PBL 360 BX1000	X	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-12	Torno Paralelo #7 PBL 360 BX1000	X	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-13	Torno Revolver Ward	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-14	Mandrinadora Horizontal	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-15	Sierra de Metal de dos velocidades	X	X	X	X	X	X	X
MH-16	Dobladora manual universal Edwards	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-17	Guillotina para acero Edwards 600	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-18	Limadora Caladora Vertical	X	X	X	✓	X	X	X
MH-19	Prensa de 60 Ton.	✓	X	X	✓	✓	✓	X
MH-20	Prensa de 40 Ton.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-21	Equipo de soldadura TRANSARC	X	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-22	Soldadora Multiprocesos POWCON	✓	✓	✓	✓	✓	X	X
MH-23	Soldadora MIG Millermatic 300	✓	X	X	✓	✓	X	X
MH-24	Soldadora MIG Millermatic 252	X	X	X	X	X	X	X
MH-25	Soldadora Sincrowave TIG 250	X	X	X	✓	✓	X	X
MH-26	Soldadora Sincrowave TIG 200	X	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-27	Soldadora Lincoln Precision TIG 225	X	X	X	X	X	X	X
MH-28	Soldadora de Punto Cebora	✓	✓	✓	✓	✓	X	X

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	BITÁCORA – LIBRO DE VIDA						
		FICHA DE MÁQUINA	ACCESORIOS	REPUESTOS	MANTENIMIENTO	FUNCIONAMIENTO	DAÑOS	VERIFICACIÓN MET ROLÓGICA
MH-29	Cortadora por Plasma Hypertherm	✓	✓	X	✓	✓	✓	X
MH-30	Soldadura AC Hobart	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-31	Soldadora AC-DC 250 Amp Welder	X	X	X	X	X	X	X
MH-32	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #1	X	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-33	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #2	X	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-34	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #3	X	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-35	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #4	X	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-36	Taladro de Banco Fobco	X	X	X	X	X	X	X
MH-37	Taladro Fresador PDM- 45	X	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-38	Taladro de Pedestal Rong-Long	X	✓	✓	✓	✓	✓	X
MH-39	Taladro de Pedestal Viceroy	X	X	X	X	X	X	X
MH-40	Esmeril doble piedra Viceroy	X	X	X	X	X	X	X
MH-41	Compresor 3HP Coleman	X	X	X	X	X	X	X
MH-42	Guillotina Manual Niagara	X	X	X	X	X	X	X
MH-43	Esmeril doble piedra Toyhan	X	X	X	X	X	X	X
MH-44	Carro Multipropósito Para Soldadura Y Corte Por Plasma BUG-O GO-FER III- WD	X	X	X	X	X	X	X
MH-45	Dobladora manual de tubos Record 218M	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

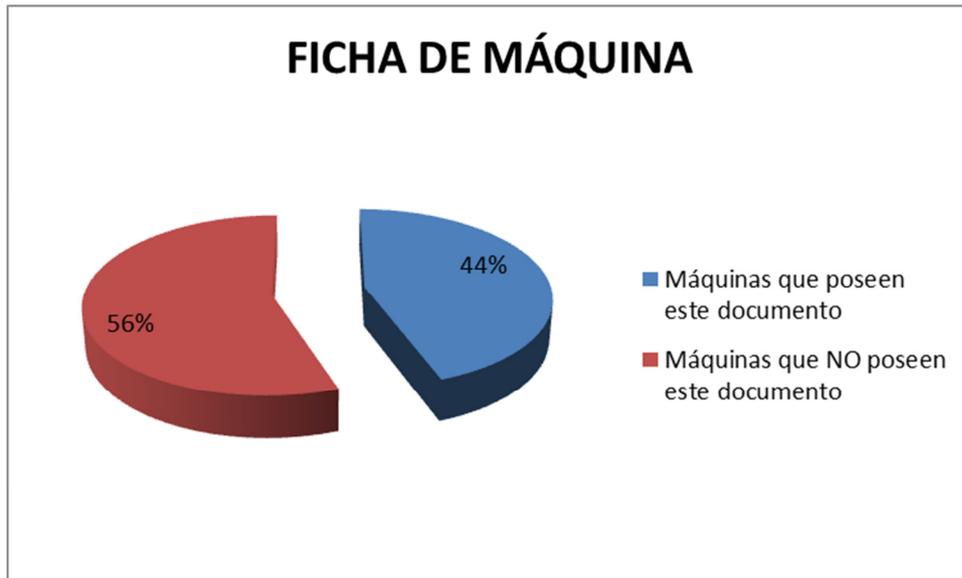


Figura 3.7 Nivel de Documentación referente a “Ficha de Máquina”



Figura 3.8 Nivel de Documentación referente a “Libro de Accesorios”



Figura 3.9 Nivel de Documentación referente a “Libro de Repuestos”



Figura 3.10 Nivel de Documentación referente a “Libro de Mantenimiento”



Figura 3.11 Nivel de Documentación referente a “Libro de Funcionamiento”



Figura 3.12 Nivel de Documentación referente a “Libro de Daños”



Figura 3.13 Nivel de Documentación referente a “Libro de Verificaciones metroológicas”

3.2.2 Categorización de las máquinas y equipos

Resulta indispensable categorizar la maquinaria y equipo del Laboratorio de Procesos de Manufactura, para establecer el tipo de mantenimiento preponderante a ejecutarse, dependiendo de los siguientes criterios: utilización, nivel de operación, conservabilidad, mantenibilidad, intercambiabilidad, régimen de operación, entre otros, resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 3.6 Criterios para la categorización de máquinas

PARÁMETROS DE VALORACIÓN	CONCEPTO	CATEGORÍAS		
		A	B	C
Intercambiabilidad	Que una máquina pueda ser sustituida por otra	Irreemplazable	Reemplazable por una o dos máquinas	Reemplazable por cualquier máquina
Nivel de utilización	Manera en que la máquina forma parte del proceso productivo	Producción continua	Producción en serie	Producción alterna
Régimen de operación	Tiempo y frecuencia en que las máquinas son utilizadas en la jornada de trabajo.	Utilización 90-100%	Utilización <90%	Poco utilizadas
Parámetros característicos	Garantiza la cantidad y calidad de productos	Mayor valor	Valor medio	Menor valor
Mantenibilidad	Facilidad, rapidez, precisión que una acción de mantenimiento puede ser ejecutada.	Poca	Media	Alta
Conservabilidad	Sensibilidad de la resistencia a las condiciones atmosféricas	Condiciones especiales	Condiciones normales	Condiciones severas
Grado de automatización	Grados de libertad en las que se puede trabajar sin la acción del operador.	Muy automatizado	Automatizado	Manual
Valor residual de la máquina	Valor remanente al momento de evaluar, considera la depreciación	Mayor	Medio	Menor
Seguridad operacional	Riesgo que la máquina puede causar sobre el hombre	Muy peligroso	Medianamente peligroso	Poco peligroso

PARÁMETROS DE VALORACIÓN	CONCEPTO	CATEGORÍAS		
		A	B	C
Condiciones de explotación	Condiciones en que se explota	Condiciones severas	Condiciones normales	Condiciones favorables
Afección del medio ambiente	Daños que pueden causar al medio ambiente la operación sobre posible falla.	Crean afectaciones severas	Afectan de cualquier manera en caso de fallo	No afectan en ningún momento
Facilidad de aprovisionamiento	Garantía de obtener repuestos estándar y suministros	Dificultades serias	Asegurado algunos rubros	Sin dificultades

Fuente: GUERRA, M. SEGURA, L. Diseño e implementación de un plan integral de mantenimiento y seguridad industrial para el taller de estructuras metálicas de la FMSB “Santa Bárbara” S.A. Tesis Ing. Mec. Sangolquí. ESPE. Facultad de Ingeniería Mecánica 2006. 80 p.

Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

Tabla 3.7 Categorización de la maquinaria y equipo según tipo de mantenimiento a ejecutarse (Continuación).

PARÁMETROS DE VALORACIÓN	MH - 11			MH - 12			MH - 13			MH - 14			MH - 15			MH - 16			MH - 17			MH - 18			MH - 19			MH - 20					
	Torno PBL 360 Paralelo #6 BX1000			Torno PBL 360 Paralelo #7 BX1000			Torno Revolver Ward			Mandrilladora Horizontal			Sierra de dos velocidades			Dobladora manual universal Edwards 600			Guillotina para acero Edwards 600			Limadora Vertical			Prensa de 60 Ton.			Prensa de 40 Ton.					
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
Intercambiabilidad		X			X		X			X						X									X								
Nivel de utilización		X			X				X			X		X																			
Régimen de operación		X			X				X			X																					
Parámetros característicos		X			X				X			X																					
Mantenibilidad		X			X				X			X																					
Conservabilidad		X			X				X			X																					
Grado de automatización			X			X			X			X																					
Valor residual de la máquina		X			X				X			X																					
Facilidad de aprovisionamiento			X			X			X			X																					
Seguridad operacional		X				X			X			X																					
Condiciones de explotación			X			X			X			X																					
Afección del medio ambiente			X			X			X			X																					
SUMATORIA	0	8	4	0	8	4	2	3	7	2	3	7	2	5	5	1	6	5	2	3	7	3	2	7	1	5	6	0	7	5			
CATEGORIA	B			B			C			C			B			C			C			C			B			B					

Tabla 3.7 Categorización de la maquinaria y equipo según tipo de mantenimiento a ejecutarse (Continuación).

PARÁMETROS DE VALORACIÓN	MH - 21			MH - 22			MH - 23			MH - 24			MH - 25			MH - 26			MH - 27			MH - 28			MH - 29			MH - 30								
	Equipo de soldadura TRANSARC			Soldadora Multi-proceso POW/CON			Soldadora MIG Millermatic 300			Soldadora MIG Millermatic 252			Soldadora Sincrowave TIG 250			Soldadora Sincrowave TIG 200			Soldadora Lincoln Precision TIG 225			Soldadora de Punto Cebora			Cortadora por Plasma Hypertherm			Soldadura AC Hobart								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
Intercambiabilidad		X			X			X		X			X			X			X			X			X			X			X			X		
Nivel de utilización			X	X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
Régimen de operación		X		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
Parámetros característicos			X	X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
Mantenibilidad		X		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
Conservabilidad		X		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
Grado de automatización			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			
Valor residual de la máquina			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			
Facilidad de aprovisionamiento	X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
Seguridad operacional		X		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
Condiciones de explotación			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			
Afección del medio ambiente	X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
SUMATORIA	2	5	5	1	9	2	1	10	1	1	10	1	1	10	1	1	10	1	1	10	1	1	10	1	1	10	1	3	5	4	3	8	1	3	3	6
CATEGORIA			C	B			B			B			B			B			B			B			B			B			C					

Tabla 3.7 Categorización de la maquinaria y equipo según tipo de mantenimiento a ejecutarse (Continuación).

PARÁMETROS DE VALORACIÓN	Soldadora AC-DC 250			MH - 31			MH - 32			MH - 33			MH - 34			MH - 35			MH - 36			MH - 37			MH - 38			MH - 39			MH - 40		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	1	9	2	1	7	4	1	5	6	1	5	6	1	5	6	1	5	6	0	6	6	1	7	4	0	8	4	0	8	4	0	7	5
Intercambiabilidad		X				X			X	X					X			X		X		X										X	
Nivel de utilización		X			X				X	X					X			X		X			X			X			X			X	
Régimen de operación		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X	
Parámetros característicos		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X	
Mantenibilidad		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X	
Conservabilidad		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X	
Grado de automatización			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X
Valor residual de la máquina		X				X			X			X			X			X			X			X			X			X			X
Facilidad de aprovisionamiento		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X	
Seguridad operacional		X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X	
Condiciones de explotación			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X
Afección del medio ambiente	X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X		
SUMATORIA	1	9	2	1	7	4	1	5	6	1	5	6	1	5	6	1	5	6	0	6	6	1	7	4	0	8	4	0	8	4	0	7	5
CATEGORIA	B			B			C			C			C			C			C			B			B			B			B		

Tabla 3.7 Categorización de la maquinaria y equipo según tipo de mantenimiento a ejecutarse (Continuación).

PARÁMETROS DE VALORACIÓN	Compresor 3HP Coleman			Guillotina Manual Niagara			Esmeril doble Toyhan			Carro Multipropósito BUG-O GO-FER III-WD			Dobladora manual de tubos Record 218M		
	MH - 41			MH - 42			MH - 43			MH - 44			MH - 45		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Intercambiabilidad		X			X			X			X			X	
Nivel de utilización			X		X			X			X			X	
Régimen de operación			X		X			X			X			X	
Parámetros característicos		X				X			X						X
Mantenibilidad		X				X			X						X
Conservabilidad		X				X			X						X
Grado de automatización			X			X					X				X
Valor residual de la máquina		X				X					X				X
Facilidad de aprovisionamiento		X				X					X				X
Seguridad operacional			X			X					X				X
Condiciones de explotación			X			X						X			X
Afección del medio ambiente		X				X						X			X
SUMATORIA	0	7	5	0	8	4	0	7	5	4	6	2	0	5	7
CATEGORÍA	B			B			B			B			C		

Los resultados de la categorización se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 3.8 Resultados de Categorización y Recomendaciones.

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	CATEGORIA			RESULTADOS	RECOMENDACIONES
		A- PREDICTIVO	B- PREVENTIVO	C-CORRECTIVO		
MH-01	Fresadora Horizontal Harrison 600	1	7	4	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es importante. El mantenimiento predictivo es casi nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-02	Fresadora Vertical Universal XZ6350C	0	7	5	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es importante. El mantenimiento predictivo es nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-03	Fresadora Vertical Bridgeport	1	7	4	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es importante. El mantenimiento predictivo es casi nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-04	Rectificadora de Sup. Planas Jones Shipman 1400	2	5	5	El mantenimiento preventivo y correctivo son iguales. El mantenimiento predictivo es mínimo	Se recomienda ejecutar mantenimiento correctivo. Es aconsejable disminuir la frecuencia de ejecución en la programación del mantenimiento preventivo.
MH-05	Rectificadora de Sup. Cilíndricas Jones Shipman 1300	2	5	5	El mantenimiento preventivo y correctivo son iguales. El mantenimiento predictivo es mínimo	Se recomienda ejecutar mantenimiento correctivo. Es aconsejable disminuir la frecuencia de ejecución en la programación del mantenimiento preventivo.
MH-06	Torno Paralelo #1 Harrison 600	0	9	3	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es mínimo. El mantenimiento predictivo es nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-07	Torno Paralelo #2 Harrison 600	0	9	3	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es mínimo. El mantenimiento predictivo es nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-08	Torno Paralelo #3 Harrison 600	0	9	3	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es mínimo. El mantenimiento predictivo es nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-09	Torno Paralelo #4 Harrison 600	0	9	3	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es mínimo. El mantenimiento predictivo es nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-10	Torno Paralelo #5 Harrison 600	0	9	3	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es mínimo. El mantenimiento predictivo es nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA			RESULTADOS	RECOMENDACIONES
		A- PREDICTIVO	B- PREVENTIVO	C-CORRECTIVO		
MH-11	Torno Paralelo #6 PBL 360 BX1000	0	8	4	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es mínimo. El mantenimiento predictivo es nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-12	Torno Paralelo #7 PBL 360 BX1000	0	8	4	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es mínimo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina.
MH-13	Torno Revolver Ward	2	3	7	Destaca el mantenimiento correctivo El mantenimiento predictivo y preventivo son mínimos	Se recomienda ejecutar mantenimiento correctivo. Por el nivel de ocupación de esta máquina es aconsejable no incluirla en la programación de planes de mantenimiento del laboratorio.
MH-14	Mandrinadora Horizontal	2	3	7	Destaca el mantenimiento correctivo El mantenimiento predictivo y preventivo son mínimos	Se recomienda ejecutar mantenimiento correctivo. Por el nivel de ocupación de esta máquina es aconsejable no incluirla en la programación de planes de mantenimiento del laboratorio.
MH-15	Sierra de Metal de dos velocidades	2	5	5	El mantenimiento preventivo y correctivo son iguales. El mantenimiento predictivo es mínimo	Se recomienda ejecutar mantenimiento preventivo. Es aconsejable cambiar la frecuencia de ejecución en la programación del mantenimiento preventivo, es la única máquina de su tipo, y su papel es importante en la ejecución de las practicas, se recomienda al Laboratorio la adquisición de una nueva
MH-16	Dobladora manual universal Edwards 600	1	6	5	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es importante. El mantenimiento predictivo es casi nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-17	Guillotina para acero Edwards 600	2	3	7	Destaca el mantenimiento correctivo. El mantenimiento preventivo es importante. El mantenimiento predictivo es casi nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento correctivo, mediante la contratación directa de una empresa especializada en mantenimiento de quinto escalón.
MH-18	Limadora Caladora Vertical	3	2	7	Destaca el mantenimiento correctivo El mantenimiento predictivo y preventivo son mínimos	Se recomienda ejecutar mantenimiento correctivo. Por el nivel de ocupación de esta máquina es aconsejable no incluirla en la programación de planes de mantenimiento del laboratorio.
MH-19	Prensa de 60 Ton.	1	5	6	Destaca el mantenimiento correctivo El mantenimiento predictivo es importante. El mantenimiento predictivo es casi nulo.	Se recomienda ejecutar mantenimiento correctivo. Es aconsejable disminuir la frecuencia de ejecución en la programación del mantenimiento preventivo.

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA			RESULTADOS	RECOMENDACIONES
		A- PREDICTIVO	B- PREVENTIVO	C-CORRECTIVO		
MH-20	Prensa de 40 Ton.	0	7	5	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es importante. El mantenimiento predictivo es nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-21	Equipo de soldadura TRANSARC	2	5	5	El mantenimiento preventivo y correctivo son iguales. El mantenimiento predictivo es mínimo	Se recomienda ejecutar mantenimiento correctivo. Es aconsejable disminuir la frecuencia de ejecución en la programación del mantenimiento preventivo.
MH-22	Soldadora Multiprocesos POWCON	1	9	2	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es importante. El mantenimiento predictivo es casi nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-23	Soldadora MIG Millermatic 300	1	10	1	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo y predictivo son casi nulos.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-24	Soldadora MIG Millermatic 252	1	10	1	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo y predictivo son casi nulos.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-25	Soldadora SincrowaveTIG 250	1	10	1	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo y predictivo son casi nulos.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-26	Soldadora Sincrowave TIG 200	1	10	1	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo y predictivo son casi nulos.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-27	Soldadora Lincoln Precision TIG 225	1	10	1	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo y predictivo son casi nulos.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-28	Soldadora de Punto Cebora	3	5	4	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo y predictivo son importantes.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina. Se sugiere considerar un plan de mantenimiento predictivo para esta máquina, ya que es la única de su tipo y sus repuestos son de difícil adquisición.
MH-29	Cortadora por Plasma Hypertherm	3	8	1	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento predictivo es importante. El mantenimiento correctivo es casi nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-30	Soldadura AC Hobart	3	3	6	Destaca el mantenimiento correctivo El mantenimiento predictivo y preventivo son mínimos	Se recomienda ejecutar mantenimiento correctivo. Por el nivel de ocupación de esta máquina es aconsejable no incluirla en la programación de planes de mantenimiento del laboratorio.

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA			RESULTADOS	RECOMENDACIONES
		A- PREDICTIVO	B- PREVENTIVO	C-CORRECTIVO		
MH-31	Soldadora AC-DC 250	1	9	2	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo y predictivo son casi nulos.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina
MH-32	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #1	1	7	4	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es importante. El mantenimiento predictivo es casi nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina, por lo que es la única de su tipo que se encuentra prestando servicios.
MH-33	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #2	1	5	6	Destaca el mantenimiento correctivo El mantenimiento preventivo es importante El mantenimiento predictivo es casi nulo.	Por el nivel de ocupación de esta máquina es aconsejable no incluirla en la programación de planes de mantenimiento del laboratorio, por lo que la mayoría del tiempo se encuentra en bodega. Se recomienda al laboratorio la adquisición de tanques de Acetileno y Oxígeno, si ameritara el caso.
MH-34	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #3	1	5	6	Destaca el mantenimiento correctivo El mantenimiento preventivo es importante El mantenimiento predictivo es casi nulo.	Se recomienda ejecutar mantenimiento correctivo. Por el nivel de ocupación de esta máquina es aconsejable no incluirla en la programación de planes de mantenimiento del laboratorio, por lo que la mayoría del tiempo se encuentra en bodega. Se recomienda al laboratorio la adquisición de tanques de Acetileno y Oxígeno, si ameritara el caso.
MH-35	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #4	1	5	6	Destaca el mantenimiento correctivo El mantenimiento preventivo es importante El mantenimiento predictivo es casi nulo.	Se recomienda ejecutar mantenimiento correctivo. Por el nivel de ocupación de esta máquina es aconsejable no incluirla en la programación de planes de mantenimiento del laboratorio, por lo que la mayoría del tiempo se encuentra en bodega. Se recomienda al laboratorio la adquisición de tanques de Acetileno y Oxígeno, si ameritara el caso.
MH-36	Taladro de Banco Fobco	0	6	6	El mantenimiento preventivo y correctivo son iguales. El mantenimiento predictivo es nulo.	Se recomienda ejecutar mantenimiento correctivo. Es aconsejable disminuir la frecuencia de ejecución en la programación del mantenimiento preventivo.
MH-37	Taladro Fresador PDM-45	1	7	4	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es importante. El mantenimiento predictivo es casi nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina,
MH-38	Taladro de Pedestal Rong-Long	0	8	4	Destaca el mantenimiento preventivo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA			RESULTADOS	RECOMENDACIONES
		A- PREDICTIVO	B- PREVENTIVO	C-CORRECTIVO		
					El mantenimiento correctivo es importante. El mantenimiento predictivo es nulo.	programado para esta máquina,
MH-39	Taladro de Pedestal Viceroy	0	8	4	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es importante. El mantenimiento predictivo es nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina,
MH-40	Esmeril doble piedra Viceroy	0	7	5	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es importante. El mantenimiento predictivo es nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina,
MH-41	Compresor 3HP Coleman	0	7	5	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es importante. El mantenimiento predictivo es nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina,
MH-42	Guillotina Manual Niagara	0	8	4	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es importante. El mantenimiento predictivo es nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina,
MH-43	Esmeril doble piedra Toyhan	0	7	5	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es importante. El mantenimiento predictivo es nulo.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina.
MH-44	Carro Multipropósito Para Soldadura Y Corte Por Plasma BUG-O GO-FER III-WD	4	6	2	Destaca el mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo es mínimo. El mantenimiento predictivo es importante.	Se recomienda ejecutar un mantenimiento preventivo programado para esta máquina, sin excepción debido al alto índice obtenido en el mantenimiento preventivo.
MH-45	Dobladora manual de tubos Record 218M	0	5	7	Destaca el mantenimiento correctivo El mantenimiento preventivo es importante. El mantenimiento predictivo es nulo	Se recomienda ejecutar mantenimiento correctivo. Por el nivel de ocupación de esta máquina es aconsejable no incluirla en la programación de planes de mantenimiento del laboratorio. Por su complejidad, mejor sería catalogarla como herramienta.

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

Resultados obtenidos:

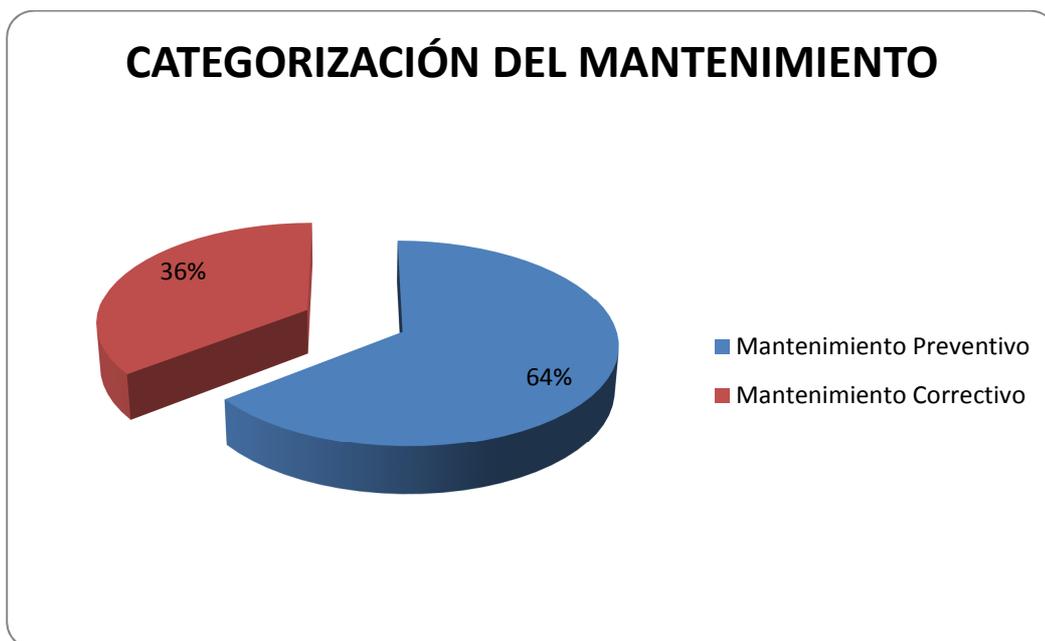


Figura 3.14 Categorización del Mantenimiento.

Nota: En la figura 3.14 se exponen los resultados de las máquinas que requieren mantenimiento preventivo y correctivo, el mantenimiento predictivo no ha sido incluido en la grafica, debido a que sus resultados en el presente estudio han sido prácticamente nulos y no reflejan una tendencia del mantenimiento del laboratorio.

3.2.3 Diagnóstico y valoración del mantenimiento del Laboratorio

Se realizó la inspección del cumplimiento de los tres primeros escalones de mantenimiento destinados a cada máquina, así como también el tipo de documentación que se utilizan para los mismos.

Conforme a los criterios del plan de mantenimiento manejando hasta el momento se establece la fecha a la cual deberían estar actualizados los documentos al mes de Marzo de 2011, la siguiente tabla contiene información sobre el tipo de formato en el que se registra la información, ya sea de forma física o magnética, y si se encuentra actualizada.

Tabla 3.9 Ponderación según existencia de mantenimiento.

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	EXISTENCIA DE DOCUMENTACIÓN REFERENTE AL MANTENIMIENTO			
		ACTUALIZADA		FORMATO	
		SI	NO	PAPEL	ELECTRÓNICA
MH-01	Fresadora Horizontal Harrison 600	✓		✓	✓
MH-02	Fresadora Vertical Universal XZ6350C	✓		✓	✓
MH-03	Fresadora Vertical Bridgeport		✓	✓	✓
MH-04	Rectificadora de Sup. Planas Jones Shipman 1400		✓	✓	✓
MH-05	Rectificadora de Sup. Cilíndricas Jones Shipman 1300		✓	✓	✓
MH-06	Torno Paralelo #1 Harrison 600	✓		✓	✓
MH-07	Torno Paralelo #2 Harrison 600	✓		✓	✓
MH-08	Torno Paralelo #3 Harrison 600	✓		✓	✓

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	EXISTENCIA DE DOCUMENTACIÓN REFERENTE AL MANTENIMIENTO			
		ACTUALIZADA		FORMATO	
		SI	NO	PAPEL	ELECTRÓNICA
MH-09	Torno Paralelo #4 Harrison 600	✓		✓	✓
MH-10	Torno Paralelo #5 Harrison 600	✓		✓	✓
MH-11	Torno Paralelo #6 PBL 360 BX1000		✓	✓	✓
MH-12	Torno Paralelo #7 PBL 360 BX1000	✓		✓	✓
MH-13	Torno Revolver Ward		✓	✓	✓
MH-14	Mandrinadora Horizontal		✓	✓	✓
MH-15	Sierra de Metal de dos velocidades		✓	✓	✓
MH-16	Dobladora manual universal Edwards 600		✓	✓	✓
MH-17	Guillotina para acero Edwards 600		✓	✓	✓
MH-18	Limadora Caladora Vertical		✓	✓	✓
MH-19	Prensa de 60 Ton.	✓		✓	✓
MH-20	Prensa de 40 Ton.		✓	✓	✓
MH-21	Equipo de soldadura TRANSARC	✓		✓	✓
MH-22	Soldadora Multiprocesos POWCON		✓	✓	✓
MH-23	Soldadora MIG Millermatic 300		✓	✓	✓
MH-24	Soldadora MIG Millermatic 252		✓	✓	✓
MH-25	Soldadora SincrowaveTIG 250		✓	✓	✓
MH-26	Soldadora Sincrowave TIG 200		✓	✓	✓

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	EXISTENCIA DE DOCUMENTACIÓN REFERENTE AL MANTENIMIENTO			
		ACTUALIZADA		FORMATO	
		SI	NO	PAPEL	ELECTRÓNICA
MH-27	Soldadora Lincoln Precision TIG 225		✓	✓	✓
MH-28	Soldadora de Punto Cebora		✓	✓	✓
MH-29	Cortadora por Plasma Hypertherm		✓	✓	✓
MH-30	Soldadura AC Hobart		✓	✓	✓
MH-31	Soldadora AC-DC 250		✓	✓	✓
MH-32	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #1		✓	✓	✓
MH-33	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #2		✓	✓	✓
MH-34	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #3		✓	✓	✓
MH-35	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #4		✓	✓	✓
MH-36	Taladro de Banco Fobco		✓	✓	✓
MH-37	Taladro Fresador PDM- 45		✓	✓	✓
MH-38	Taladro de Pedestal Rong-Long	✓		✓	✓
MH-39	Taladro de Pedestal Viceroy		✓	✓	✓
MH-40	Esmeril doble piedra Viceroy		✓	✓	✓
MH-41	Compresor 3HP Coleman		✓	✓	✓
MH-42	Guillotina Manual Niagara		✓	✓	✓
MH-43	Esmeril doble piedra Toyhan		✓	✓	✓
MH-44	Carro Multipropósito Para Soldadura Y Corte Por Plasma BUG-O GO-FER III-WD		✓	✓	✓

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	EXISTENCIA DE DOCUMENTACIÓN REFERENTE AL MANTENIMIENTO			
		ACTUALIZADA		FORMATO	
		SI	NO	PAPEL	ELECTRÓNICA
MH-45	Dobladora manual de tubos Record 218M		✓	✓	✓

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

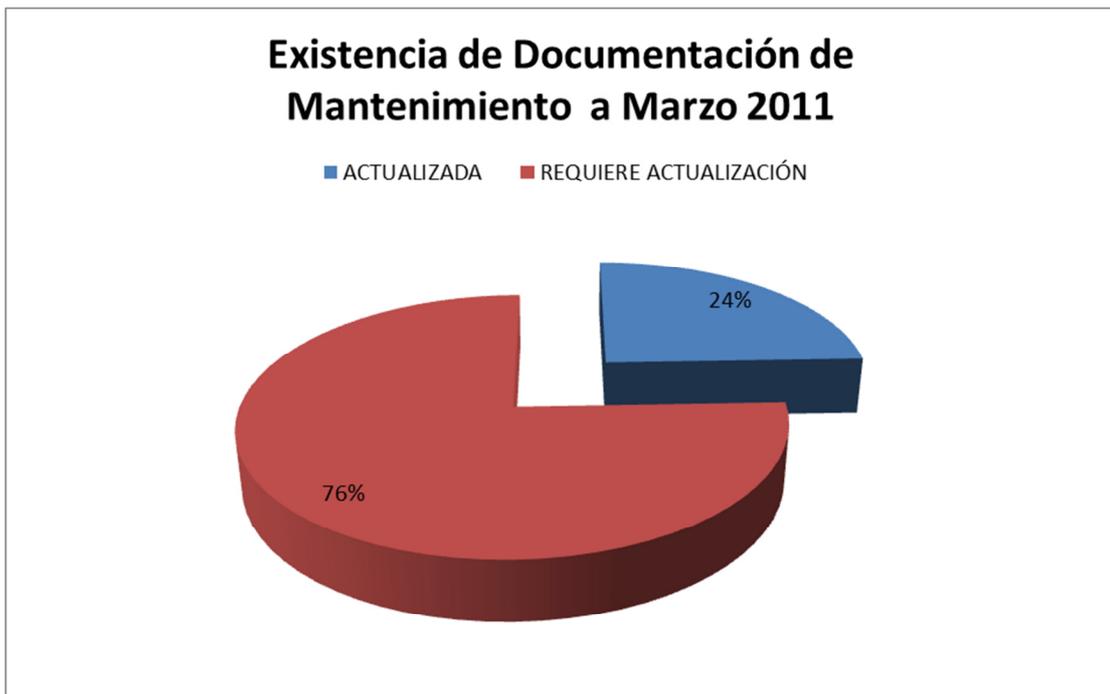


Figura 3.15 Existencia de Documentación de Mantenimiento a Marzo 2011

3.2.4 Evaluación de la condición de estado de las máquinas a Julio de 2011

En la formulación de la evaluación del estado y condición de la maquinaria existente en el laboratorio, se procedió al levantamiento de información relevante sobre los defectos físicos y operativos.

Adicional a esto se han elaborado reportes de evaluación para cada máquina, estos reportes han sido realizados en base a la situación del laboratorio en el mes de Julio de 2011, para lo cual se consideraron los sistemas y subsistemas defectuosos, los reportes de evaluación completos se encuentran disponibles en el Anexo L.

Tabla 3.10 Evaluación de la condición de estado de las máquinas a Julio de 2011.

MAQ.	SISTEMA/SUBSISTEMA	ESTADO		OBSERVACIÓN
		REGULAR	MALO	
MH-01 Fresadora Horizontal Harrison 600	Volante de ajuste longitudinal	X		Existe rozamiento al desplazar
	Tornillo de bloqueo de giro de la mesa	X		Lubricación deficiente
	Topes limitadores del recorrido ajustable		X	No existe pieza
	Cabezal divisor	X		Lubricación deficiente, restos de material acumulados en el interior.
MH-02 Fresadora Vertical Universal XZ6350C	Todos			Sin novedad
MH-03 Fresadora Vertical Bridgeport	Tambor de avance manual		X	No existe
	Sistema copiador		X	No funciona
MH-04 Rectificadora de Sup. Planas Jones Shipman 1400	Eje de bomba hidráulica	X		El personal encargado del mantenimiento indica que no se ha cambiado el líquido hidráulico por falta de capacitación en el tema.
	Válvula de escape de la presión principal	X		
	Grifo de cierre de la presión de avance transversal	X		
	Grifo de cierre de la presión de carga del tornillo transversal	X		
	Válvula de escape de la presión de avance transversal	X		
	Válvula de escape de la presión de carga	X		
	Tubo de presión de avance transversal	X		
	Filtro de aceite	X		
	Volante del filtro de aceite	X		
	Tubo de presión principal	X		
	Tubo de presión de escape	X		
	Orificio de relleno	X		
Tubo de purga de la máquina	X			

MAQ.	SISTEMA/SUBSISTEMA	ESTADO		OBSERVACIÓN
		REGULAR	MALO	
MH-05 Rectificadora de Sup. Cilíndricas Jones Shipman 1300	Mesa deslizable	X		No se desliza correctamente en modo automático.
	Muela de rectificado exterior	X		Presenta desgaste
	Luz indicadora del interruptor	X		Led quemado
	Compartimento del depósito de líquido del sistema hidráulico	X		No se ha realizado inspección- revisión
MH-06 Torno Paralelo #1 Harrison 600	Banda	X		Será necesario cambiarla en poco tiempo
	Palancas y perillas	X		Una perilla está floja
	Bocines de soporte	X		Falta el bocín que soporta a la barra de roscar en su extremo derecho
	Manivela de avance transversal	X		No transmite inmediatamente el movimiento al ser accionada
MH-07 Torno Paralelo #2 Harrison 600	Dispositivos de sujeción	X		Faltan algunos tornillos que aseguran la placa indicadora
	Caja de avances	X		La arandela que asegura la barra de roscar se sale fácilmente
	Contactores		X	No responden a la señal de encendido.
MH-08 Torno Paralelo #3 Harrison 600	Dispositivos de sujeción	X		Faltan algunos tornillos que aseguran la placa indicadora
MH-09 Torno Paralelo #4 Harrison 600	Engranajes reductores	X		Dientes deteriorados
	Bocines	X		Falta un bocín que asegura los piñones
	Dispositivos de sujeción	X		Falta una arandela del perno de sujeción de los piñones
	Caja de avances	X		La arandela que asegura la barra de roscar se sale fácilmente
	Motor		X	No arranca
MH-10 Torno Paralelo #5 Harrison 600	Todos			Sin novedad
MH-11 Torno Paralelo #6 PBL 360 BX1000	Todos			Sin novedad
MH-12 Torno Paralelo #7 PBL 360 BX1000	Todos			Sin novedad
MH-13 Torno Revolver Ward	Todos			Sin novedad
MH-14 Mandrinadora Horizontal	Todos			Sin novedad
MH-15 Sierra de Metal de dos velocidades	Bastidor principal	X		Presenta golpes y marcas de oxido
	Motor	X		Paradas inesperadas por exceso de trabajo
	Rejilla de filtrado	X		Permite el paso de material
	Ductos del refrigerante	X		Parcialmente obstruidos
MH-16 Dobladora manual universal Edwards 600	Todos			Sin Novedad
MH-17 Guillotina para acero Edwards 60	Contador de golpes	X		Carátula ilegible
	Lámparas de iluminación	X		Brazos de las lámparas en mal estado
	Pedal de accionamiento	X		La máquina no responde a la señal del pedal
	Componentes eléctricos/electrónicos		X	El sistema eléctrico fue modificado y actualmente se encuentra inoperante.
MH-18 Limadora Caladora Vertical	Todos			Sin Novedad
MH-19 Prensa de 60 Ton.	Todos			Sin Novedad
MH-20 Prensa de 40 Ton.	Marco de soporte	X		Pintura en mal estado
	Mesa móvil	X		Pintura en mal estado
	Poleas	X		Presenta falta de ajuste
	Bomba manual	X		Presente fugas de aceite al momento de bombear
MH-21 Equipo de soldadura TRANSARC	Cable de poder		X	Deteriorado y sin recubrimiento
	Cable del porta electrodos	X		Deteriorado

MAQ.	SISTEMA/SUBSISTEMA	ESTADO		OBSERVACIÓN
		REGULAR	MALO	
MH-22 Soldadora Multiprocesos POWCON	Selector del Temporizador		X	No funciona.
MH-23 Soldadora MIG Millermatic 300	Forro de la antorcha	X		Toberas y boquillas deterioradas
	Pedal de Accionamiento	X		Microswitch defectuoso.
MH-24 Soldadora MIG Millermatic 252	Todos			Sin Novedad
MH-25 Soldadora Sincrowave TIG 250	Todos			Sin Novedad
MH-26 Soldadora Sincrowave TIG 200	Todos			Sin Novedad
MH-27 Soldadora Lincoln Precision TIG 225	Todos			Sin Novedad
MH-28 Soldadora de Punto Cebora	Pedal	X		Pintura desgastada
	Pernos	X		Faltan pernos en la carcasa
	Manguera de entrada de agua fría		X	Desgaste y agrietamiento
	Manguera de salida de agua caliente		X	Desgaste y agrietamiento
MH-29 Cortadora por Plasma Hypertherm	Todos			Sin Novedad
MH-30 Soldadura AC Hobart	Todos			Sin Novedad
MH-31 Soldadora AC-DC 250 Amp Welder	Todos			Sin Novedad
MH-32 Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #1	Todos			Sin Novedad
MH-33 Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #2	Todos			Sin Novedad
MH-34 Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #3	Todos			Sin Novedad
MH-35 Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #4	Todos			Sin Novedad
MH-36 Taladro de Banco Fobco	Mesa	X		Tornillo de ajuste aislado
MH-37 Taladro Fresador PDM- 45	Todos			Sin Novedad
MH-38 Taladro de Pedestal Rong- Long	Columna	X		Falta de lubricación en la cremallera.
MH-39 Taladro de Pedestal Viceroy	Botón de encendido	X		Ligera resistencia al encendido
	Mandril porta brocas	X		Desgaste normal
	Mesa	X		Presenta golpes
	Columna	X		Falta de lubricación en la cremallera.
	Bandas de transmisión	X		A punto de cumplir vida útil.

MAQ.	SISTEMA/SUBSISTEMA	ESTADO		OBSERVACIÓN
		REGULAR	MALO	
MH-40 Esmeril doble piedra Viceroy	Bastidor principal	X		Presenta suciedad excesiva
	Botones de encendido / apagado	X		Caja botonera desprendida
MH-41 Compresor 3HP Coleman	Todos			Sin Novedad
MH-42 Guillotina Manual Niagara	Cuchilla curva	X		Filo desgastado
MH-43 Esmeril doble piedra Toyhan	Bastidor principal	X		Pintura en mal estado
	Muelas	X		Excesivo desgaste
MH-44 Carro Multipropósito Para Soldadura Y Corte Por Plasma BUG-O GO-FER III-WD	Todos			Sin Novedad
MH-45 Dobladora manual de tubos Record 218M	Todos			Sin Novedad

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

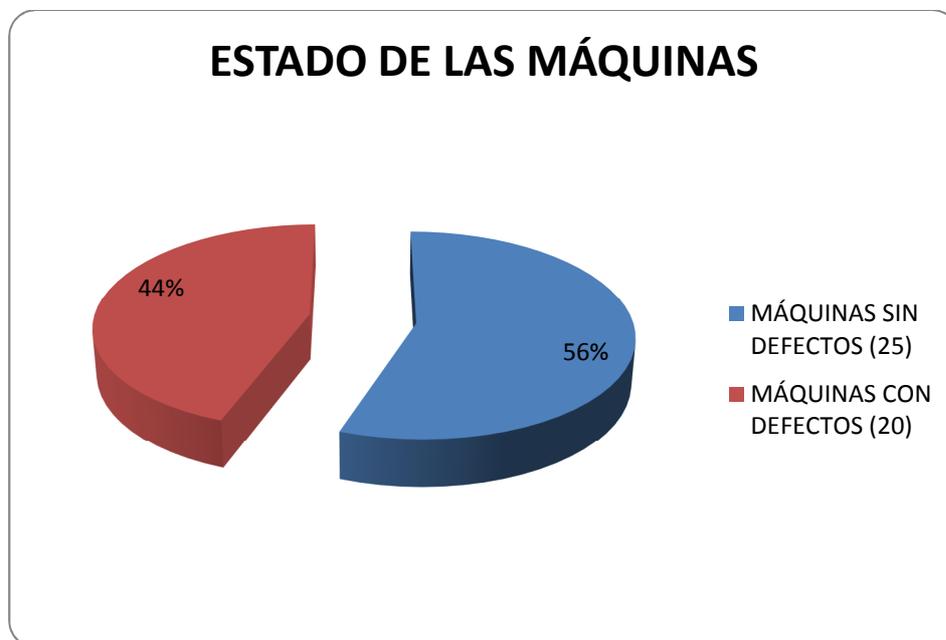


Figura 3.16 Resultado de la evaluación de la condición de estado de las máquinas

CAPÍTULO 4

REPARACIÓN DE LAS MÁQUINAS EN EL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA

4.1 LISTADO DE MÁQUINAS QUE REQUIEREN REPARACIÓN

A continuación se detallan las máquinas que requieren mantenimiento correctivo de II y III escalón o reactivo, la implementación de este tipo de mantenimiento tiene lugar cuando ocurre una falla o una avería imprevista, generalmente se actúa de manera que se pueda solucionar el problema en el menor tiempo posible, sin embargo para el presente apartado existen algunas situaciones que no requieren que la falla sea reparada de inmediato, es decir, el componente que necesita ser cambiado permite que la máquina siga funcionando, dando la posibilidad de realizar una planificación y programar el momento más oportuno para realizar la acción correctiva, por lo que se dispuso la reparación para el periodo comprendido del 15 al 29 de Julio de 2011.

La siguiente lista se ha elaborado en base al numeral 3.2.4 “Evaluación de la condición de estado de las máquinas a Julio de 2011” del presente documento.

- MH-01 Fresadora Horizontal Harrison 600
- MH-06 Torno Paralelo #1 Harrison 600
- MH-07 Torno Paralelo #2 Harrison 600
- MH-08 Torno Paralelo #3 Harrison 600
- MH-09 Torno Paralelo #4 Harrison 600
- MH-15 Sierra de Metal de dos velocidades
- MH-17 Guillotina para acero Edwards 600
- MH-20 Prensa de 40 Ton.
- MH-28 Soldadora de Punto Cebora
- MH-38 Taladro de Pedestal Rong-Long
- MH-39 Taladro de Pedestal Viceroy
- MH-40 Esmeril doble piedra Viceroy
- MH-42 Guillotina Manual Niagara

4.2 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LAS MÁQUINAS Y EQUIPOS

El diagnóstico de las máquinas y equipos del laboratorio se efectuó mediante la “Evaluación de la condición de estado de la maquinaria” expuesta en el capítulo 3 del presente proyecto. A través del estudio de las matrices de evaluación se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4.1 Resumen de la Evaluación de la condición de Estado de Maquinaria

CÓD.	MÁQUINA	ELEMENTO	OBSERVACIÓN
MH-01	Fresadora Horizontal Harrison 600	Volante de ajuste longitudinal	Existe rozamiento al desplazar
		Tornillo de bloqueo de giro de la mesa	Lubricación deficiente
		Topes limitadores del recorrido ajustable	No existe pieza
		Cabezal divisor	Lubricación deficiente, restos de material acumulados en el interior.
MH-06	Torno Paralelo #1 Harrison 600	Palancas y perillas	Perilla selectora de velocidad posee juego excesivo.
		Bocines de soporte	Falta de bocín de soporte a la barra de roscar en su extremo derecho
		Manivela de avance transversal	No transmite inmediatamente el movimiento al ser accionada
MH-07	Torno Paralelo #2 Harrison 600	Dispositivos de sujeción	Faltan algunos tornillos que aseguran la placa indicadora
		Caja de avances	La arandela que asegura la barra de roscar se sale fácilmente
		Contactador	No responden a la señal de encendido.

CÓD.	MÁQUINA	ELEMENTO	OBSERVACIÓN
MH-08	Torno Paralelo #3 Harrison 600	Dispositivos de sujeción	Faltan algunos tornillos que aseguran la placa indicadora
MH-09	Torno Paralelo #4 Harrison 600	Bocines	Falta un bocín que asegura los piñones
		Dispositivos de sujeción	Falta una arandela del perno de sujeción de los piñones
		Caja de avances	La arandela que asegura la barra de roscar se sale fácilmente
		Motor	No arranca
MH-15	Sierra de Metal de dos velocidades	Bastidor principal	Presenta golpes y marcas de oxido
		Ductos del refrigerante	Parcialmente obstruidos
MH-17	Guillotina para acero Edwards 600	Sistema eléctrico	Daño eléctrico desconocido, máquina inoperante
MH-20	Prensa de 40 Ton.	Bastidor principal	Pintura deteriorada
		Bancada	Sube con dificultad
MH-28	Soldadora de Punto Cebora	Pernos	Faltan pernos en la carcasa
MH-38	Taladro de Pedestal Rong- Long	Columna	Falta de lubricación en la cremallera.
MH-39	Taladro de Pedestal Viceroy	Columna	Falta de lubricación en la cremallera.
MH-40	Esmeril doble piedra Viceroy	Bastidor principal	Presenta suciedad excesiva
		Botones de encendido / apagado	Caja botonera desprendida
MH-42	Guillotina Manual Niagara	Cuchilla curva	Filo desgastado

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

4.3 PROCEDIMIENTOS DE MEJORA Y REHABILITACIÓN DE LAS MÁQUINAS Y EQUIPOS

De manera general, para la mejora y rehabilitación de las máquinas listadas en el ítem 4.1 Listado de máquinas que requieren reparación se ha seguido el proceso tecnológico de reparación que se muestra a continuación¹⁷:

1. Limpieza exterior.
2. Desarmes parciales.
3. Limpieza de las partes desarmadas.
4. Desarme definitivo de las piezas.
5. Lavado y secado de las piezas.
6. Control y clasificación de las piezas (Defectación metrológica)
7. Restablecimiento de las piezas.
8. Conservación de las piezas aptas.
9. Sustitución de piezas inútiles por nuevas.
10. Armado de las partes.
11. Ajuste, balanceo y comprobación de partes.
12. Armado final del conjunto.
13. Ajuste, balanceo y comprobación del conjunto.

En la tabla siguiente (4.2) se describen a detalle los procedimientos particulares de reparación por máquina, indicando las acciones correctivas tomadas para cada elemento defectuoso. Estos fueron realizados basándose en el diagnóstico previamente realizado que consta en la tabla 4.1 Resumen de la Evaluación de la condición de Estado de Maquinaria.

¹⁷Cruz, E., Ingeniería de Mantenimiento. Primera Edición. Argentina. Nueva Librería. 1998. p.142

Tabla 4.2 Procedimientos De Reparación Realizados

CÓD.	MÁQUINA	ELEMENTO	PROCEDIMIENTOS DE REPARACIÓN REALIZADOS
MH-01	Fresadora Horizontal Harrison 600	Volante de ajuste longitudinal	Limpieza General. Desarmado del volante. Limpieza específica. Montaje y puesta en servicio.
		Tornillo de bloqueo de giro de la mesa	Lubricación adecuada.
		Topes limitadores del recorrido ajustable	Levantamiento de Plano. Elaboración de la pieza. Instalación en el sistema de recorrido.
		Cabezal divisor	Limpieza General. Desarmado del volante. Limpieza específica. Lubricación adecuada. Montaje y puesta en servicio.
MH-06	Torno Paralelo #1 Harrison 600	Palancas y perillas	Reemplazo de resortes y esferas
		Bocines de soporte	Levantamiento de Plano. Elaboración de la pieza. Instalación en máquina
		Manivela de avance transversal	Limpieza General. Desarmado de la manivela. Limpieza específica. Lubricación adecuada. Ajuste del perno de sujeción. Montaje y puesta en servicio
MH-07	Torno Paralelo #2 Harrison 600	Dispositivos de sujeción	Reemplazo y adición de los tornillos aseguradores de la placa indicadora
		Caja de avances	Se acentuó la ranura donde se aloja la arandela que asegura la barra
		Contactador	Proformas de compra

CÓD.	MÁQUINA	ELEMENTO	PROCEDIMIENTOS DE REPARACIÓN REALIZADOS
		Schneider Electric LC1D18G7	Selección de Mejor Alternativa Compra de Repuesto (contactor). Instalación del repuesto. Pruebas de funcionamiento.
MH-08	Torno Paralelo #3 Harrison 600	Dispositivos de sujeción	Reemplazo y adición de los tornillos aseguradores de la placa indicadora
MH-09	Torno Paralelo #4 Harrison 600	Bocines de soporte de los piñones	Levantamiento de Plano. Elaboración de la pieza. Instalación en máquina
		Dispositivos de sujeción	Reemplazo y adición de los tornillos aseguradores de la placa indicadora
		Caja de avances	Se acentuó la ranura donde se aloja la arandela que asegura la barra
		Motor	Rebobinado del motor, mediante contratación externa de servicios. Limpieza de grasa acumulada en aletas extractoras de calor.
MH-15	Sierra de Metal de dos velocidades	Bastidor principal	Limpieza General. Desarmado de elementos constitutivos. Limpieza específica. Pintado. Montaje Puesta en funcionamiento.
		Ductos del refrigerante	Limpieza específica. Cambio de mangueras
		Motor Eléctrico	Rebobinado del motor, mediante contratación externa de servicios.
MH-17	Guillotina para acero Edwards 600	Sistema eléctrico	Contratación de servicios externos (En espera)

CÓD.	MÁQUINA	ELEMENTO	PROCEDIMIENTOS DE REPARACIÓN REALIZADOS
MH-20	Prensa de 40 Ton.	Bastidor principal	Limpieza General. Desarmado de elementos constitutivos. Limpieza específica. Pintado. Montaje Puesta en funcionamiento.
		Bancada	Lubricación de la polea.
MH-28	Soldadora de Punto Cebora	Bastidor principal	Reemplazo y adición de los tornillos aseguradores de la carcasa
MH-38	Taladro de Pedestal Rong-Long	Columna	Lubricación adecuada
MH-39	Taladro de Pedestal Viceroy	Columna	Lubricación adecuada
MH-40	Esmeril doble piedra Viceroy	Bastidor principal	Limpieza General y específica
		Botones de encendido / apagado	Ajuste de pernos sujetadores
MH-42	Guillotina Manual Niagara	Cuchilla curva	Rectificar las cuchillas Compensar el desgaste del material posterior al afilado a lo largo de la cuchilla recta, a través de lanas espaciadoras.

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

4.4 EQUIPAMIENTO Y MATERIALES

Tabla 4.3 Equipamiento y Materiales utilizados en la Reparación de las Máquinas.

CÓD.	MÁQUINA	EQUIPAMIENTO Y MATERIALES
MH-01	Fresadora Horizontal Harrison 600	Herramientas y Equipos
		Llave de boca No: 17,19,32. Llave hexagonal No: 3, 4,10,6. Llave de pico. Santiago de tres garras Martillo de goma Compresor
		Repuestos
		Topes limitadores del recorrido
		Consumibles
		Cuba con Diesel. Aceite Regal Oil R&O 68 Alvania Grease 3. Brocha húmeda. Franela.
MH-06	Torno Paralelo #1 Harrison 600	Herramientas y Equipos
MH-07	Torno Paralelo #2 Harrison 600	Llave de pico. Lima plana
		Llave de boca No:17,19,32, 4 Llave hexagonal No: 3,10,6 y 3/16. Llave de pico. Llave en "L" Martillo de goma Sierra de cinta Sandflex Compresor
		Repuestos
		Resortes y esferas de perillas Arandelas de sujeción. Bocín de soporte de la barra de roscar Tornillos de placa indicadora

CÓD.	MÁQUINA	EQUIPAMIENTO Y MATERIALES
		Bocín de soporte de los piñones Contactor Schneider Electric LC1D18G7 (solo para MH-07)
		Consumibles
		Cuba con Diesel.
MH-08	Torno Paralelo #3 Harrison 600	Brocha húmeda.
		Franela
MH-09	Torno Paralelo #4 Harrison 600	Lija A-99 / 360
		Herramientas y Equipos
		Llave de boca No: 17,19,32.
		Llave hexagonal No: 3,10,6 y 3/16.
		Llave de pico.
		Martillo de goma.
		Compresor y Pistola para soplete
		Consumibles
		Brocha húmeda.
		Pintura Verde Olivo (2 lt)
		Spray limpia contactos
		Herramientas y Equipos
		Compresor y Pistola para soplete.
		Rectificadora de Sup. Planas Jones Shipman 1400
		Consumibles
		Franela
		Grasa
		Pintura Verde
		Herramientas y Equipos
		Destornillador de estrella
		Repuestos
		Pernos m8x30
		Consumibles
		Franela
MH-28	Soldadora de Punto Cebora	

CÓD.	MÁQUINA	EQUIPAMIENTO Y MATERIALES
MH-38	Taladro de Pedestal Rong-Long	Consumibles
		Franela
MH-39	Taladro de Pedestal Viceroy	Grasa multifaq-264EP (Texaco)
		Herramientas y Equipos
		Compresor
MH-40	Esmeril doble piedra Viceroy	Consumibles
		Franela
		Brocha
		Herramientas y Equipos
MH-42	Guillotina Manual Niagara	Rectificadora de Superficies
		Esmeril
		Consumibles
		Lija Grano fino

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

CAPÍTULO 5

VERIFICACIÓN METROLÓGICA DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTA

5.1 PREPARACIONES PREVIAS

En la ejecución del presente capítulo, se ha considerado necesario delimitar el alcance de las verificaciones metrológicas hacia las máquinas que realizan procesos de torneado, fresado y rectificado.

La realización de la verificación metrológica para este tipo de máquinas se ha considerado relevante en el desarrollo del presente proyecto, debido a un aumento en las horas de utilización que se ha dado los últimos años, a las modificaciones en la malla curricular de la Carrera de Ingeniería Mecánica con el aumento de asignaturas que refuerzan el conocimiento teórico con el uso del laboratorio, y la creación de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica, han incrementado el uso del Laboratorio en una relación en más del 50%, es así, que hasta Abril del 2009 el laboratorio atendía 18 horas semanales; en la actualidad se evidencia una carga semanal de 39 horas promedio por semana, trayendo consigo el actual desgaste y el estado de no operatividad de algunas máquinas, por varios años.

Con este antecedente, las máquinas herramientas están sometidas a una carga adicional de trabajo, ocasionando un desgaste acelerado de sus partes y elementos de funcionamiento como son: husillos, ejes, guías, rodamientos etc., sumado a esto la edad de la maquinaria, ha generado la acumulación de errores, y la falta de precisión en piezas maquinadas.

Es muy importante para el operador de la máquina poder evaluar la magnitud de este error acumulado y analizar la curva de la evolución del mismo a lo largo del tiempo, por lo que las verificaciones metrológicas tendrán su fundamento teórico en las siguientes normas:

- ISO/R1708 '**Test conditions for general purpose lathes, testing of accuracy**'(BS4656: Part 1:1970)

- ISO/R1701 ‘Test conditions for milling machines with table of vertical height, with horizontal or vertical spindle, testing of the accuracy’
- ‘PRÜFKARTE “ELB”. Ficha de control para rectificadoras planas en todos sus movimientos.’ (Documento del fabricante).

Los informes correspondientes a las verificaciones metrológicas se encuentran detallados en el Anexo H.

5.1.1 Historiales de verificación metrológica

El nivel de documentación referente a las cartillas calibración de Tornos, Fresadoras y Rectificadoras encontradas en el Laboratorio de Procesos de Manufactura es muy bajo, como se detalló en el capítulo 3, apartado 2.

A pesar de lo mencionado se encontraron verificaciones metrológicas previas en las siguientes máquinas:

Tabla 5.1 Historiales de Verificaciones Metrológicas

CÓD. LAB	DESCRIPCIÓN	REGISTROS	PRUEBAS REALIZADAS
MH-01	Fresadora Horizontal Harrison 600	Sin registro	-
MH-02	Fresadora Vertical Universal XZ6350C	Sin registro	-
MH-03	Fresadora Vertical Bridgeport	05/01/2003	P1 – P2
MH-04	Rectificadora de Sup. Planas Jones Shipman 1400	Sin registro	-
MH-06	Torno Paralelo #1 Harrison 600	25/04/2006	G1 – G5 – G6 – G7 – G11 – G12
MH-07	Torno Paralelo #2 Harrison 600	Sin registro	-
MH-08	Torno Paralelo #3 Harrison 600	Sin registro	-
MH-09	Torno Paralelo #4 Harrison 600	Sin registro	-
MH-10	Torno Paralelo #5 Harrison 600	Sin registro	-

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura

Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

Los documentos históricos de las verificaciones metrológicas realizadas en el laboratorio carecen de procedimientos en su realización, lo que contribuye a un factor determinante como es la incertidumbre del grado de apreciación del instrumento.

En el presente capítulo se ha considerado todos estos factores para disminuir el margen de error, con la finalidad de obtener un aumento en la exactitud y precisión de cada prueba metrológica.

5.2 PLANIFICACIÓN DE VERIFICACIONES METROLÓGICAS

5.2.1 Lista de equipos que requieren ser verificados metrológicamente

La determinación de las máquinas que requieren ser verificadas metrológicamente se efectuó en base a criterios como:

- a) Nivel de utilización.
- b) Régimen de operación.
- c) Mantenimiento otorgado.
- d) Valor residual de la máquina.
- e) Condiciones de explotación.
- f) Verificaciones metrológicas previas
- g) Aporte al Laboratorio.

Por lo que se concluyó a proceder con todas las máquinas de Torneado, Fresado y Rectificado del laboratorio.

5.2.2 Verificación metrológica

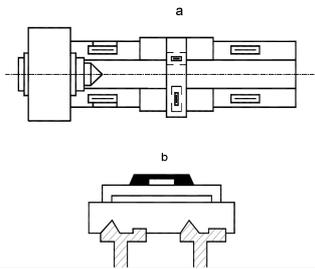
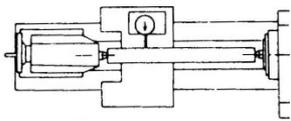
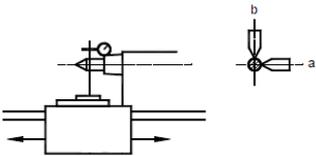
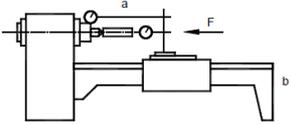
5.2.2.1 Pruebas de verificación Tornos

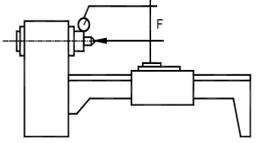
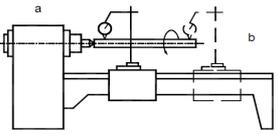
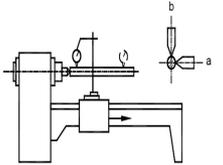
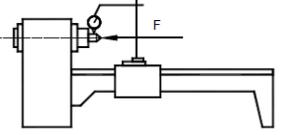
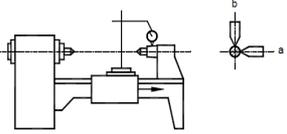
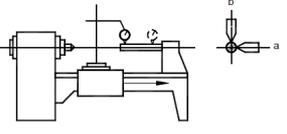
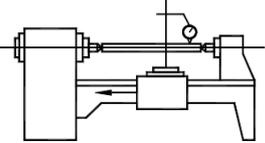
La verificación de tolerancia metrológica en los tornos paralelos, se basó en las pruebas de la norma:

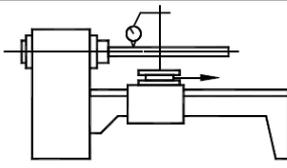
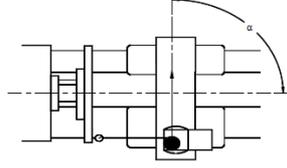
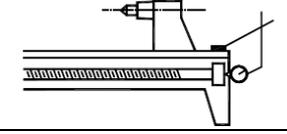
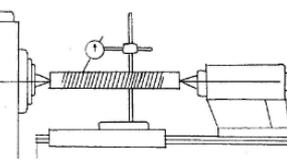
ISO/R1708 'Test conditions for general purpose lathes, testing of accuracy' (BS4656: Part 1:1970)

A continuación se enuncian todas las pruebas de la norma, teniendo en cuenta que solo se ejecutaran las pruebas que sean relevantes para los fines didácticos del laboratorio.

Tabla 5.2 Pruebas para la verificación metrológica de Tornos Paralelos

No.	ESQUEMA DEL ENSAYO	PRUEBA REALIZADA	DESVIACIÓN PERMISIBLE (mm)	OBSERVACIONES
G1		<p>Nivelado de las guías</p> <p>a) Longitudinal</p> <p>b) Transversal</p>	<p>a) $500 < DC \leq 1000$.02 convexidad Tolerancia local .0075 por cada longitud de 250</p> <p>b) 0.04/1000</p>	<p>Las mediciones deben ser hechas en posiciones igualmente distribuidas a lo largo de la longitud de la bancada como se indica en el diagrama.</p> <p>El nivel debe ser colocado sobre el carro transversal.</p>
G2		<p>Rectitud del movimiento del carro longitudinal en el plano horizontal</p>	<p>$DC \leq 500$ 0.015</p>	<p>Se debe montar el eje patrón entre el cabezal y el contrapunto y mirar la desviación del comparador al hacer rotar el eje patrón sobre su propio eje.</p> <p>Se debe desplazar el carro longitudinal a lo largo del eje patrón para tomar la medida correspondiente a cada marca.</p>
G3		<p>Paralelismo de las guías del contra cabezal respecto al movimiento del carro transversal.</p> <p>a) Plano horizontal</p> <p>b) Plano vertical</p>	<p>a) 0.03 Tolerancia local 0.02 por cada longitud de 500.</p> <p>b) 0.03 Tolerancia local 0.02 por cada longitud de 500.</p>	<p>Con el contra cabezal tan cerca como sea posible al carro transversal, las lecturas deben ser tomadas cuando ambos estén en movimientos.</p> <p>El mango del contra cabezal debe permanecer asegurado de tal forma que el comparador permanezca fijo sobre el carro siempre tocando el mismo punto, como se indica en el diagrama.</p>
G4		<p>Control de la punta del cabezal.</p> <p>a) Medición del deslizamiento periódico axial.</p> <p>b) Medición del alabeo superficial</p>	<p>a) 0.01</p> <p>b) 0.02 Incluyendo el deslizamiento periódico axial.</p>	<p>Ejecutar las mediciones de deslizamiento y alabeo con el respectivo dispositivo especial.</p> <p>El valor de la fuerza F aplicada para las pruebas (a) y (b) deberá ser especificada por el fabricante.</p>

No.	ESQUEMA DEL ENSAYO	PRUEBA REALIZADA	DESVIACIÓN PERMISIBLE (mm)	OBSERVACIONES
G5		Desviación de la nariz del husillo	0.01	El comparador debe ser colocado de tal manera que no se permita movimiento, con el fin de determinar desviaciones transversales respecto del husillo. Es recomendable tomar medidas con el vástago colocado a 90° y a 45° con respecto al husillo.
G6		Desviación del eje del husillo de trabajo a) Medición en la punta del husillo b) Medición a distancia de la punta del husillo	a) 0.01 b) 0.02 por cada 300	Las desviaciones excesivas serán a causa de un mal montaje del eje, razón por la cual se deberá tomar precauciones en este sentido. Las mediciones se realizarán haciendo girar el eje. No se realizó la medición a) debido a las limitaciones del sujetador magnético disponible.
G7		Paralelismo del eje del husillo con respecto al movimiento del carro longitudinal a) Plano horizontal b) Plano vertical	a) 0.015 / 300 Hacia el frente b) 0.02 / 300 Hacia arriba	Para tomar las medidas en este ensayo, se frena el husillo para que el eje no rote mientras se desliza el carro longitudinal a lo largo del cilindro patrón.
G8		Desviación central del husillo.	0.015	El comparador de reloj deberá estar colocado perpendicularmente a la superficie del ahusamiento.
G9		Paralelismo del eje de la manga del contrapunto con respecto al movimiento del carro longitudinal a) Plano horizontal b) Plano vertical	a) 0.015 / 100 Hacia el frente b) 0.02 / 100 Hacia arriba	Con la manga del contrapunto extendida, esta debe permanecer asegurada simulando condiciones normales de trabajo.
G10		Paralelismo del eje del agujero del cono contrapunto con respecto al movimiento del carro longitudinal a) Plano horizontal b) Plano vertical	a) 0.03 / 300 Hacia el frente b) 0.03 / 300 Hacia arriba	La prueba se debe realizar con el eje del contrapunto fuera, y bajo condiciones normales de trabajo.
G11		Diferencia de altura entre centros del cabezal y el contrapunto	El centro del contrapunto debe estar más alto que el del cabezal hasta 0.04	Las lecturas deben ser tomadas en los extremos del eje rectificando mientras este permanece montado entre centros en condiciones normales de trabajo. Se recomienda tomar medidas cada 90°, girando el cilindro patrón en cada marca.

No.	ESQUEMA DEL ENSAYO	PRUEBA REALIZADA	DESVIACIÓN PERMISIBLE (mm)	OBSERVACIONES
G12		Paralelismo del movimiento longitudinal del carro portaherramientas con respecto al eje del husillo	0.04 / 300	Las mediciones son hechas en el plano vertical después de haber colocado el carro portaherramientas paralelo al husillo en el plano horizontal.
G13		Inspección de la escuadra del movimiento transversal al curso de través del eje del husillo	0.02 / 300 Dirección de la desviación en un $\alpha \geq 90^\circ$	Solo una correcta cuadratura de la cruz, permite realizar trabajos simétricos respecto al eje axial.
G14		Medida del doble deslizamiento periódico axial del cojinete de empuje	0.015	N/A
G15		Precisión del paso generado por el tornillo patrón a) Para cualquier longitud de 300 b) Para cualquier longitud de 60	DC \leq 2000 0.04 / 300 DC > 2000 0.045 / 300 0.015 / 50	N/A

Fuente: ISO/R1708 'Test conditions for general purpose lathes, testing of accuracy' (BS4656: Part 1:1970)

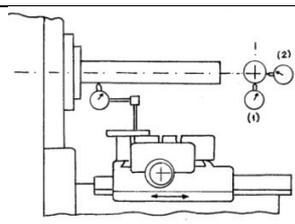
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

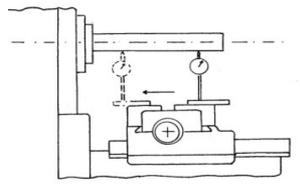
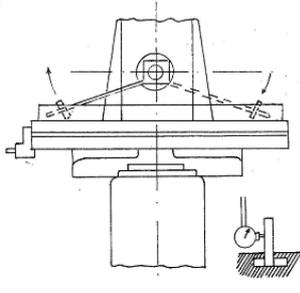
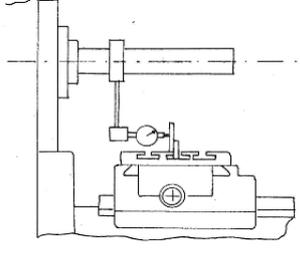
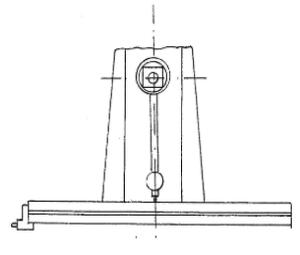
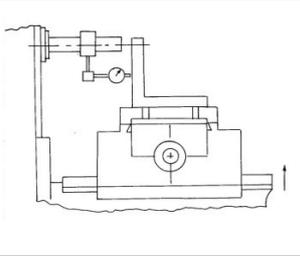
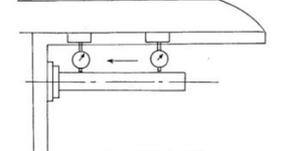
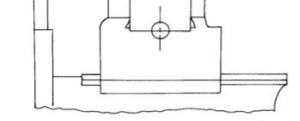
5.2.2.2 Pruebas de verificación Fresadoras

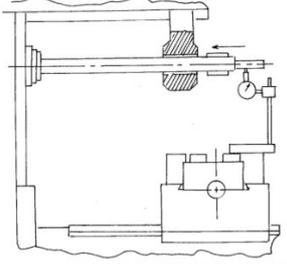
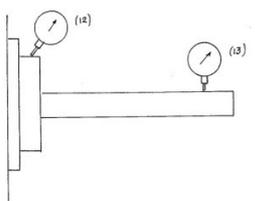
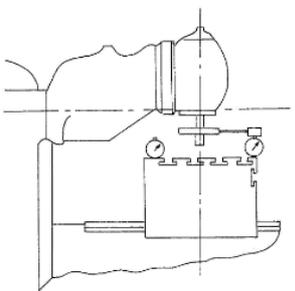
Para la verificación de tolerancia metrológica de la Fresadora, se fijaron las siguientes pruebas; basados en la norma:

ISO/R1701 'Test conditions for milling machines with table of vertical height, with horizontal or vertical spindle, testing of the accuracy'

Tabla 5.3 Pruebas para la verificación metrológica de Fresadoras

No.	ESQUEMA DEL ENSAYO	PRUEBA REALIZADA	DESVIACIÓN PERMISIBLE (mm)	OBSERVACIONES
P1		Verificación del paralelismo del carro con respecto al árbol porta fresas. Plano vertical	0.001" / pie 0.025mm / 300 mm	Mandril estacionario. Palpador se mueve montado en la mesa. Lectura bajo el árbol
P2		Ídem. Plano horizontal	0.001" / pie 0.025mm / 300 mm En el extremo libre del árbol.	Ídem. Lectura lateral al árbol.

No.	ESQUEMA DEL ENSAYO	PRUEBA REALIZADA	DESVIACIÓN PERMISIBLE (mm)	OBSERVACIONES
P3		Verificación del paralelismo del árbol con respecto al eje transversal.	0.001" / pie 0.025mm / 300 mm En el extremo libre del árbol.	Mandril estacionario. Lectura bajo el árbol.
P4		Centrado del hito de ranura cuadrada con el árbol.	0.001" / pie.	Comparador sujeto al árbol.
P5		Centrado de ranuras paralelas con el movimiento longitudinal de la mesa.	0.001" en el trayecto total.	Comparador sujeto al árbol. Palpador haciendo contacto en la placa de prueba.
P6		Levantamiento y caída del árbol desplazando longitudinalmente la mesa.	0.0015" en todo el trayecto.	Palpador en el árbol. La lectura en la superficie de la mesa entre los extremos de la trayectoria.
P7		Verificación de paralelismo entre la columna y el movimiento vertical de la mesa. Inclinación frontal	0.0015" / pie	Escuadra colocada verticalmente.
P8		Verificación de paralelismo entre la columna y el movimiento vertical de la mesa. Inclinación lateral	0.0015" / pie 0.04 mm / 300 mm	Escuadra colocada verticalmente.
P9		Verificación del paralelismo del árbol con respecto al brazo superior. Plano horizontal	0.001" / pie 0.025mm / 300 mm	Palpador fijado en el brazo. Árbol estacionario. Lectura lateral al árbol.
P10		Ídem. Plano vertical	0.001" / pie 0.025mm / 300 mm	Ídem. Lectura sobre el árbol.

No.	ESQUEMA DEL ENSAYO	PRUEBA REALIZADA	DESVIACIÓN PERMISIBLE (mm)	OBSERVACIONES
P11		Alineamiento del soporte con el eje	0.001" 0.025mm Excentricidad.	Rotar lentamente el árbol. Reloj Palpador sostenido en el forro metálico. Nótese la deflexión producida cuando el soporte se acopla al árbol
P12		Verificación de circularidad del mandril	0.00075 " 0.02 mm Máximo error de excentricidad	Palpador colocado directamente sobre el diámetro exterior de la nariz del husillo.
P13		Verificación de circularidad del porta fresa	0.001" 0.025mm Máximo error de excentricidad	Girar lentamente el porta fresas
P14		Mesa superficial cuadrada con eje longitudinal.	0.01" / pie	Reloj Palpador en el eje. Describir círculos en la mesa.
P15		Mesa superficial cuadrada con eje transversal.	0.001" / pie	Reloj Palpador en el eje. Describir círculos en la mesa.

Fuente: ISO/R1701 'Test conditions for milling machines with table of vertical height, with horizontal or vertical spindle, testing of the accuracy'

Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

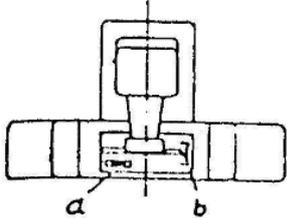
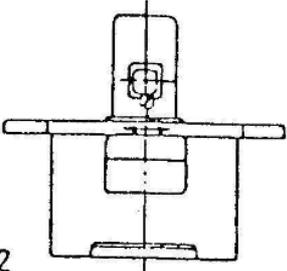
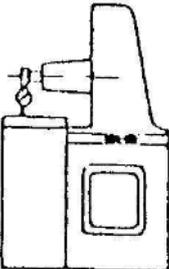
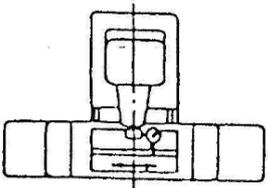
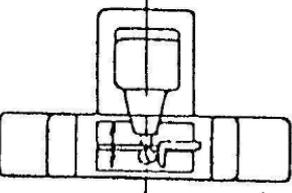
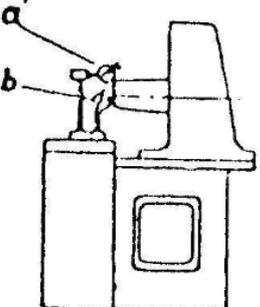
5.2.2.3 Pruebas de verificación Rectificadora de Superficies Planas

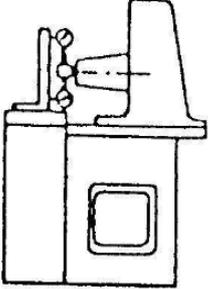
La verificación metrológica en la rectificadora de superficies planas, se basaron en las pruebas descritas en la ficha del fabricante:

‘PRÜFKARTE “ELB”. Ficha de control para rectificadoras planas en todos sus movimientos.’

A continuación se enuncian todas las pruebas de la ficha, teniendo en cuenta que solo se ejecutaran las pruebas que sean relevantes para los fines didácticos del laboratorio.

Tabla 5.4 Pruebas para la verificación metrológica de Rectificadoras de superficies planas

No.	ESQUEMA DEL ENSAYO	PRUEBA REALIZADA	DESVIACIÓN PERMISIBLE (mm)
P1		Nivelado de la mesa a) Longitudinal en 1000 mm b) Transversal en 1000 mm	a) 0.02 b) 0.02
P2		Horizontalidad en el sentido longitudinal en 1000 mm	0.015
P3		Horizontalidad en el sentido transversal en 1000 mm	0.01
P4		Paralelidad de la ranura con respecto al cabezal en 1000 mm	0.015
P5		Verticalidad de la ranura con respecto al cabezal en 1000 mm	0.03
P6		a) Excentricidad de la pínula b) Movimiento axial de la pínula	a) 0.01 b) 0.01

No.	ESQUEMA DEL ENSAYO	PRUEBA REALIZADA	DESVIACIÓN PERMISIBLE (mm)
P7		Paralelidad del cabezal con respecto a la mesa en 300 mm	0.02

Fuente: 'PRÜFKARTE "ELB". Ficha de control para rectificadoras planas en todos sus movimientos.'
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

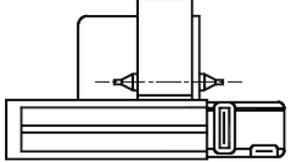
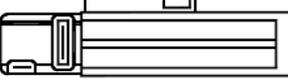
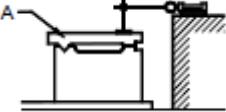
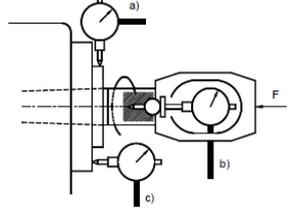
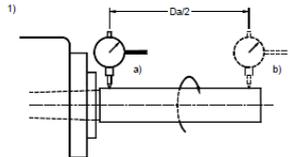
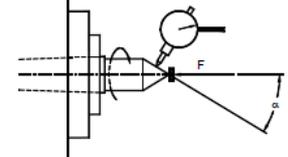
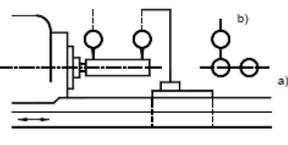
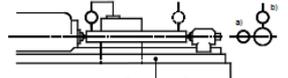
5.2.2.4 Pruebas de verificación Rectificadora de Superficies Cilíndricas

La verificación metrológica en la rectificadora de superficies cilíndricas, se basaron en las pruebas descritas en la ficha del fabricante:

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Test Conditions 10 External Cylindrical Grinding Machines with a Movable Table Testing of Accuracy. Geneve, ISO, 1 973,12 p. ilustr. (ISO 2433).

A continuación se enuncian todas las pruebas de la ficha, teniendo en cuenta que solo se ejecutaran las pruebas que sean relevantes para los fines didácticos del laboratorio.

Tabla 5.5 Pruebas para la verificación metrológica de Rectificadoras de superficies cilíndricas

No.	ESQUEMA DEL ENSAYO	PRUEBA REALIZADA	DESVIACIÓN PERMISIBLE (mm)
P1a		Nivelación de las guías a) Inspección Longitudinal. Rectitud de las guías en el plano vertical.	c) 0.02 d) 0.02
P1b		b) Inspección Transversal. Rectitud de las guías en el plano vertical.	0.015
P3		Horizontalidad en el sentido transversal en 1000 mm	0.01
P4		a) Medición de la excentricidad del asiento externo del husillo b) Medición del alabeo del asiento del husillo	0.005 0.01
P5.1		Medición de la excentricidad del eje del husillo de trabajo cónico. a) A la salida del alojamiento. b) A una distancia desde la salida no mayor de 300 mm.	a) 0.005 b) 0.015
P5.2		Medición de la excentricidad de la punta del husillo de trabajo	0.005
P6		1) Husillo fijo, verificación del paralelismo del orificio cónico del cabezal a la mesa de movimiento: a. En un plano horizontal b. En un plano vertical 2) Husillo móvil, verificación del paralelismo del eje de rotación del husillo del cabezal al movimiento longitudinal de la mesa b. En el plano vertical	a) En un plano horizontal: 0.025 b) En un plano vertical: 0.025
P8		Verificación del paralelismo del movimiento de la mesa al eje de las puntas de centrar a) En un plano horizontal b) En un plano vertical	a) En un plano horizontal: 0.02 b) En un plano vertical: 0.02

Fuente: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Test Conditions 10 External Cylindrical Grinding Machines with a Movable Table Testing of Accuracy. Geneve, ISO, 1 973,12 p. ilus. (ISO 2433).

.Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

5.2.2.5 Equipos, instrumentos y materiales utilizados

Los equipos utilizados fueron proporcionados por el Laboratorio de Metrología de la E.S.P.E, dichos instrumentos se encuentran certificados mediante procedimientos propios del laboratorio.

EQUIPOS:

Tabla 5.6 Equipos: Soportes Magnéticos.

CARACTERÍSTICAS.	DENOMINACION		
	SOPORTES		SOPORTE "H"
Ítem	I	II	I
Tipo	Base magnética	Base magnética	Base magnética
N° código	63-1025-04-00110	63-1025-04-00109	63-1025-04-00112

Fuente: Laboratorio de Metrología.
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

Tabla 5.7 Equipo: Eje Patrón.

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA
Marca	BROWN & SHARPE
Código	04-0386-04-00001
Procedencia	USA
Grado	2
Alcance	0 – 300 mm
Certificado	Procedimientos de Laboratorio
Modelo	M-16"2
Observación	Buen estado, <i>elemento del Banco de Centros Brown & Sharpe</i>

Fuente: Laboratorio de Metrología.
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

INSTRUMENTOS:

Tabla 5.8 Instrumento: Nivel Digital Mitutoyo Pro 360

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA
Marca	MITUTOYO
Procedencia	JAPÓN
Apreciación	0.1 °
Código	04-4684-63-00001
Alcance	360° (90° x 4)
Temperatura	Operación: -5°C a 50°C
	Almacenamiento: -20°C a 65°C
Certificado	Procedimientos de Laboratorio
Modelo	PRO 360
Peso	325 g
Observación	Buen estado

Fuente: Laboratorio de Metrología.

Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

Tabla 5.9 Instrumento: Comparador de Reloj “John Bull”

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA
Marca	JOHN BULL
Procedencia	ENGLAND
Apreciación	0.01 mm
Alcance	0-8 mm
Certificado	Procedimientos de Laboratorio
Observación	Buen estado

Fuente: Laboratorio de Metrología.

Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

Tabla 5.10 Comparador de Reloj “Diatest”

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA
Marca	DIATEST
Procedencia	ALEMANIA
Apreciación	0.01 mm
Código	04-4684-01-00002

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA
Alcance	0-10 mm
Certificado	Procedimientos de Laboratorio
Modelo	J051472
Observación	Buen estado

Fuente: Laboratorio de Metrología.
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

INSUMOS Y MATERIALES:

- Mandil
- Guantes de algodón
- Guantes de látex
- Franela sin pelusa
- Aceite 3 en 1.
- Brocha pequeña
- Marcadores de tiza líquida
- Cámara fotográfica
- Calculadora

5.3 EJECUCIÓN DE LA VERIFICACIÓN METROLÓGICA

5.3.1 Procedimientos realizados

Los procedimientos que se detallan a continuación han sido ejecutados para la obtención de los resultados en las verificaciones metrológicas de Tornos, Fresadoras y Rectificadoras, los mismos que han servido para generar una correcta y adecuada guía para futuras verificaciones metrológicas en el Laboratorio de Procesos de Manufactura.

**Tabla 5.11 Procedimientos Previos a la Verificación Metrológica para
Tornos, Fresadoras y Rectificadoras.**

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES
1	Familiarícese con todos los equipos, verifique la funcionalidad y operatividad de cada parte / componente.	Verifique que todas las partes de cada uno de los equipos, se halle en perfecto estado
2	Limpie cualquier residuo de material presente en las máquinas, principalmente en las guías por donde se deslizan los carros longitudinal - transversal, husillo y el carro del contrapunto.	Debe ser minuciosa la limpieza realizada con franela, esto evita errores al momento de tomar las lecturas con los instrumentos.
3	Los soportes magnéticos podrían tener aceite en su base, limpie cuidadosamente.	Si no realiza la limpieza de la base podría introducirse errores en sus medidas.
4	Limpieza del nivel digital.	Poner especial atención en la limpieza de la base, al no estar limpia se generan errores.
5	Limpie el nivel de burbuja.	
6	Verifique el error sistemático de los comparadores de reloj.	Encerar la aguja con la marca cero de la carátula, si al momento de empujar el vástago suavemente la aguja regresa a la misma posición el error sistemático es cero. Nota: Los comparadores utilizados registraron error sistemático igual a cero.

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES
7	Colóquese los guantes.	Esta práctica se la hace por lo general hasta con dos personas.
8	Tome el nivel de burbuja y verifique que la bancada de la máquina a calibrar se encuentre nivelada.	Colocar el nivel de burbuja de manera longitudinal y transversal.

Fuente: Tnlg. Edwin Tayupanta - Laboratorio de Metrología.

Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

La ejecución de los procedimientos en las verificaciones metrológicas se han basado en las normas internacionales antes descritas, con el objetivo de asegurar un mínimo error posible en la recopilación de medidas se ha contado con la acertada participación del Tnlg. Edwin Tayupanta (experto en metrología).

Las pruebas a realizarse han sido seleccionadas teniendo en base los siguientes criterios:

- Disponibilidad del instrumento de medición.
- Nivel de importancia para el Laboratorio de Procesos de Manufactura.

Para mayor referencia sobre las pruebas realizadas en las máquinas, se han generado informes detallados en el Anexo H, el mismo que contiene diagramas de flujo con el correcto procedimiento a seguir en la toma de medidas y la manera de tabular los valores obtenidos.

5.3.2 Resultados verificaciones metrológicas realizadas¹⁸

5.3.2.1 Resultados obtenidos Tornos Harrison 600

Tabla 5.12 Resultados Prueba G1

Nivelación de las Guías longitudinales y transversales.		
MÁQUINA	TOLERANCIA	CUMPLE
Torno Paralelo #1 Harrison 600	0.000	SI
Torno Paralelo #2 Harrison 600	0.000	SI
Torno Paralelo #3 Harrison 600	0.000	SI
Torno Paralelo #4 Harrison 600	0.000	SI
Torno Paralelo #5 Harrison 600	0.000	SI

Tabla 5.13 Resultados Prueba G2

Rectitud del Movimiento del carro longitudinal en el plano horizontal. Desviación permisible: 0.015 para distancia entre centros ≤500.		
MÁQUINA	TOLERANCIA	CUMPLE
Torno Paralelo #1 Harrison 600	± 0,020	NO
Torno Paralelo #2 Harrison 600	± 0,020	NO
Torno Paralelo #3 Harrison 600	± 0,020	NO
Torno Paralelo #4 Harrison 600	± 0,020	NO
Torno Paralelo #5 Harrison 600	± 0,020	NO

Tabla 5.14 Resultados Prueba G5

Desviación de la nariz del husillo. Desviación permisible: 0.01 mm			
MÁQUINA	TOLERANCIA		CUMPLE
	45°	90°	
Torno Paralelo #1 Harrison 600	± 0,07	± 0,06	NO
Torno Paralelo #2 Harrison 600	± 0,05	± 0,05	NO
Torno Paralelo #3 Harrison 600	± 0,05	± 0,05	NO
Torno Paralelo #4 Harrison 600	± 0,05	± 0,04	NO

¹⁸Si no se especifica, todas las medidas están en milímetros

Desviación de la nariz del husillo. Desviación permisible: 0.01 mm			
MÁQUINA	TOLERANCIA		CUMPLE
	45°	90°	
Torno Paralelo #5 Harrison 600	$\pm 0,06$	$\pm 0,05$	NO

Tabla 5.15 Resultados Prueba G6

Desviación del eje del husillo de trabajo Medición a distancia de la punta del husillo Desviación Permisible 0.02 mm		
MÁQUINA	TOLERANCIA	CUMPLE
Torno Paralelo #1 Harrison 600	$\pm 0,070$	NO
Torno Paralelo #2 Harrison 600	$\pm 0,10$	NO
Torno Paralelo #3 Harrison 600	$\pm 0,11$	NO
Torno Paralelo #4 Harrison 600	$\pm 0,10$	NO
Torno Paralelo #5 Harrison 600	$\pm 0,080$	NO

Tabla 5.16 Resultados Prueba G7

Paralelismo del eje del husillo con respecto al movimiento del carro longitudinal. Desviación permisible: 0.015 mm Plano horizontal Desviación permisible: 0.020 mm Plano vertical.			
MÁQUINA	TOLERANCIA		CUMPLE
	HORIZONTAL	VERTICAL	
Torno Paralelo #1 Harrison 600	$\pm 0,040$	$\pm 0,040$	NO
Torno Paralelo #2 Harrison 600	$\pm 0,030$	$\pm 0,040$	NO
Torno Paralelo #3 Harrison 600	$\pm 0,030$	$\pm 0,040$	NO
Torno Paralelo #4 Harrison 600	$+ 0,020$	$\pm 0,030$	NO
Torno Paralelo #5 Harrison 600	$\pm 0,020$	$+ 0,030$	NO

Tabla 5.17 Resultados Prueba G9

Paralelismo del eje de la manga del contrapunto con respecto al movimiento del carro longitudinal en el Plano Horizontal y Plano Vertical Desviación permisible: 0.015 / 100 Hacia el frente Desviación permisible: 0.02 / 100 Hacia arriba			
MÁQUINA	TOLERANCIA		CUMPLE
	HORIZONTAL	VERTICAL	
Torno Paralelo #1 Harrison 600	- 0,060	- 0,030	NO
Torno Paralelo #2 Harrison 600	- 0,020	± 0,060	NO
Torno Paralelo #3 Harrison 600	- 0,030	± 0,040	NO
Torno Paralelo #4 Harrison 600	- 0,020	± 0,060	NO
Torno Paralelo #5 Harrison 600	± 0,030	± 0,050	NO

Tabla 5.18 Resultados Prueba G10

Paralelismo del eje del agujero del cono contrapunto con respecto al movimiento del carro longitudinal en el Plano Horizontal y Plano Vertical. Desviación permisible: 0.03 / 300 Hacia el frente Desviación permisible: 0.03 / 300 Hacia arriba			
MÁQUINA	TOLERANCIA		CUMPLE
	HORIZONTAL	VERTICAL	
Torno Paralelo #1 Harrison 600	0,040	0,050	NO
Torno Paralelo #2 Harrison 600	0,050	0,040	NO
Torno Paralelo #3 Harrison 600	0,060	0,060	NO
Torno Paralelo #4 Harrison 600	0,050	0,060	NO
Torno Paralelo #5 Harrison 600	0,060	0,050	NO

Tabla 5.19 Resultados Prueba G11

Diferencia de altura entre centros del cabezal y el contrapunto. Desviación Permisible 0.040 mm		
MÁQUINA	TOLERANCIA	CUMPLE
Torno Paralelo #1 Harrison 600	0,040	SI
Torno Paralelo #2 Harrison 600	0,040	SI
Torno Paralelo #3 Harrison 600	0,040	SI
Torno Paralelo #4 Harrison 600	0,040	SI
Torno Paralelo #5 Harrison 600	0,040	SI

Tabla 5.20 Resultados Prueba G12

Paralelismo del movimiento longitudinal del carro portaherramientas con respecto al eje del husillo. Desviación Permisible 0.040 mm		
MÁQUINA	TOLERANCIA	CUMPLE
Torno Paralelo #1 Harrison 600	0,180	NO
Torno Paralelo #2 Harrison 600	0,150	NO
Torno Paralelo #3 Harrison 600	0,190	NO
Torno Paralelo #4 Harrison 600	0,170	NO
Torno Paralelo #5 Harrison 600	0,170	NO

5.3.2.2 Resultados obtenidos Fresadoras

Tabla 5.21 Resultados Prueba P1 y P2

Verificación del paralelismo del carro con respecto al árbol porta fresas en el Plano vertical e Ídem. Plano horizontal, respectivamente.			
Desviación Permisible: 0.025mm / 300 mm			
MÁQUINA	TOLERANCIA		CUMPLE
	HORIZONTAL	VERTICAL	
Fresadora Horizontal Harrison 600	0,006	0,004	SI
Fresadora Vertical Universal Xz6350c	0,006	0,006	SI
Fresadora Vertical Bridgeport	0,004	0,002	SI

Tabla 5.22 Resultados Prueba P3

Verificación del paralelismo del árbol con respecto al eje transversal		
Desviación Permisible 0.025mm / 300 mm		
MÁQUINA	TOLERANCIA	CUMPLE
Fresadora Horizontal Harrison 600	±0,010	SI
Fresadora Vertical Universal Xz6350c	±0,020	SI
Fresadora Vertical Bridgeport	±0,010	SI

Tabla 5.23 Resultados Prueba P8

Verificación de paralelismo entre la columna y el movimiento vertical de la mesa. Inclinación lateral		
Desviación Permisible 0.04 mm / 300 mm		
MÁQUINA	TOLERANCIA	CUMPLE
Fresadora Horizontal Harrison 600	±0,01	SI
Fresadora Vertical Universal Xz6350c	±0,02	SI
Fresadora Vertical Bridgeport	±0,01	SI

Tabla 5.24 Resultados Prueba P9 y P10

Verificación del paralelismo del árbol con respecto al brazo superior en el Plano horizontal e Ídem. Plano vertical, respectivamente.			
Desviación Permisible: 0.025mm / 300 mm			
MÁQUINA	TOLERANCIA		CUMPLE
	HORIZONTAL	VERTICAL	
Fresadora Horizontal Harrison 600	±0,100	±0,030	NO
Fresadora Vertical Universal Xz6350c	±0,100	±0,060	NO
Fresadora Vertical Bridgeport	±0,060	±0,030	NO

Tabla 5.25 Resultados Prueba P11

Alineamiento del soporte con el eje			
Desviación Permisible: 0.025mm			
MÁQUINA	TOLERANCIA		CUMPLE
	HORIZONTAL	VERTICAL	
Fresadora Horizontal Harrison 600	0,06	0,05	NO
Fresadora Vertical Universal Xz6350c	0,05	0,04	NO
Fresadora Vertical Bridgeport	0,02	0,04	HORIZONTAL: SI VERTICAL: NO

Tabla 5.26 Resultados Prueba P12

Verificación de circularidad del mandril		
Desviación Permisible 0.02 mm (Máximo error de excentricidad)		
MÁQUINA	TOLERANCIA	CUMPLE
Fresadora Horizontal Harrison 600	0,01	SI
Fresadora Vertical Universal Xz6350c	0,02	SI
Fresadora Vertical Bridgeport	0,01	SI

Tabla 5.27 Resultados Prueba P13

Verificación de circularidad del porta fresa		
Desviación Permisible 0.025 mm (Máximo error de excentricidad)		
MÁQUINA	TOLERANCIA	CUMPLE
Fresadora Horizontal Harrison 600	± 0,080	NO
Fresadora Vertical Universal Xz6350c	± 0,100	NO
Fresadora Vertical Bridgeport	± 0,060	NO

5.3.2.3 Resultados obtenidos Rectificadoras

5.3.2.3.1 Rectificadora de Superficies Planas Jones Shipman 1400

Tabla 5.28 Resultados Prueba P1

Nivelación longitudinal y transversal en 1000mm. Desviación Permisible:		
Longitudinal 0.02		
Transversal 0.02		
Tolerancia		CUMPLE
Longitudinal	Transversal	
0.00	0.00	SI

Tabla 5.29 Resultados Prueba P2

Horizontalidad en el sentido longitudinal en 1000 mm Desviación Permisible:	
0.015	
TOLERANCIA	CUMPLE
-0,018	NO

Tabla 5.30 Resultados Prueba P3

Horizontalidad en el sentido transversal en 1000 mm Desviación Permisible: 0.01	
TOLERANCIA	CUMPLE
-0,01	SI

Tabla 5.31 Resultados Prueba P6a

Excentricidad de la Pínula Desviación Permisible: 0.01	
TOLERANCIA	CUMPLE
-0,02	NO

Tabla 5.32 Resultados Prueba P6b

Movimiento axial de la Pínula Desviación Permisible: 0.01	
TOLERANCIA	CUMPLE
-0,04	NO

Tabla 5.33 Resultados Prueba P7

Paralelidad del cabezal respecto a la mesa en 300 mm Desviación Permisible: 0.02	
TOLERANCIA	CUMPLE
0,00	SI

5.3.2.3.2 Rectificadora de Superficies Cilíndricas Jones Shipman 1300

Tabla 5.34 Resultados Prueba P0

Circularidad del eje patrón , comparador montado en la mesa Desviación Permisible: 0.01	
TOLERANCIA	CUMPLE
0,00	SI

Tabla 5.35 Resultados Prueba P1

Nivelación longitudinal y transversal Desviación Permisible: Longitudinal 0.02 Transversal 0.02		
Tolerancia		CUMPLE
Longitudinal	Transversal	
0.00	0.00	SI

Tabla 5.36 Resultados Prueba P4a

Medición de la excentricidad del asiento externo del husillo Desviación Permisible: 0.005	
TOLERANCIA	CUMPLE
±0,06	NO

Tabla 5.37 Resultados Prueba P4c

Medición del alabeo del asiento del husillo Desviación Permisible: 0.01	
TOLERANCIA	CUMPLE
±0,19	NO

Tabla 5.38 Resultados Prueba P5.1

Medición de la excentricidad del eje del husillo de trabajo cónico Desviación Permisible: a) A la salida del alojamiento: 0.005 b) A una distancia desde la salida no mayor de 300 mm: 0.015		
Tolerancia		CUMPLE
a)	b)	
0.00	0.07	a)SI b) NO

Tabla 5.39 Resultados Prueba P5.2

Medición de la excentricidad de la punta del husillo de trabajo Desviación Permisible: 0.005	
TOLERANCIA	CUMPLE
0.00	SI

Tabla 5.40 Resultados Prueba P6.1

Husillo fijo, verificación del paralelismo del orificio cónico del cabezal a la mesa de movimiento Desviación Permisible: a) En un plano horizontal: 0.025 b) En un plano vertical: 0.025		
Tolerancia		CUMPLE
a)	b)	
0.03	0.06	a) NO b) NO

Tabla 5.41 Resultados Prueba P8

Verificación del paralelismo del movimiento de la mesa al eje de las puntas de centrar Desviación Permisible: a) En un plano horizontal: 0.02 b) En un plano vertical: 0.02		
Tolerancia		CUMPLE
a)	b)	
0.02	0.07	a) SI b) NO

5.3.2.3.3 Resultados generales

Tabla 5.42 Resultados generales de las verificaciones geométricas

MÁQUINA	PRUEBAS EJECUTADAS	CUMPLE	NO CUMPLE	%CUMPLE	%NO CUMPLE
Torno Paralelo #1 Harrison 600	9	2	7	22%	78%
Torno Paralelo #2 Harrison 600	9	2	7	22%	78%
Torno Paralelo #3 Harrison 600	9	2	7	22%	78%
Torno Paralelo #4 Harrison 600	9	2	7	22%	78%
Torno Paralelo #5 Harrison 600	9	2	7	22%	78%
TOTAL TORNOS:	45	10	35	22%	78%
Fresadora Horizontal Harrison 600	7	4	3	57%	43%
Fresadora Vertical Universal Xz6350c	7	4	3	57%	43%
Fresadora Vertical Bridgeport	7	4.5	2.5	64%	36%
TOTAL FRESADORAS:	21	12.5	8.5	60%	40%
Rectificadora de Superficies Planas Jones Shipman 1400	6	3	3	50%	50%
Rectificadora de Superficies Cilíndricas Jones Shipman 1300	8	4	4	50%	50%
TOTAL RECTIFICADORAS	14	7	7	50%	50%
TOTAL GENERAL:	80	29.5	50.5	37%	63%

Fuente: Informes de verificaciones metrológicas de la presente tesis (Anexo H)

Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

Los resultados expuestos en la Tabla 5.42 se pueden apreciar de mejor manera en los siguientes gráficos estadísticos:

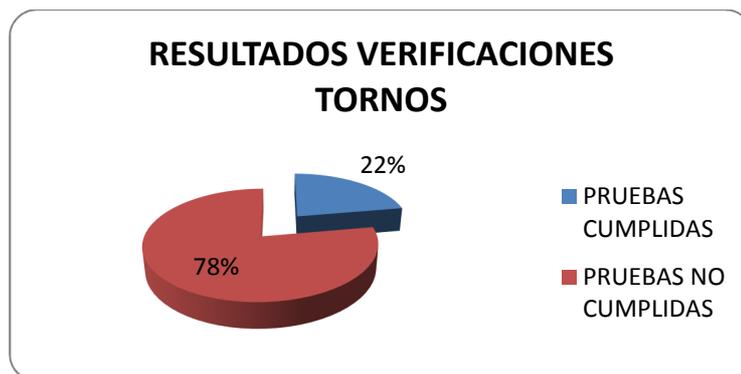


Figura 5.1 Resultado de las verificaciones metrológicas en tornos

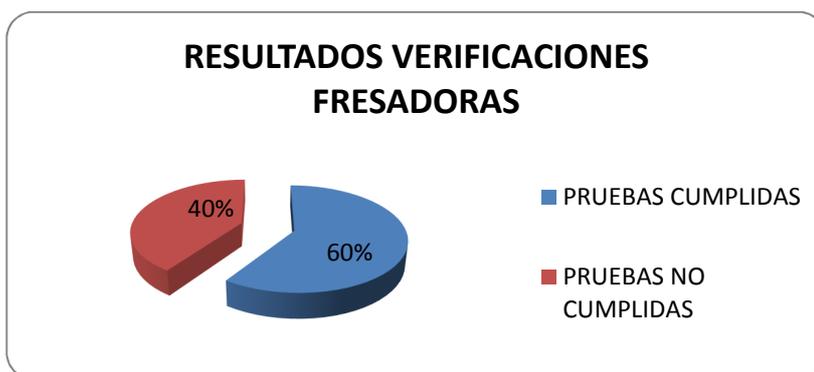


Figura 5.2 Resultado de las verificaciones metrológicas en fresadoras

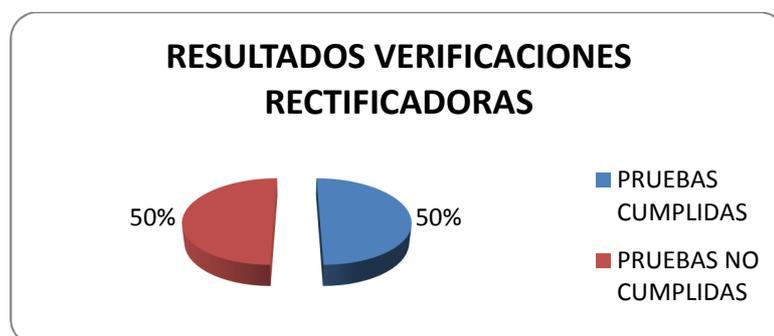


Figura 5.3 Resultado de las verificaciones metrológicas en rectificadoras

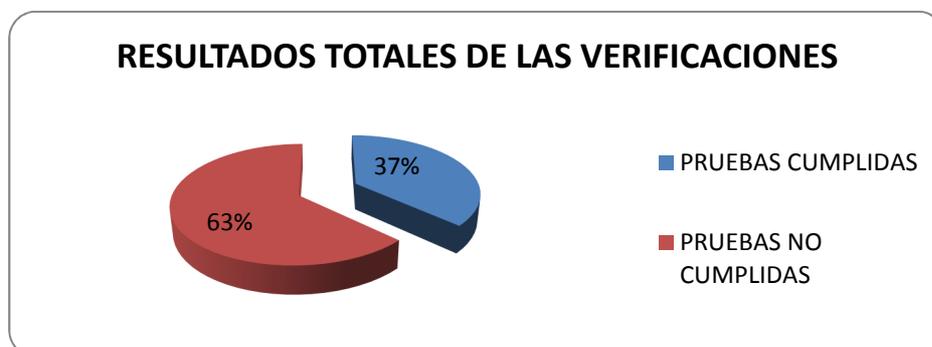


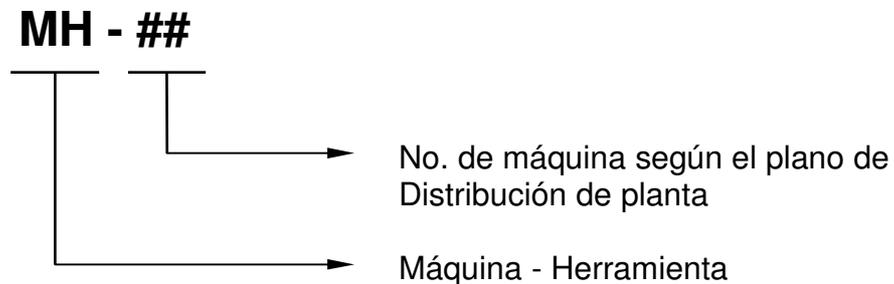
Figura 5.4 Resultado global de las verificaciones metrológicas

CAPÍTULO 6

ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS Y FORMATOS PREVIOS AL MANTENIMIENTO

6.1 SISTEMA DE CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS POR TIPOS DE PROCESOS

El código general de cada máquina se compone de la siguiente manera:



Este código de máquina es de uso interno e independiente al código de bienes que maneja la E.S.P.E. Sin embargo, se puede encontrar el código de bienes de cada máquina en su respectiva FICHA DE MÁQUINA.

Debido que el Laboratorio de Procesos de Manufactura cuenta con una cantidad amplia de máquinas, se ha considerado necesario agruparlas en tres secciones principales, de acuerdo a su principio de funcionamiento.

Las máquinas se han clasificado de la siguiente manera:

6.1.1 Máquinas herramienta para procesos de manufactura con arranque de viruta

Tabla 6.1 Codificación de máquinas para procesos de manufactura con arranque de viruta

CÓDIGO DE MÁQUINA	MÁQUINA	PROCESO
MH-01	Fresadora Horizontal Harrison 600	FRESADO
MH-02	Fresadora Vertical Universal XZ6350C	FRESADO
MH-03	Fresadora Vertical Bridgeport	FRESADO
MH-04	Rectificadora de Sup. Planas Jones Shipman 1400	RECTIFICADO
MH-05	Rectificadora de Sup. Cilíndricas Jones Shipman 1300	RECTIFICADO
MH-06	Torno Paralelo #1 Harrison 600	TORNEADO
MH-07	Torno Paralelo #2 Harrison 600	TORNEADO
MH-08	Torno Paralelo #3 Harrison 600	TORNEADO
MH-09	Torno Paralelo #4 Harrison 600	TORNEADO
MH-10	Torno Paralelo #5 Harrison 600	TORNEADO
MH-11	Torno Paralelo #6 PBL 360 BX1000	TORNEADO
MH-12	Torno Paralelo #7 PBL 360 BX1000	TORNEADO
MH-13	Torno Revolver Ward	TORNEADO
MH-14	Mandrinadora Horizontal	MANDRINADO
MH-15	Sierra de Metal de dos velocidades	CORTE
MH-18	Limadora Caladora Vertical	CORTE
MH-36	Taladro de Banco Fobco	TALADRADO
MH-37	Taladro Fresador PDM- 45	TALADRADO
MH-38	Taladro de Pedestal Rong-Long	TALADRADO
MH-39	Taladro de Pedestal Viceroy	TALADRADO
MH-40	Esmeril doble piedra Viceroy	ESMERILADO
MH-43	Esmeril doble piedra Toyhan	ESMERILADO

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura.

Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

6.1.2 Máquinas herramienta para procesos de manufactura sin arranque de viruta

Tabla 6.2 Codificación de máquinas herramienta para procesos de manufactura sin arranque de viruta.

CÓDIGO DE MÁQUINA	MÁQUINA	PROCESO
MH-16	Dobladora manual universal Edwards 600	DOBLADO DE CHAPA
MH-17	Guillotina para acero Edwards 600	CORTE DE CHAPA
MH-19	Prensa de 60 Ton.	CONFORMADO MECÁNICO
MH-20	Prensa de 40 Ton.	CONFORMADO MECÁNICO
MH-42	Guillotina Manual Niagara	CORTE DE CHAPA
MH-45	Dobladora manual de tubos Record 218M	DOBLADO DE TUBO
MH-41	Compresor 3HP Coleman	LIMPIEZA DE VIRUTAS

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura.

Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

6.1.3 Equipos para procesos de manufactura por soldadura

Tabla 6.3 Codificación de equipos para procesos de manufactura por soldadura.

CÓDIGO DE MÁQUINA	MÁQUINA	PROCESO
MH-21	Equipo de soldadura TRANSARC	SMAW
MH-22	Soldadora Multiprocesos POWCON	GMAW/SMAW/FCAW
MH-23	Soldadora MIG Millermatic 300	GMAW/FCAW
MH-24	Soldadora MIG Millermatic 252	GMAW/FCAW
MH-25	Soldadora Sincrowave TIG 250	GTAW/SMAW
MH-26	Soldadora Sincrowave TIG 200	GTAW/SMAW
MH-27	Soldadora Lincoln Precision TIG 225	GTAW/SMAW
MH-28	Soldadora de Punto Cebora	RW
MH-29	Cortadora por Plasma Hypertherm	CORTE

CÓDIGO DE MÁQUINA	MÁQUINA	PROCESO
MH-30	Soldadura AC Hobart	SMAW
MH-31	Soldadora AC-DC 250	SMAW
MH-32	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #1	OAF
MH-33	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #2	OAF
MH-34	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #3	OAF
MH-35	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #4	OAF
MH-44	MH-44 Carro Multipropósito Para Soldadura Y Corte Por Plasma BUG-O GO-FER III-WD	GMAW/GTAW/CORTE

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura.

Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

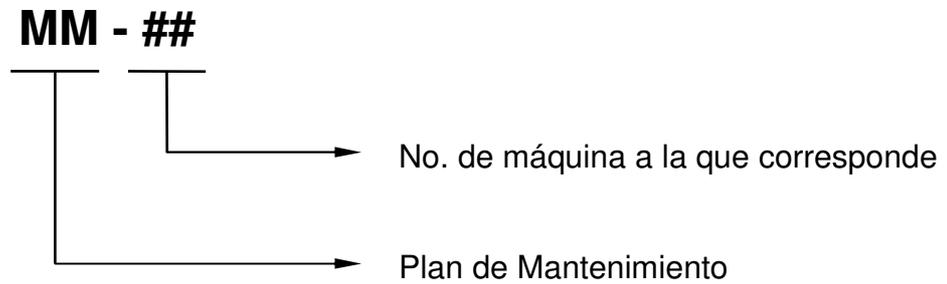
6.2 SISTEMA DE CODIFICACIÓN DE DOCUMENTOS

Es indispensable establecer un sistema de codificación para los documentos inherentes al mantenimiento. Dicho sistema permitirá hacer referencias a los documentos de manera eficiente y ordenada, facilitando la labor del personal encargado del mantenimiento.

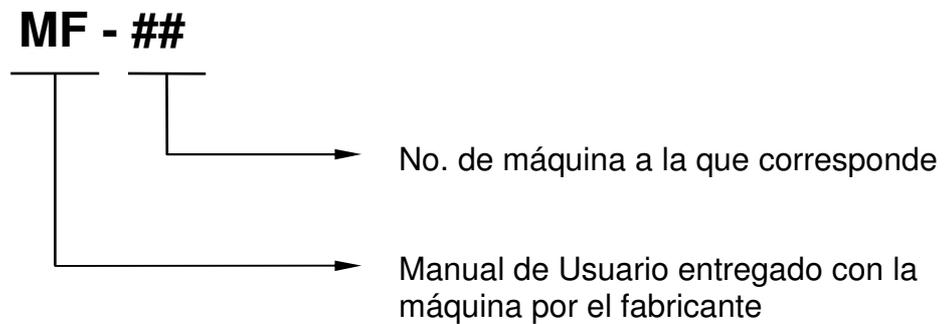
El Sistema de Codificación de Documentos contempla todas las máquinas, manuales, instructivos, registros, órdenes de trabajo y demás, con los que se dispondrá en el programa: "SOFTWARE PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA", el cual se encuentra detallado en el capítulo 7.

6.2.1 Manuales e instructivos

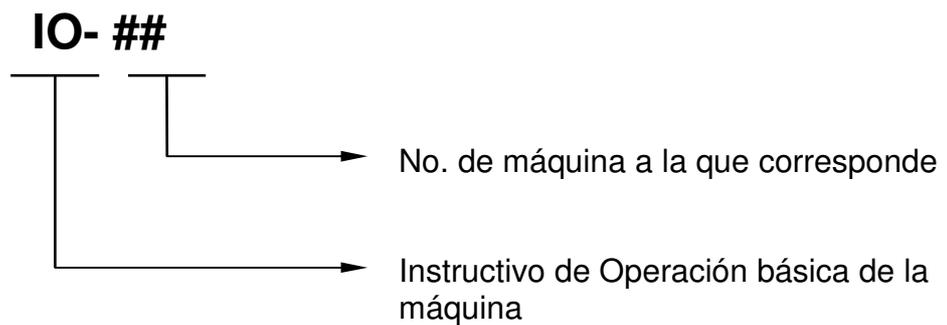
- **Plan de Mantenimiento:**



- **Manual del Fabricante:**

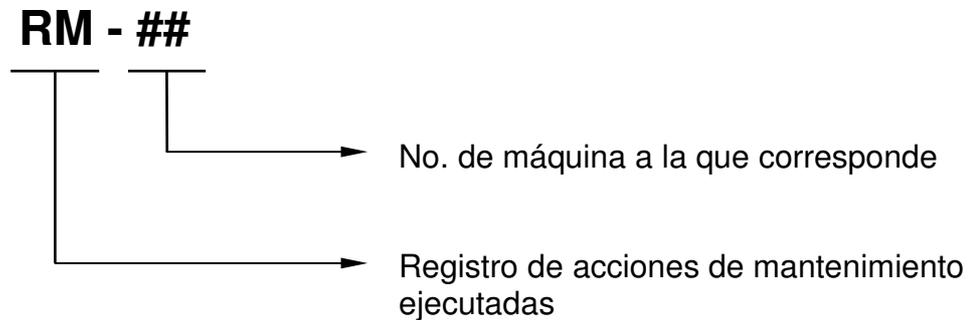


- **Instructivo de Operación:**

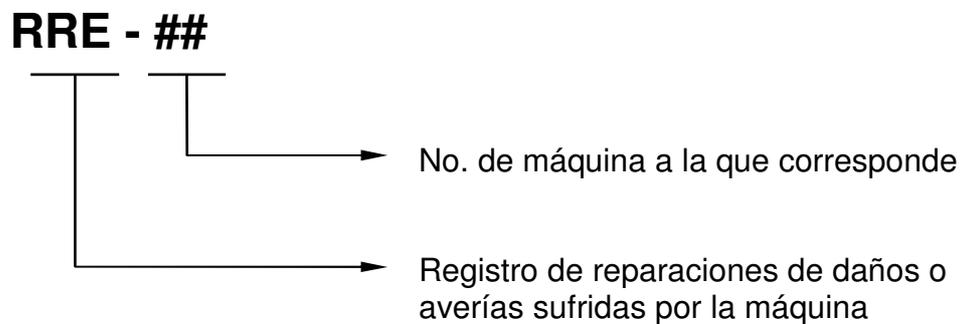


6.2.2 Registros (bitácora de máquina)

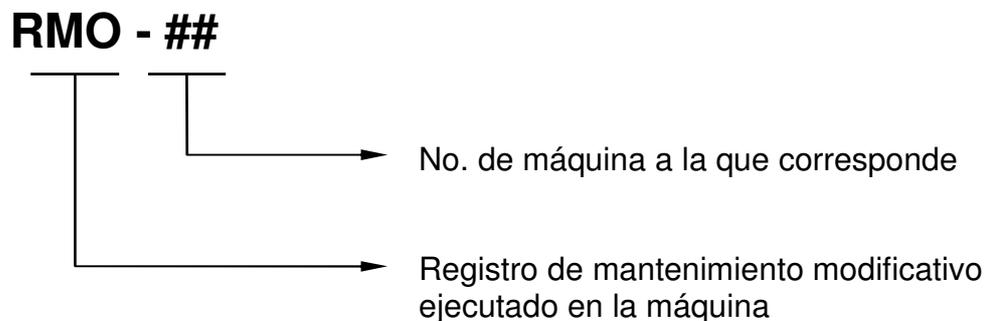
- **Registro de Servicio de Mantenimiento:**



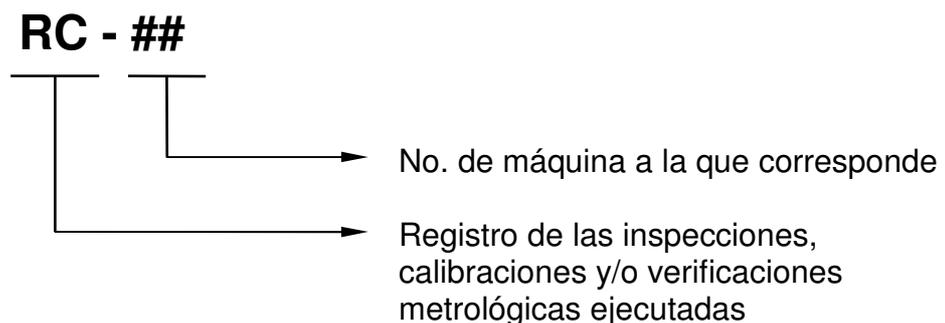
- **Registro de Reparaciones:**



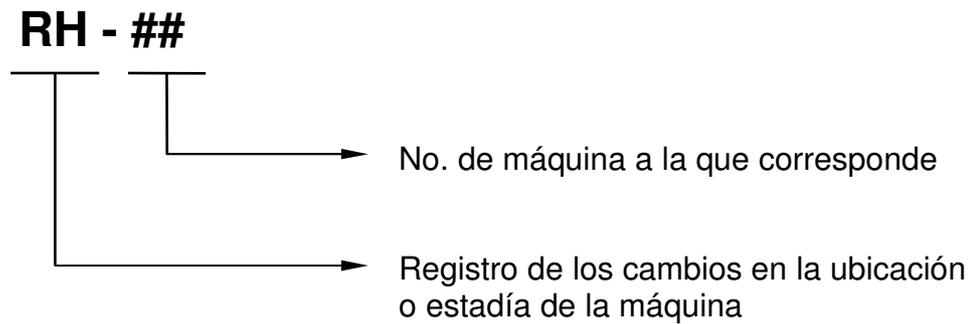
- **Registro de Modificaciones:**



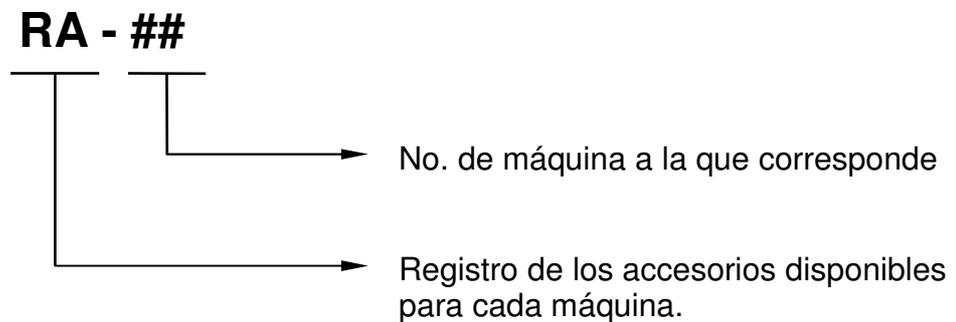
- **Registro de Inspecciones y Calibraciones:**



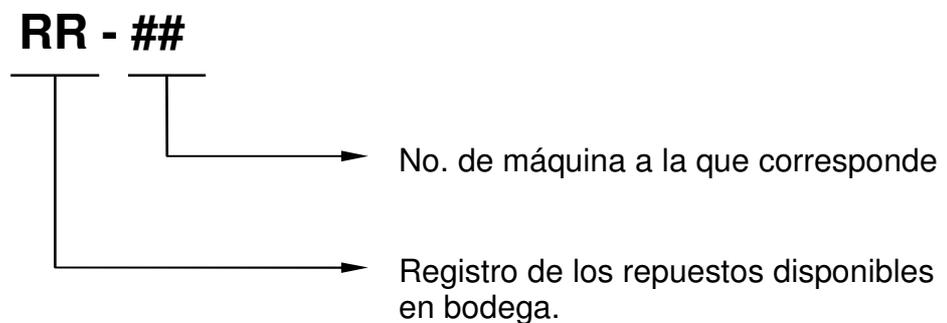
- **Registro de Historicidad:**



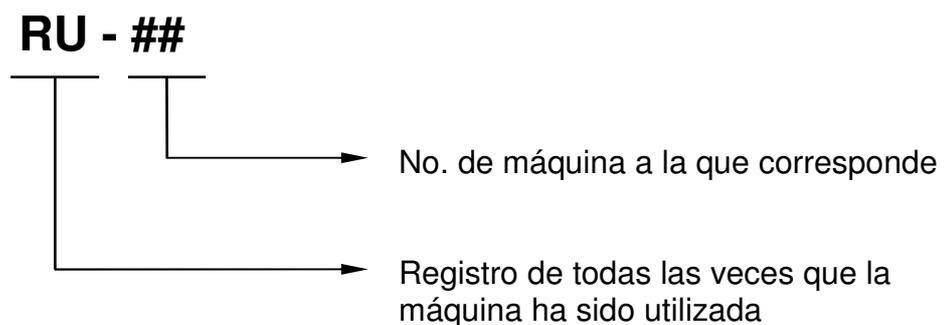
- **Registro de Accesorios:**



- **Registro de Stock de Repuestos:**

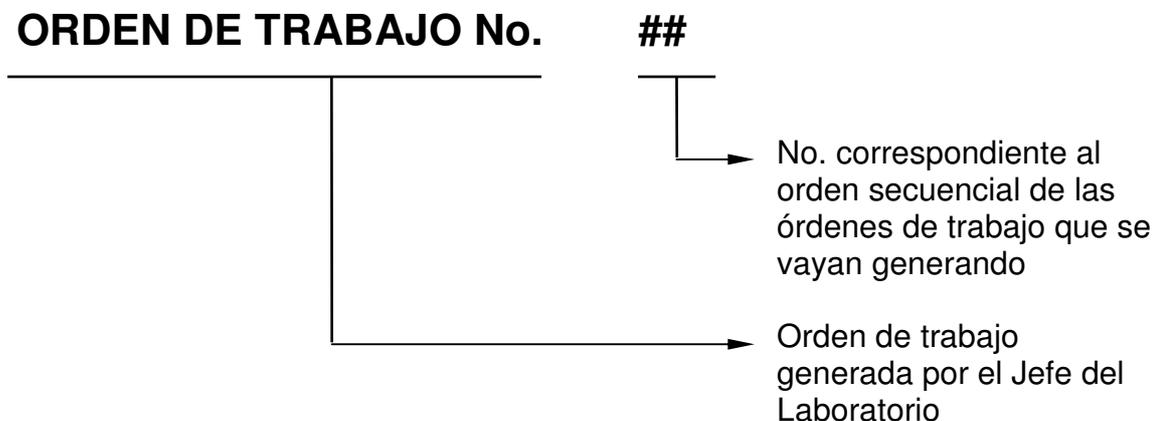


- **Registro de Utilización:**



6.2.3 Documentos de control

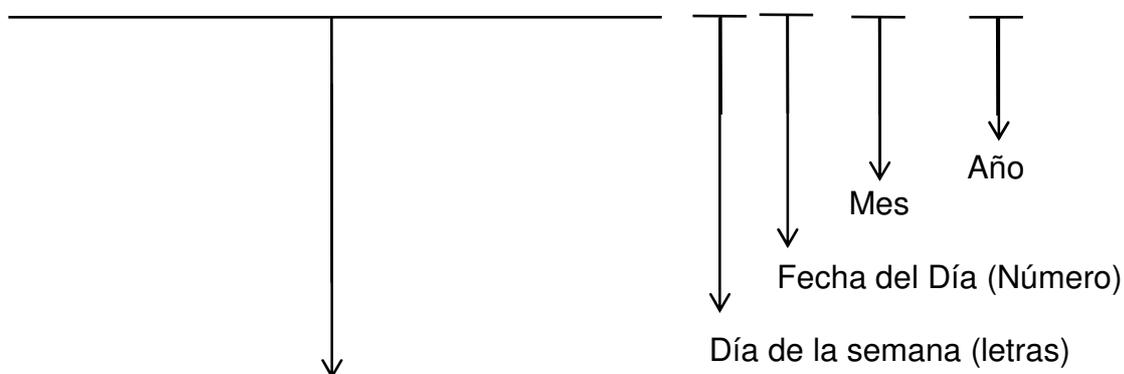
- Orden de trabajo:



- Control de actividades semanales:

ORDEN/

REPORTE DE ACTIVIDADES SEMANALES - dd, ## de mm de aaaa



Documento generado por el Jefe del Laboratorio

NOTA:

Para el presente capítulo, se ha considerado exponer como ejemplo la máquina más representativa de cada proceso de manufactura, la demás documentación por máquina, correspondiente al capítulo, se encuentra detallada en su respectivo ANEXOS.

6.3 ELABORACIÓN DE FICHAS DE MÁQUINA

Los criterios considerados en la elaboración de las fichas de máquina fueron:

- Logos y Sellos pertenecientes a la carrera de Ingeniería Mecánica.
- Codificación correspondiente según el plano de la distribución de planta
- Foto actualizada de cada máquina
- Identificación:
 - ✓ Marca
 - ✓ Procedencia
 - ✓ Modelo
 - ✓ Dimensiones
 - ✓ Puesta en operación
 - ✓ Motor principal
 - ✓ Voltaje frecuencia
 - ✓ Código de Unidad De Bienes De La Escuela Politécnica Del Ejército.
 - ✓ Peso (Kg)
 - ✓ Revoluciones por minuto (R.P.M)
 - ✓ Proveedor
- Características Técnicas
 - Para máquinas con arranque de viruta:
 - ✓ Tamaño de la mesa
 - ✓ Carrera longitudinal, transversal y vertical.
 - ✓ Rango y numero de velocidades
 - ✓ Distancia del husillo a la mesa
 - ✓ Velocidad del husillo
 - ✓ Incrementos de avance
 - ✓ Diámetro máximo de volteo
 - ✓ Etc.
 - Para máquinas sin arranque de viruta:
 - ✓ Dimensiones de la mesa
 - ✓ Capacidad máxima de corte
 - ✓ Tipos de corte
 - ✓ Capacidad máxima de doblado

- ✓ Dimensiones de cuchilla.
- ✓ Etc.
- Para máquinas de soldadura:
 - ✓ Tipo de conexión
 - ✓ Voltaje de entrada
 - ✓ Corriente de entrada
 - ✓ Clasificación NEMA.
 - ✓ Tipo de fuente
 - ✓ Tipo de corriente
 - ✓ Ciclo de trabajo
 - ✓ Voltaje de circuito abierto
 - ✓ Gases de trabajo
 - ✓ Rango de operación
 - ✓ Capacidad de soldador
 - ✓ Velocidad de alimentación, etc.
- Accesorios y Utilaje

El detalle de las Fichas de Máquina del Laboratorio se encuentran detalladas en el ANEXO A.

Tabla 6.4 Ficha de Máquina Fresadora Horizontal Harrison 600

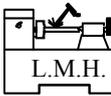
FICHA DE MÁQUINA			
		LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA	
			
		CÓDIGO:	MH-01
		FRESADORA HORIZONTAL HARRISON 600	
IDENTIFICACIÓN			
MARCA:	HARRISON 600	POTENCIA DEL MOTOR:	2 HP
PROCEDENCIA:	INGLATERRA	VOLTAJE:	220 VAC
MODELO:	DJ 3100-D	FRECUENCIA:	50/60 HZ
SERIE:	562342510V	COD. UNIDAD DE BIENES:	B0201B010100001
DIMENSIONES:	1450 x 930 x 1035 mm	PESO:	571 kg
MOTOR PRINCIPAL	Eléctrico trifásico	RPM:	1380 / 1660
PUESTA EN OPERACIÓN:	11/09/1981	PROVEEDOR:	SECONACA
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
TAMAÑO DE LA MESA:	760 x 205 mm	NUMERO DE RANURAS T:	3
CARRERA LONGITUDINAL (MANUAL Y AUTOMÁTICA):	380 mm	ANCHO DE LAS RANURAS T:	12,7 mm
CARRERA TRANSVERSAL (MANUAL):	155 mm	PASO DE LAS RANURAS T:	48 mm
CARRERA VERTICAL (MANUAL):	311 mm	NUMERO DE VELOCIDADES DEL HUSILLO:	8
DIAMETRO DEL AGUJERO DEL HUSILLO:	15,8 mm	RANGO DE VELOCIDADES DEL HUSILLO:	67 - 1500 RPM
PORTAFRESAS:	22 mm, 27 mm (dia)		
ACCESORIOS Y UTILAJE			
DESCRIPCION	CODIGO	CANTIDAD	OBSERVACION
ESCUADRA (SOPORTE ANGULAR)	F01018010100011	1	
SOPORTE ANGULAR REGULABLE		1	
MESA CIRCULAR DE OPERACIÓN MANUAL		1	
UNIDAD DE ALIMENTACIÓN VARIABLE		1	
BOMBA DE ENFRIAMIENTO		1	
SISTEMA DE ILUMINACIÓN		1	
SOCALOS DE TALADRO		1	
HERRAMIENTAS DE VOLTEO		1	
HERRAMIENTAS DE CORTE Y PULIDO		1	
BARRAS DE BROCHADO TIPO "SNOUT"		1	
BARRAS DE BROCHADO TIPO "LINE"		1	
HERRAMIENTAS DE CORTE		1	
SOPERTES ESCALONADOS		1	

Tabla 6.5 Ficha de Máquina Prensa de 40 Toneladas

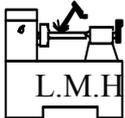
FICHA DE MÁQUINA			
	LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA		
			
	CÓDIGO:	MH-20	
	PRENSA DE 40 TONELADAS		
IDENTIFICACIÓN			
MARCA:	COMPAC	POTENCIA DEL MOTOR:	
PROCEDENCIA:	DINAMARCA	VOLTAJE:	
MODELO:	P.40	FRECUENCIA:	
SERIE:		COD. UNIDAD DE BIENES:	456-B0203T010100002
DIMENSIONES:	1350x430x1850 mm	PESO:	350 kg
MOTOR PRINCIPAL:		RPM:	
PUESTA EN OPERACIÓN:	01/01/1980	PROVEEDOR:	TALLERES AUSTRO
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
CAPACIDAD:	40 TON	CARRERA DEL PUNZÓN:	180 mm
LARGO DE LA BANCADA:	850 mm	ANCHO DE LA BANCADA:	200 mm
CLARO:	865 mm	AJUSTE DE LA ALTURA DE LA BANCADA:	700 mm
ACCESORIOS Y UTILAJE			
DESCRIPCION	CODIGO	CANTIDAD	OBSERVACION

Tabla 6.6 Ficha de Máquina Soldadora Multiprocesos POWCON

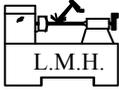
FICHA DE MÁQUINA			
		LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA	
			
		CÓDIGO:	MH-22
SOLDADORA MULTIPROCESOS POWCON			
IDENTIFICACIÓN			
MARCA:	POWCON	PROCESOS:	MIG / MAG (GMAW) ELECTRODO REV (SMAW) FLUX CORED (FCAW)
PROCEDENCIA:	ESTADOS UNIDOS	COD. UNIDAD DE BIENES:	B02082010300002
MODELO:	550 SMP	PESO:	128 kg
SERIE:	5P272391	DIMENSIONES:	460x850x980 mm (con alimentador)
PUESTA EN OPERACIÓN:	19/09/1993	PROVEEDOR:	AGA
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
TIPO DE CONEXIÓN:	1/3 (VER FÍSICO)	TIPO DE FUENTE:	CC/CV
VOLTAJE DE ENTRADA:	230/460 V (50/60 Hz) TRIFÁSICO 230 V MONOFÁSICO	TIPO DE CORRIENTE:	DC (CORRIENTE CONTINUA)
CORRIENTE DE ENTRADA:	95/60 A (50 / 60 Hz) TRIFÁSICO 91 A MONOFÁSICO	CICLO DE TRABAJO:	60% @ 550A / 42VDC TRIFÁSICO 60% @ 375A / 35 VDC MONOFÁSICO
CLASIFICACIÓN NEMA:	CLASE I (60)	VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO:	80 (MAX)
		GASES DE TRABAJO:	CO₂, ARGÓN, HELIO, AGA MIX
		RANGO DE OPERACIÓN:	375 - 550 A
ACCESORIOS Y UTILAJE			
DESCRIPCIÓN	CODIGO	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Cable con enchufe para la fuente		1	EN MAQUINA
Unidad de alimentación o cabezal (MIG MAG)		1	
Unidad de transporte		1	EN MAQUINA
Regulador de CO ₂		1	EN MAQUINA
Regulador de Ar		1	EN MAQUINA
Cable de corriente para cabezal		1	EN MAQUINA
Cable de tierra		1	EN MAQUINA
Cable con pinza portaelectrodos		1	EN MAQUINA
Manguera de suelda TIG con antorcha		1	EN MAQUINA
Manguera (transparente) con acople 3/8 para gas		1	EN MAQUINA
Cable reductor de electrodo continuo		1	EN MAQUINA
Caja con 3: electrodos, protectores porcelana, boquillas y 1 tapón		1	EN MAQUINA
Barra para conexión a tierra		1	FUNGIBLE
Cable para instalación		70 m	Quedó enterrado en la instalación del CAL (93/09/19), sobró 20m

6.4 ELABORACIÓN DE MANUALES DE MÁQUINAS

6.4.1 Instructivos de operación de equipos

Los instructivos de operación se elaboraron con base en los manuales del fabricante, los instructivos de cada máquina se encuentran detallados en el Anexo B.

Tabla 6.7 Instructivo de Operación Fresadora Horizontal Harrison 600

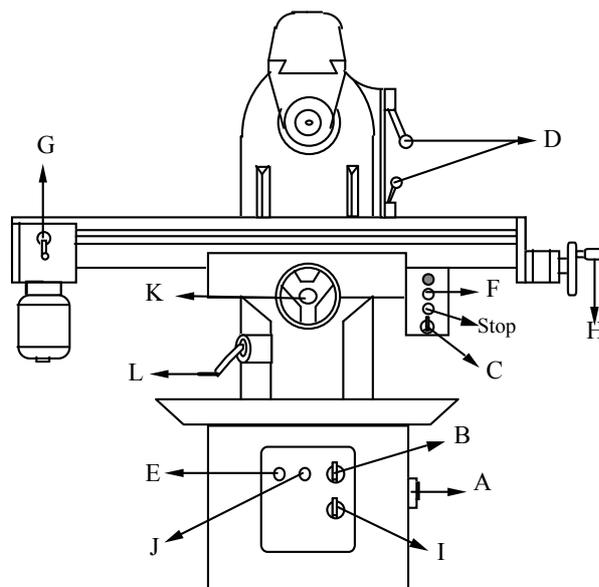
INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN			
LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA.  DECEM	FRESADORA HORIZONTAL HARRISON 600		Págs.: 2
	Jefe del Laboratorio: Ing. Patricio Riofrío		Código: IO - 01
	Laboratorista: Tnlg. Roberty Velasco		
	CÓDIGO DE MÁQUINA:	MH-01	
OPERACIÓN DEL EQUIPO			
<ul style="list-style-type: none"> • Energizar el switch principal, para la alimentación de energía eléctrica hacia la máquina, ubicado en la pared trasera de la Rectificadora de Superficies Planas. • Verificar visualmente alguna anomalía en la máquina y chequear el nivel de aceite, en el caso de encontrar alguna inconformidad comunicarla al Técnico Laboratorista. • Energizar la máquina, colocando el switch A en la posición 1. • Seleccionar el sentido de giro de la herramienta (asegurarse de que este corresponda a la dirección de corte de la misma), mediante la palanca B: <ul style="list-style-type: none"> • Derecha ----- horario. • Izquierda ----- anti horario. • Seleccionar el sentido de avance de la mesa mediante el seleccionador C (asegurarse de que el sentido del avance esté en dirección opuesta al del giro de la herramienta) <ul style="list-style-type: none"> • Hacia arriba ----- avance para la derecha. • Hacia abajo ----- avance para la izquierda. • Seleccionar la velocidad de rotación de la herramienta, mediante la palanca D. 			

- Conectar el motor de la herramienta, mediante el pulsador E.
- Conectar el motor de la mesa, mediante el pulsador F.
- Seleccionar mediante la palanca G, avance manual o automático:
- Izquierda ----- manual, volante H.
- Derecha ----- automático.
- Mediante el pulsador I, conectar el refrigerante si es necesario.
- Para apagar el equipo: presionar el pulsador J de STOP “parada”, desconectar el motor de la mesa (F), desconectar el motor de la herramienta (E).
- Colocar el interruptor A en la posición 0, desmontar la pieza y herramienta de corte.

PRECAUCIONES

- Utilizar la vestimenta y equipo adecuado, para asegurar la protección personal.
- No se apoye ni coloque las manos sobre la mesa en movimiento.
- No usar trapos, ni cepillos de limpieza cerca de una herramienta de corte en movimiento.
- No realizar ajustes ni mediciones, cuando la herramienta de corte esté girando.

ESQUEMA DEL EQUIPO

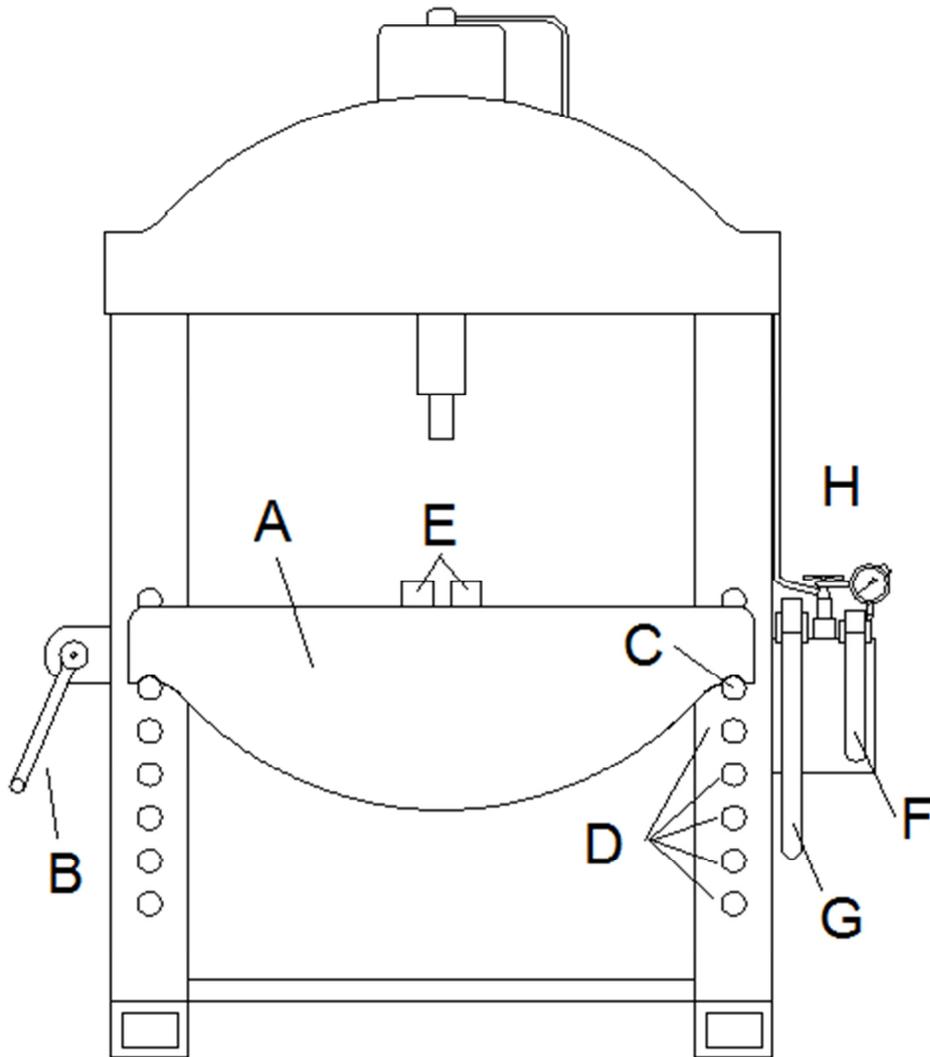


K: Movimiento transversal de la mesa.
L: Desplazamiento vertical de la mesa.

Tabla 6.8 Instructivo de Operación Prensa de 40 Toneladas

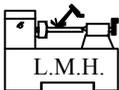
INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN			
LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA  L.M.H. DECEM	Prensa de 40 Ton.		Págs: 2
	Jefe del Laboratorio: Ing. Patricio Riofrío		Código: IO- 20
	Laboratorista: Tnlg. Roberty Velasco		
	CÓDIGO DE MÁQUINA:	MH-20	
OPERACIÓN DEL EQUIPO			
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar visualmente alguna anomalía en la máquina, en el caso de encontrar alguna inconformidad comunicarla al Técnico Laboratorista. • Ajustar la altura de la mesa móvil A, moviendo la manivela B que acciona el sistema de poleas. • Una vez alcanzada la altura deseada, asegurar con los soportes C en los agujeros D correspondientes. • Colocar la matriz con la que se va a trabajar entre los bloques de alineación E de la máquina, sobre la mesa móvil A. • Verificar que la válvula de retorno esté completamente cerrada, girando completamente la manivela H en sentido horario. • Bajar el punzón hasta que se encuentre en una posición cercana a la matriz pero sin hacer contacto con la misma. Esto se logra accionando repetidamente la palanca de avance rápido F (la más corta), esta palanca permite mover rápidamente al punzón pero con poca presión. • Alinear la matriz para que su posición sea la adecuada con respecto al punzón, antes de aplicar presión a la misma. • Accionar la palanca de avance fino G (la más larga) para hacer bajar lentamente al punzón pero con alta presión (presión de trabajo). Hacer esto repetidamente hasta terminar el trabajo deseado. • Abrir la válvula de retorno completamente para que el punzón regrese a su posición inicial. Esto se logra girando completamente la manivela H en sentido antihorario. • Retirar la matriz y el producto final de la máquina. 			
PRECAUCIONES			
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar la vestimenta y equipo adecuado, para asegurar la protección personal. • No acercarse al pistón mientras se esté realizando el trabajo, ya que el punzón puede atrapar dedos, ropa u otros objetos personales. 			

ESQUEMA DEL EQUIPO



A	Mesa móvil
B	Manivela de accionamiento de polea
C	Soportes de mesa
D	Agujeros de posicionamiento
E	Bloques de alineación
F	Palanca de avance rápido
G	Palanca de avance fino
H	Manivela de accionamiento de la válvula de retorno

Tabla 6.9 Instructivo de Operación Soldadora Multiprocesos Powcon

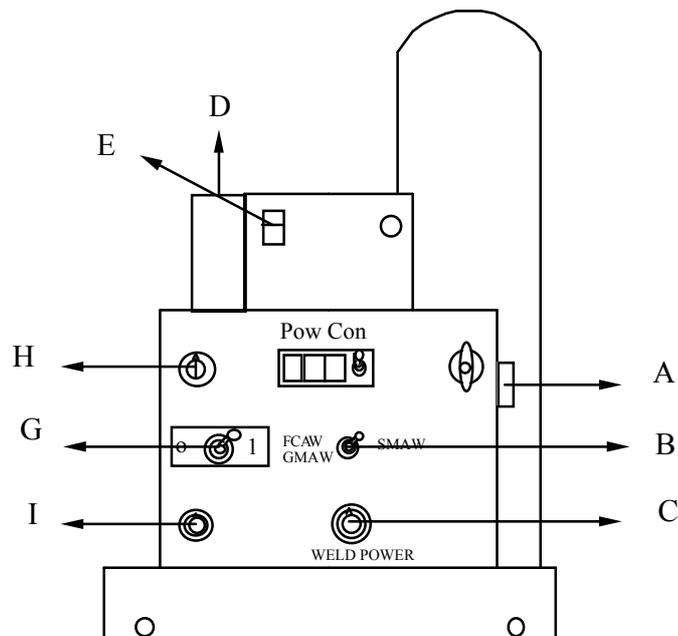
INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN			
LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA.  DECEM	SOLDADORA MULTIPROCESOS POWCON		Págs.: 2
	Jefe del Laboratorio: Ing. Patricio Riofrío		Código: IO- 22
	Laboratorista: Tnlg. Roberty Velasco		
	CÓDIGO DE MÁQUINA:	MH-22	
OPERACIÓN DEL EQUIPO			
<ul style="list-style-type: none"> • Energizar el switch principal, para la alimentación de energía eléctrica hacia la máquina, ubicado en la pared lateral de la soldadora de puntos. • Verificar visualmente alguna anomalía en la máquina, en el caso de encontrar alguna inconformidad comunicarla al Técnico Laboratorista. • Energizar la máquina, colocando el interruptor A en la posición ON, ubicado en la parte trasera de la máquina. • Seleccionar mediante la palanca B el tipo de electrodo: <ul style="list-style-type: none"> - hacia la derecha ----- SMAW - hacia la izquierda ----- FCAW o GMAW <p>PARA SMAW:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar la intensidad de corriente, mediante la perilla C. • Seleccionar la polaridad conectando: <ul style="list-style-type: none"> - El cable del electrodo en el polo positivo del alimentador, para corriente invertida. - El cable del electrodo en el polo negativo del alimentador, para corriente directa. • Encender el extractor de humos. • Soldar. <p>PARA FCAW O GMAW:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conectar el cable del alimentador a la entrada D, de la fuente de poder. • Conectar el cable del porta electrodo de alimentación al túnel, en el polo positivo de la fuente de poder. • Abrir la llave de alimentación de gas. 			

- Regular la presión de salida en 1 bar.
- Encender la fuente de poder, mediante la palanca E.
- Energizar el alimentador de electrodo continuo mediante el switch F.
- Alimentar con electrodo continuo al túnel.
- Dependiendo del tipo de arco que se requiera con electrodo continuo, se coloca en la posición ON el switch G, el que energizará la perilla de pulsaciones H y la perilla I del tipo de arco (caliente o frío).
- Encender el extractor de olores.
- Soldar.

PRECAUCIONES

- Utilizar la vestimenta y equipo adecuado, para asegurar la protección personal.

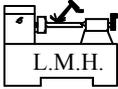
ESQUEMA DEL EQUIPO



6.4.2 Planes de mantenimiento

Los planes de mantenimiento se elaboraron con base en los manuales y catálogos del fabricante, los planes de cada máquina se encuentran detallados en el Anexo C.

Tabla 6.10 Plan de Mantenimiento Fresadora Horizontal Harrison 600

PLAN DE MANTENIMIENTO				
LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA.  L.M.H.	Fresadora Horizontal Harrison 600		Págs.:	4
	Elaborado por: Diego Medrano Byron Vega		Código: MM-01	
	Aprobado por: Ing. Patricio Riofrío Ing. Juan Díaz			
DECEM	Fecha: 01/07/2011	Código Máquina	MH-01	
ACCIONES PRELIMINARES AL MANTENIMIENTO:				
Utilizar equipo de protección industrial (gafas, mascarilla, guantes anticorrosivos, mandil/overol, calzado de seguridad.) Apagar el equipo y desconectar el switch de suministro de energía y verificar.				
	ACCIÓN A REALIZARSE:	HERRAMIENTAS E INSUMOS:	TIEMPO	CÓDIGO
DESPUÉS DE CADA UTILIZACIÓN	Inspección visual de la máquina en general, documentar cualquier anomalía en el Libro de daños.		(5')	MM-01-DCU.01
	Limpiar cualquier residuo de material que se encuentre en la máquina.	Franela Brocha	(5')	MM-01-DCU.02

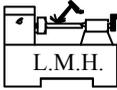
	Lubricar la superficie de las guías	Aceite Regal OIL R&O 68*	(5')	MM-01-DCU.03
TIEMPO TOTAL : 15 MIN				
SEMANALMENTE	Realizar una limpieza general del equipo.	Franela	(5')	MM-01-SEM.01
	Lubricar las guías de MÉNSULA.	Aceite Regal Oil R&O 68*	(5')	MM-01-SEM.02
	Lubricar las guías de CARNERO	Aceite R&O 68*	(5')	MM-01-SEM.03
	Lubricar las guías del CARRO TRANSVERSAL	Aceite R&O 68*	(5')	MM-01-SEM.04
	Lubricar la LUNETA PARA EJES DE FRESA	Aceite R&O 68	(5')	MM-01-SEM.05
TIEMPO TOTAL: 25 MIN				
MENSUALMENTE	Verificar el nivel refrigerante (Rellenar si es necesario)	Taladrina	(10')	MM-01-MEN.01

	Limpiar y engrasar HUSILLO DE LA MESA TRANSVERSAL	Alvania Grease 3.	(5')	MM-01- MEN.02
	Limpiar y engrasar HUSILLO VERTICAL	Alvania Grease 3.	(5')	MM-01- MEN.03
	Verificar el nivel de aceite en la CAJA DE AVANCES AUTOMÁTICOS (Rellenar si es necesario)	Aceite R&O 220	(5')	MM-01- MEN.04
	Verificar el nivel de aceite en la CAJA DE TRANSMISIONES (Rellenar si es necesario)	Aceite R&O 220	(5')	MM-01- MEN.05
TIEMPO TOTAL: 30 MIN				
ANUALMENTE	Realizar una inspección mecánica al SISTEMA MOTRIZ.		(20')	MM-01- ANU.01
	Realizar una inspección mecánica al EMBRAGUE.		(20')	MM-01- ANU.02

	Realizar una inspección mecánica al SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.		(20')	MM-01-ANU.03
	Realizar el cambio de aceite del CAJA DE AVANCES	Aceite R&O 220/ 1 lt	(25')	MM-01-ANU.04
	Realizar el cambio de aceite del CAJA DE TRANSMISIONES	Aceite Regal Oil R&O 220/ 1 lt	(25')	MM-01-ANU.05
	Chequear la TENSIÓN EN LAS BANDAS	Dinamómetro	(15')	MM-01-ANU.06
	Realizar una inspección y limpieza eléctrica : Contactores, Conectores y terminales, Motor eléctrico	Multímetro Spray limpia conectores	(15')	MM-01-ANU.07
TIEMPO TOTAL: 140 MIN				

*O equivalente

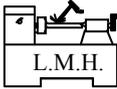
Tabla 6.11 Plan de Mantenimiento Prensa de 40 toneladas

PLAN DE MANTENIMIENTO				
LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA  DECEM	Prensa de 40 Toneladas			Págs.: 3
	Elaborado por: Diego Medrano Byron Vega			Código: PM-20
	Aprobado por: Ing. Patricio Riofrío Ing. Juan Díaz			
	Fecha: 01/07/2011	Código Máquina MH-20		
ACCIONES PRELIMINARES AL MANTENIMIENTO: <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar equipo de protección industrial (gafas, mascarilla, guantes anticorrosivos, mandil/overol, calzado de seguridad.) • Apagar el equipo y desconectar el switch de suministro de energía y verificar. 				
	ACCIÓN A REALIZARSE:	HERRAMIENTAS E INSUMOS NECESARIOS:	TIEMPO	CÓDIGO
DESPUÉS DE CADA UTILIZACIÓN	Inspección visual de la máquina en general, documentar cualquier anomalía en el Libro de daños.		5'	MM-20-DCU.01

	Limpiar cualquier residuo de material que se encuentre en la maquina.	Franela Brocha	5'	MM-20-DCU.02
	Lubricar la superficie de las guías	Aceite Regal OIL R&O 68	5'	MM-20-DCU.03
TIEMPO TOTAL: 15 MIN				
SEMANALMENTE	Realizar una limpieza general del equipo.	Franela	5'	MM-20-SEM.01
	Verificar el correcto funcionamiento del equipo.		10'	MM-20-SEM.02
TIEMPO TOTAL: 15 MIN				
SEMESTRALMENTE	Inspeccionar en búsqueda de fugas, documentar cualquier anomalía en el Libro de daños		5'	MM-20-SMT.01
	Engrasar SISTEMA DE	Grasa	5'	MM-20-SMT.02

	POLEAS			
	Verificar el nivel de aceite (Rellenar si es necesario):	Aceite Canopus 46.	10'	MM-20-SMT.03
TIEMPO TOTAL: 20 MIN				
BIANUALMENTE	Desmontar la bomba hidráulica		40'	MM-20-BIA.01
	Chequear el sello del cilindro.		5'	MM-20-BIA.02
	Chequear el sello del pistón de la bomba		5'	MM-20-BIA.03
	Drenar el aceite y cambiarlo	Canopus 46. Cantidad: 5 L.	30'	MM-20-BIA.04
	Sopletear y limpiar el sistema	Compresor	40'	MM-20-BIA.05
TIEMPO TOTAL: 120 MIN				
ACCIONES POSTERIORES AL MANTENIMIENTO:				
<ul style="list-style-type: none"> • Conectar el switch de suministro de energía. • Encender el equipo y verificar su correcto funcionamiento. 				

Tabla 6.1 Plan de Mantenimiento Soldadora Multiprocesos POWCON

PLAN DE MANTENIMIENTO				
LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA 	Soldadora Multiprocesos POWCON		Págs.:	4
	Elaborado por: Diego Medrano Byron Vega		Código: MM-22	
	Aprobado por: Ing. Patricio Riofrío Ing. Juan Díaz			
DECEM	Fecha: 01/07/2011	Código Máquina	MH-22	
ACCIONES PRELIMINARES AL MANTENIMIENTO:				
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar equipo de protección industrial (gafas, mascarilla, guantes anticorrosivos, mandil/overol, calzado de seguridad.) • Apagar el equipo y desconectar el switch de suministro de energía y verificar. 				
	ACCIÓN A REALIZARSE:	HERRAMIENTAS E INSUMOS NECESARIOS:	TIEMPO	CÓDIGO
DESPUÉS DE CADA UTILIZACIÓN	Inspección visual de la máquina en general, documentar cualquier anomalía en el Libro de daños.		5'	MM-22-DCU.01
	Retirar los residuos de chispas o alambre de la	Cepillo de alambre	5'	MM-22-DCU.02

	antorcha de soldadura MIG.	Alicate		
	Retirar las colillas que se encuentren en el porta electrodo de soldadura SMAW.		5'	MM-22-DCU.03
	Colocar los cables en su posición correcta, enrollados en su respectivo soporte de pared.		5'	MM-22-DCU.04
TIEMPO TOTAL: 20 MIN				
SEMANALMENTE	Realizar una limpieza general del equipo.	Franela	5'	MM-22-SEM.01
	Inspección visual de las conexiones, cables, y acometidas de red. Documentar cualquier anomalía en el Libro de daños.		5'	MM-22-SEM.02
TIEMPO TOTAL: 10 MIN				

TRIMESTRALMENTE	Reemplazar/Reparar los cables de alimentación eléctrica que se encuentren rajados.	Cinta aislante (taipe) Tijeras	5'	MM-22-TRI.01
	Limpiar y apretar los terminales de soldadura.	Cepillo de alambre. Llave de boca No	5'	MM-22-TRI.02
	Reemplazar/Reparar las partes rajadas del cable del portaelectrodos y de la antorcha.	Cinta aislante (taipe) Tijeras	5'	MM-22-TRI.03
TIEMPO TOTAL: 15 MIN				
SEMESTRALMENTE	Desmontar el cabezal de la máquina y verificar el estado interno del mismo	Desarmador plano	15'	MM-22-SMT.01
	Limpiar cuidadosamente mediante aire comprimido el interior del cabezal. La presión no debe exceder los 30 psi.	Compresor de aire	15'	MM-22-SMT.02

<p>Abrir la carcasa del equipo y verificar el estado interno de la máquina. Documentar cualquier anomalía en el Libro de daños.</p>	<p>Llave de copa No 10 Destornillador de estrella</p>	<p>15'</p>	<p>MM-22-SMT.03</p>
<p>Limpiar cuidadosamente mediante aire comprimido el interior del equipo. La presión no debe exceder los 30 psi.</p>	<p>Compresor de aire</p>	<p>15'</p>	<p>MM-22-SMT.04</p>
<p>Limpiar las conexiones eléctricas y acometidas del equipo.</p>	<p>Spray limpia conectores</p>	<p>10'</p>	<p>MM-22-SMT.05</p>
<p>TIEMPO TOTAL: 70 MIN</p>			

6.5 ACTUALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DE LIBROS DE VIDA (BITÁCORAS)

En el proceso de actualización de documentación para el laboratorio, se elaboraron formatos para el ingreso de información a los registros de cada máquina o equipo, considerando los siguientes aspectos:

- **Ficha de Máquina**
- **Servicio de Mantenimiento**
- **Reparaciones**
- **Modificaciones**
- **Inspecciones y calibraciones**
- **Historicidad**
- **Accesorios**
- **Stock de repuestos**
- **Utilización**

La información correspondiente a la utilización de cada máquina o equipo será llenada en primera instancia por el ejecutante, registrando de manera escrita en el formato denominado “Registro de Utilización”, ubicado en las carpetas plásticas dispuestas cerca de cada máquina.

Información que en segunda instancia será compilada de manera digital por el Señor Laboratorista en los respectivos documentos de manera digital, con el objetivo que dichos documentos sean usados como partes constitutivas de la Bitácora de cada equipo.

En el Anexo D se encuentran detallados los formatos de cada registro a implementarse.

CAPÍTULO 7

PLANEACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO

7.1 DESARROLLO PREVIO

En el presente capítulo se describen los formatos, requerimientos y procedimientos referentes al control y monitoreo del mantenimiento, para la ejecución del software:

“SOFTWARE PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA”.

Para la elaboración de la planificación del mantenimiento, se consultaron los manuales y catálogos de máquinas, de igual manera, se recurrió a la experiencia de los señores laboratoristas para fortalecer el proceso.

Los tiempos de ejecución en los diferentes procesos de mantenimiento, se determinaron en base a la experiencia adquirida en la etapa de ejecución de mantenimiento de I, II y III escalón a las máquinas que exigían como requisito previo a la defectación metrológica. Los demás tiempos previstos en el presente plan de mantenimiento se obtuvieron de los manuales e instructivos de operación de cada máquina.

Una vez identificados los tiempos correspondientes a cada máquina, se elaboró la matriz general denominada “Cronograma Global de Mantenimiento” (Anexo G), donde se exponen los tiempos destinados al mantenimiento por máquina y las frecuencias de ocurrencia por periodo; de igual manera, se recurrió a un “factor de utilización”, cuya función es priorizar el tiempo en base a la importancia e interés que tiene cada máquina para el laboratorio.

De lo cual se obtuvo un promedio de 17.5 horas por semana destinadas única y exclusivamente al mantenimiento de las máquinas del laboratorio, lo cual representa una carga excesiva para el personal con el que se cuenta al momento. La manera de llevar el mantenimiento en el laboratorio se estableció

al final de cada semestre, y en el transcurso del mismo se ejecutarán las reparaciones menores que se presenten y sean necesarias para cada máquina, esto no quiere decir que las actividades generadas automáticamente por el software queden desatendidas, ya que es atribución del jefe del laboratorio el exigir el estricto cumplimiento de las mismas.

Por lo mencionado anteriormente se estableció el nivel de mantenimiento a desarrollar, llegando como conclusión a ejecutar un mantenimiento preventivo organizacional, esto quiere decir; las tareas técnicas serán realizadas en su totalidad por los señores laboratoristas, en tanto la adquisición de insumos y repuestos queda definida mediante procesos regulares, el Jefe del laboratorio realiza el requerimiento del recurso al Director del Departamento, quien canaliza al responsable del POA (presupuesto operativo anual) vigente.¹⁹

La determinación de las frecuencias detalladas en los Planes de Mantenimiento, fueron obtenidas a partir de las condiciones de trabajo “Semi-Pesadas” en condiciones ambientales de planta de producción (medianamente hostiles) que detallan los manuales del fabricante, hacia las condiciones reales de explotación, que es la de un trabajo de tipo “Liviano” y condiciones favorables. Consecuentemente, las nuevas periodicidades se ajustan mejor a la realidad.

El presente trabajo es una guía para la gestión del mantenimiento, la misma que está sujeta a cambios y mejoras por parte de los encargados de las tareas de mantenimiento en el Laboratorio, en función de las necesidades vigentes.

7.2 PLANIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

7.2.1 Determinación de las acciones de mantenimiento

¹⁹ CAIZA, L. LÓPEZ. Estudio, diseño e implementación de un sistema de mantenimiento para los laboratorios de la facultad de ingeniería mecánica de la ESPE. Tesis Ing. Mec. Sangolquí. ESPE. Facultad de Ingeniería Mecánica 2006. 72 p.

Se determinaron las siguientes acciones de mantenimiento para la planificación del mantenimiento como las fundamentales a ser ejecutadas:

Inspección:

Se estableció una frecuencia en los planes de mantenimiento denominada “Después de cada utilización”, en la cual se destina un tiempo aproximado de 5 minutos para realizar una inspección visual de la máquina en la que se ha estado desarrollando el trabajo, esta inspección es de vital importancia, debido a que aporta a la inmediata detección de cualquier posible avería o desperfecto que la máquina pudiera presentar, si este fuera el caso se lo describe en la bitácora de la máquina en la sección “Registro de Reparaciones”

Lubricación:

Se lo considera el pilar fundamental del mantenimiento preventivo, con una correcta lubricación en periodos adecuados, alarga la vida útil de las partes de cada máquina, en los manuales de mantenimiento se detalla cada acción de lubricación a realizar mediante los diferentes tipos de aceites lubricantes destinados a cada elemento constitutivo del equipo, de igual manera en el Anexo E se detallan los aceites utilizados en el mantenimiento, así como también sus equivalencias con las diferentes marcas existentes en el mercado.

Cambio de partes:

Se encamina al mantenimiento correctivo, se refiere a la reposición de una parte muy gasta o deteriorada por una nueva. Es muy importante considerar un stock mínimo de repuestos en bodega y tener una base de datos confiable, con el fin de disponer del repuesto al instante y disminuir de manera considerable el tiempo de parada de la máquina.

7.2.2 Frecuencia de ejecución de mantenimiento por máquina

Tabla 7.1 Frecuencia de ejecución de mantenimiento por máquina.

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL	BIANUAL	TRIANUAL
MH-01	Fresadora Horizontal Harrison 600	✓	✓			✓		
MH-02	Fresadora Vertical Universal XZ6350C	✓	✓			✓		
MH-03	Fresadora Vertical Bridgeport	✓	✓	✓		✓		
MH-04	Rectificadora de Sup. Planas Jones Shipman 1400	✓	✓		✓	✓	✓	✓
MH-05	Rectificadora de Sup. Cilíndricas Jones Shipman 1300	✓	✓		✓	✓		✓
MH-06	Torno Paralelo #1 Harrison 600	✓	✓		✓	✓		
MH-07	Torno Paralelo #2 Harrison 600	✓	✓		✓	✓		
MH-08	Torno Paralelo #3 Harrison 600	✓	✓		✓	✓		
MH-09	Torno Paralelo #4 Harrison 600	✓	✓		✓	✓		
MH-10	Torno Paralelo #5 Harrison 600	✓	✓		✓	✓		
MH-11	Torno Paralelo #6 PBL 360 BX1000	✓			✓	✓	✓	
MH-12	Torno Paralelo #7 PBL 360 BX1000	✓			✓	✓	✓	
MH-13	Torno Revolver Ward	✓	✓	✓	✓	✓		
MH-14	Mandrinadora Horizontal	✓		✓	✓	✓		
MH-15	Sierra de Metal de dos velocidades	✓	✓		✓	✓		
MH-16	Dobladora manual universal Edwards 600	✓	✓			✓		
MH-17	Guillotina para acero Edwards 600	✓	✓		✓	✓		
MH-18	Limadora Caladora Vertical	✓			✓	✓		
MH-19	Prensa de 60 Ton.	✓			✓		✓	
MH-20	Prensa de 40 Ton.	✓			✓		✓	
MH-21	Equipo de soldadura TRANSARC	✓		✓	✓			
MH-22	Soldadora Multiprocesos POWCON	✓		✓	✓			
MH-23	Soldadora MIG Millermatic 300	✓		✓	✓			

COD. LAB.	DESCRIPCIÓN	SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL	BIANUAL	TRIANUAL
MH-24	Soldadora MIG Millermatic 252	✓		✓	✓			
MH-25	Soldadora SincrowaveTIG 250	✓		✓	✓			
MH-26	Soldadora Sincrowave TIG 200	✓		✓	✓			
MH-27	Soldadora Lincoln Precision TIG 225	✓		✓	✓			
MH-28	Soldadora de Punto Cebora				✓			
MH-29	Cortadora por Plasma Hypertherm	✓		✓	✓			
MH-30	Soldadura AC Hobart	✓		✓	✓			
MH-31	Soldadora AC-DC 250	✓		✓	✓			
MH-32	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #1	✓	✓		✓			
MH-33	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #2	✓	✓		✓			
MH-34	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #3	✓	✓		✓			
MH-35	Equipo de soldadura Oxiacetilénica VICTOR #4	✓	✓		✓			
MH-36	Taladro de Banco Fobco	✓			✓			
MH-37	Taladro Fresador PDM- 45	✓				✓		
MH-38	Taladro de Pedestal Rong-Long		✓		✓			
MH-39	Taladro de Pedestal Viceroy		✓		✓			
MH-40	Esmeril doble piedra Viceroy		✓		✓			
MH-41	Compresor 3HP Coleman	✓	✓					
MH-42	Guillotina Manual Niagara		✓		✓			
MH-43	Esmeril doble piedra Toyhan		✓		✓			
MH-44	Carro Multipropósito Para Soldadura Y Corte Por Plasma BUG-O GO-FER III-WD				✓			
MH-45	Dobladora manual de tubos Record 218M			✓				

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura.
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

7.2.3 Lista de materiales necesarios en el mantenimiento preventivo

Tabla 7.2 Materiales necesarios en el mantenimiento preventivo anual.

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN / EQUIVALENCIA
ACEITE REGAL OIL R&O 68	15 gal.	<p>Utilizado en: Caja Norton de los Tornos Paralelos aproximadamente 2 lt x c/u.</p> <p>Cabezal Fijo de los Tornos Paralelos aproximadamente 4 lt x c/u.</p> <p>Superficie de las guías(Ménsula, Husillo, Carro transversal) de las Fresadoras Horizontales Aproximadamente 5 lt.</p> <p>Equivalentes: Aceite vítrea 33 (Shell). Tellus 68 (shell). Vactra light (móvil).</p>
ACEITE UNIVERSAL GLEP 140	2gal.	<p>Utilizado en: Caja Norton de los Tornos Paralelos. Aproximadamente 1 lt x c/u.</p>
ACEITE REGAL OIL R&O 220	5gal.	<p>Utilizado en: Completar el nivel de aceite Caja de transmisiones de las Fresadoras Aproximadamente 2 lt x c/u.</p> <p>Caja de Avances de Fresadora de las Fresadoras Aproximadamente 2 lt.x c/u.</p> <p>Caja de transmisiones de las Fresadoras Aproximadamente 2 lt.x c/u.</p> <p>Equivalentes: Aceite vítrea 220 (Shell). Aceite vítrea 72 (shell). Tellus c 220 (shell). Vactra bb(móvil). Vactra medium heavy (mobil). Alphasp 220 (castrol).</p>

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN / EQUIVALENCIA
ACEITE REGAL OIL R&O 32	40 gal.	<p>Utilizado en:</p> <p>Sistema hidráulico Rectificadora de superficies cilíndricas Aproximadamente 30 lt.</p> <p>Sistema hidráulico Rectificadora de superficies planas Aproximadamente 15 lt.</p> <p>Sistema hidráulico Prensa de 60 toneladas Aproximadamente 113 lt</p> <p>Equivalentes: Aceite vacuoline 1405 (Mobil) iso 32 Tonna 68 (shell). Hyspin aws32 (Castrol).</p>
ACEITE CANOPUS 46	3gal.	Aceite velocite no. 10 (mobil) ISO 22 Tellus 22 (Shell).
ACEITE TELLUS 33	3 gal	Genérico de Mantenimiento
ACEITE TELLUS 63	3 gal	Genérico de Mantenimiento
ACEITE PARA COMPRESOR	3 gal	Genérico de Mantenimiento
ABRAZADERAS	25 unid	Útil de Mantenimiento Usados en mangueras de los diámetros : 1/4", 1/2", 3/4",
BROCHA	15 unid	Útil de Mantenimiento Ancho de brocha 1 1/2" , 2"
CERA	3 unid	Utilizado en: Mesa de Trabajo de los taladros de pedestal Marca: "RALLY" 400 g creamwax
CINTA DOBLE FAZ	5 unid	3m Double Sided Vhb Adhesive
MANGUERA	5 m	1/2" de diámetro
ANILLO "O"	20 unid	Repuesto almacenado en bodega
RODAMIENTOS #51102	10 unid	Útil de Mantenimiento
RODAMIENTOS AXK3047	10 unid	Útil de Mantenimiento
BANDA DE REPLAZO (V A29X80 CM)	7 unid	Repuesto almacenado en bodega

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN / EQUIVALENCIA
DESOXIDANTE	3 gal	Útil de Mantenimiento
DIESEL	3 gal	Útil de Mantenimiento
GRASA AMARILLA LIMPIA	5 libras	Útil de Mantenimiento
GRASA MOBILUX 20	5 libras	Útil de Mantenimiento Equivalente: Mobiplex 48
GRASA SHELL ALVANIA RL3	5 libras	Útil de Mantenimiento
WYPE	100 unid	Útil de Mantenimiento
CALIBRADOR LAMINAS 36 HOJAS 0.002- 0.035 STANLEY	1 unid.	Elemento por adquirir
LIJAAGUA FANDELI150	40 pliegos	Útil de Mantenimiento
LIMPIADOR DE CONTACTOS ELECTRONICOS CYCLO	3 unid	Útil de Mantenimiento
LINTERNA GRANDE VARTA	1 unid	Elemento por adquirir
CINTA MASKING 3/4	10 unid	Útil de Mantenimiento
PAPEL ADHESIVO TRANSPARENTE	5 pliegos	Útil de Mantenimiento
PAPEL VICTORIA PERMATEX	5 pliegos	Útil de Mantenimiento
PERNO M8X30	50 unid	Útil de Mantenimiento
PERNO M12X75	50 unid	Útil de Mantenimiento
PERNO M16X75	50 unid	Útil de Mantenimiento
PRISIONERO M4	50 unid	Útil de Mantenimiento
PRISIONERO M6	50 unid	Útil de Mantenimiento
LOCCTITE SILICON RTV ROJA 70 ML	10 unid	Útil de Mantenimiento
CINTA AISLANTE 20 YDS3M NEGRO	10 unid.	Útil de Mantenimiento
TEFLON ROJO ALEMÁN	5 unid.	Útil de Mantenimiento
ACEITE 3 EN 1	10 unid.	Útil de Mantenimiento
FRANELA	10 m.	Útil de Mantenimiento
MASILLA EPÓXICA RALLY 100 G.	5 unid	Útil de Mantenimiento

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN / EQUIVALENCIA
PINTURA ANTICORROSIVA VERDE	5 lt	Útil de Mantenimiento
PINTURA AMARILLO CATERPILLAR	2 gal	Útil de Mantenimiento
SILICON TRANSPARENTE CARTUCHO SISTA	6	Útil de Mantenimiento
CONTACTOR ELÉCTRICO PARA PROTECCIÓN MOTOR MH-15	2 unid	Modelo GMC-12 A / 220 V / LG
SUPERVISOR DE TENSIÓN PARA PROTECCIÓN MOTOR MH-15	1 unid	Modelo 3F-220V-COMPLETO
CONTACTOR ELÉCTRICO PARA PROTECCIÓN MOTOR TORNO PARALELO HARRISON 600	2 unid	Modelo Schneider Electric LC1D18G7
TORNILLOS DE LA TORRETA PORTAHERRAMIENTAS TORNOS HARRISON 600	40 unid	Útil de Mantenimiento
ARANDELAS DE PRESIÓN AS 3047	40 unid	Útil de Mantenimiento
PERNOS ALLEN	40 unid	Útil de Mantenimiento
BANDAS DE REPUESTO PARA TORNO	7 unid	Elemento sugerido para adquirir
GEL PARA LAS BOQUILLAS DE SOLDADURA	10 unid	Elemento sugerido para adquirir
BANDA PARA LA RECTIFICADORA DE SUPERFICIES PLANAS	3 unid	Elemento sugerido para adquirir
POLEA PARA EL ESMERIL VICEROY	2 unid	Elemento sugerido para adquirir
PIEDRA ESME ABRA VIDIA 200 X 25 X 31.75 G 100	3 unid	Elemento sugerido para adquirir
CUÑAS DEL CARRO TRANSVERSAL (LAS FABRICAN EN SANTA	2 unid	Elemento sugerido para adquirir

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN / EQUIVALENCIA
BÁRBARA CUESTA \$90)		
BANDAS PARA LOS TALADROS	5 unid	Elemento sugerido para adquirir

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura.
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

7.2.4 Personal necesario para la ejecución del mantenimiento

El análisis del personal necesario para ejecución del mantenimiento, tuvo como fundamento la matriz general “Cronograma Global de Mantenimiento” que se encuentra en el Anexo G, donde se exponen los tiempos destinados al mantenimiento por frecuencias y por periodos de ocurrencia de cada máquina; de lo cual se obtuvo un estimado de 17,5 horas por semana destinadas única y exclusivamente al mantenimiento del laboratorio, lo cual representa una carga excesiva para el personal con el que se cuenta al momento.

Esta carga horaria resulta excesiva debido a que el Sr. Laboratorista también tiene la función de asistir a las prácticas realizadas en el Laboratorio de Procesos de Manufactura, lo que le toma 27,3 horas a la semana de un total de 35 horas disponibles, dejando solamente 7,7 horas por semana para la ejecución del mantenimiento. Estos valores se pueden apreciar en la tabla 7.3 Análisis de Disponibilidad de tiempo del Sr. Laboratorista.

Por lo tanto, se concluye que es necesaria la contratación de otra persona destinada al mantenimiento del Laboratorio para que se pueda cumplir a satisfacción con el cronograma de mantenimiento y las funciones de asistencia a las prácticas de Laboratorio.

Tabla 7.3 Análisis de Disponibilidad de tiempo del Sr. Laboratorista.

HORARIO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA PERÍODO OCT 2011 - FEB 2012					
Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
07:15-08:15			Prácticas Sistemas Flexibles Mecatrónica Ing. Escobar	Prácticas Sistemas Flexibles Mecatrónica Ing. Escobar	
07:15-09:15	Prácticas Soldadura Mecánica Ing. C.Naranjo C/15 días/grupo	Prácticas Procesos I Mecánica Ing. E. Ocaña	Prácticas Procesos I Ing. E. Ocaña		Prácticas Procesos I Mecánica Ing.Castellanos
08:15-09:15				Prácticas Sistemas Flexibles Mecatrónica Ing. Escobar	
09:30-11:30		Prácticas Procesos I "C" Mecatrónica Ing. E. Ocaña	Prácticas Proceso I Mecatrónica Ing. M. Tapia Prácticas Soldadura Mecánica Ing. P. Riofrío	Prácticas Soldadura Mecánica Ing. C.Naranjo C/15 días 1 grup Prácticas Procesos I Mecatrónica Ing. B. Culqui	Prácticas Procesos I Mecánica Ing. S.Castellanos
10:30-12:30				Prácticas Soldadura Mecánica Ing. C.Naranjo C/15 días 1 grup	
12:00-13:00					Práctic S. Flexibles Mecatrónica Ing. L. Escobar
12:00 – 14:00		Prácticas Soldadura Mecatrónica Ing. E. Ocaña C/15 días	Prácticas Soldadura Mecánica Ing. P. Riofrío C/15 días/grupo		Prácticas Soldadura Mecatrónica Ing. P.Riofrío C/15 días
13:00-14:00					Prácticas Sistemas Flexibles Mecatrónica Ing. L. Escobar
12:00-14:00	Prácticas Proceso I Mecatrónica Ing. B. Culqui				
14:00-15:00				Prácticas Soldadura Mecatrónica Ing. P.Riofrío	
14:00-16:00				Prácticas Sistemas Flexibles Mecatrónica Ing. Escobar	Prácticas Soldadura Mecatrónica Ing. Boada C/15 días
15:00-17:00	Prácticas Soldadura Mecatrónica Ing. Boada C/15 días/grupo	Prácticas Manufactura "C" Mecatrónica Ing. E. Ocaña			
16:00-18:00			Prácticas Procesos I Mecatrónica Ing. P. Figueroa		
17:00-19:00		Prácticas Procesos I Mecánica "A" Ing. E. Ocaña		Prácticas Soldadura Mecatrónica Ing. Boada	
CARGA HORARIA	4 h	9 h	7 h	11 h	8 h
TOTAL CARGA HORARIA SEMANAL NETA:					39,0 h
FACTOR -30%* =					27,3 h
DISPONIBILIDAD SEMANAL DEL SR. LABORTATORISTA** :					35,0 h
DISPONIBILIDAD SEMANAL PARA EL MANTENIMIENTO:					7,7 h
TIEMPO ANUAL TOTAL DE MANTENIMIENTO CALCULADO***:					841,0 h
TIEMPO SEMANAL DE MANTENIMIENTO CALCULADO***:					17,5 h
TIEMPO NO CUBIERTO SEMANAL PARA EL MANTENIMIENTO:					-9,8 h
* Se estima este factor debido a que no todas las prácticas requieren la total asistencia del Sr. Laboratorista					
** Se ha restado 1 hora diaria a la jornada laboral de 8 horas para cubrir eventuales obligaciones del Sr. Laboratorista					
***Tomado del Anexo G, Cronograma Global de Mantenimiento					

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura.
Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

De igual manera, para obtener un correcto desempeño y funcionamiento de la futura ejecución del mantenimiento, se sugiere exigir al personal un alto nivel de conocimientos sobre la maquinaria que está a su cargo, demostrar claras habilidades en la ejecución del mantenimiento, valorar la experiencia en el cargo a desempeñar, priorizar la disponibilidad e importancia que le dedique a las tareas encomendadas y poseer una calificación mínima de 80/100 en la evaluación del desempeño por competencias del personal. Todos estos factores aseguran el cumplimiento del mantenimiento.

La jerarquía ACTUAL del personal del laboratorio, en la ejecución del mantenimiento se estableció con base al “**DIAGRAMA DE FLUJO FUNCIONAL**”, de la Escuela Politécnica del Ejército, correspondiente al mantenimiento de equipos de laboratorio, con lo cual se enuncia la actual distribución:

Director de Departamento:

Crnl. Eddy Novillo R.

Administrador del POA:

Ing. Ángel Villavicencio.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Patricio Riofrío.

Técnico Laboratorista:

Tnlg. Roberty Velasco

Encargado de Bodega.

Sr. Nelson Cárdenas

El “Diagrama De Flujo Funcional” se encuentra detallado en el Anexo F.

7.3 ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS PARA LA PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

7.3.1 Diseño de hoja para planeación del mantenimiento

El propósito principal del presente apartado es gestionar de manera eficiente y ordenada el mantenimiento preventivo a ejecutarse en el laboratorio, por lo que la estructura del documento se fundamenta en criterios y necesidades de las máquinas y equipos.

Se formuló un trabajo en conjunto con los dueños del problema (el Jefe del Laboratorio y los señores encargados del mantenimiento y bodega) en el diseño de los documentos, donde se contemplaron indicadores de logros y escalas de cumplimiento para cada tarea asignada.

Los tiempos en los que se realizan las actividades de mantenimiento se diferencian de dos maneras, tiempos planificados y tiempos reales (mantenibilidad), con lo cual se pretende fomentar una retroalimentación positiva para el Jefe del laboratorio, de este modo se podrá mejorar los tiempos planificados con base en tiempos reales de ejecución.

La frecuencia de ejecución de este documento se ha establecido cada inicio de semana laboral.

Para un estudio mas detallado se cita el Anexo F, donde se presenta el formato de “Orden / Reporte de actividades Semanales”

7.3.2 Elaboración del cronograma global de mantenimiento

La planificación programada se ha elaborado con base en los meses del año calendario, contemplando todas las frecuencias de tiempo destinadas para el mantenimiento preventivo y/o correctivo establecido por máquina.

El mencionado documento presenta en su planificación estratégica las últimas adquisiciones del laboratorio, para lo cual se ha desarrollado el Anexo G, que expone la planificación a ejecutarse para la implementación del presente proyecto con un total de 45 Máquinas y Equipos.

El cronograma global de mantenimiento contiene las características generales de los tiempos para cada acción de mantenimiento, lo cual se ha convertido en el eslabón principal para el desarrollo del “Cronograma particular de mantenimiento”.

7.3.3 Elaboración de cronograma particular de mantenimiento

Para la elaboración del cronograma particular de mantenimiento se contemplan los siguientes aspectos:

El archivo tiene como plataforma a Microsoft Project 2010, el archivo se llama: “Planificación Semestre al 2015.mpp”, en él se encuentran detalladas todas las Máquinas-Herramientas existentes en el laboratorio a la fecha de Noviembre de

2011, distribuidos en orden descendente de acuerdo al “**Código de Máquina**”(A) designado en el capítulo 3, en el apartado “Inventario de Máquinas y Equipos existentes” del laboratorio.

Las columnas de “**Comienzo**” (B) y “**Fin**” (C), especifican los intervalos de tiempo en los cuales se ha planificado ejecutar el mantenimiento de II y III escalón según corresponda a la frecuencia de ocurrencia programada.

Las barras de Gantt (D) son representaciones graficas de la “línea de tiempo” que deben seguir las tareas a ser ejecutadas.

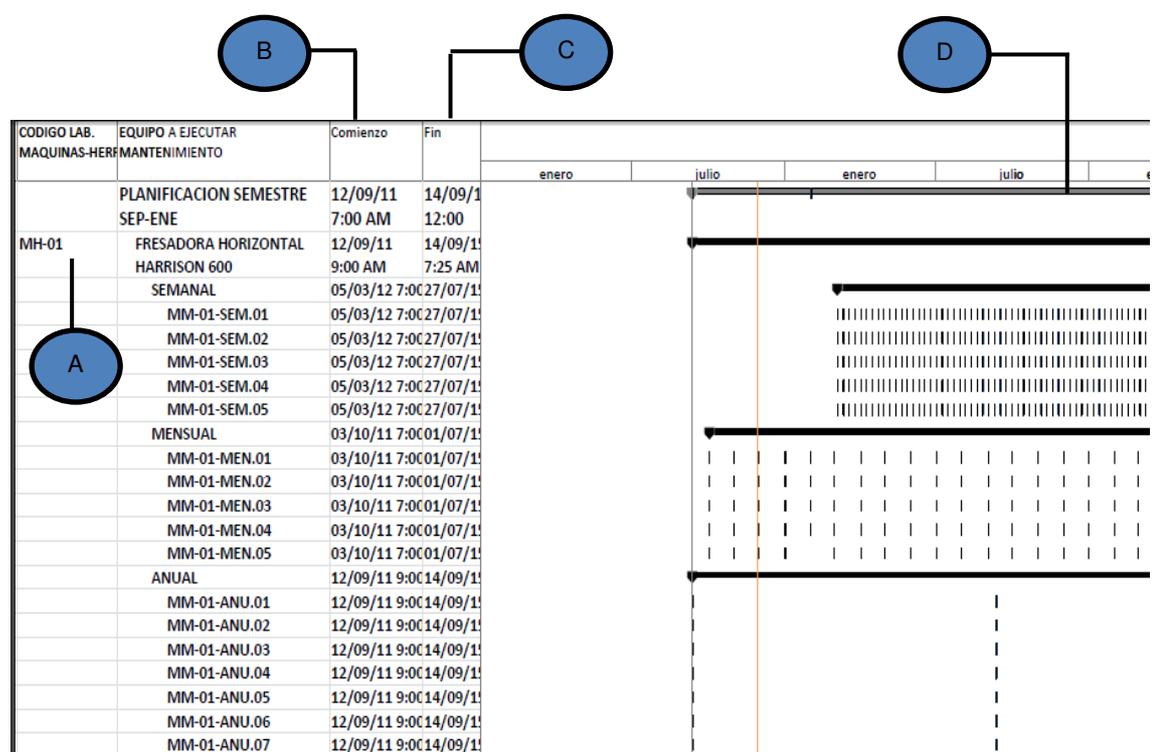


Figura 7.1 Estructura de Planificación en Microsoft Project.

La jerarquización de las tareas por máquina viene dada de la siguiente forma:

1. Planificación Semestral (semestre al que pertenecen).
2. Nombre de la máquina.
3. Frecuencias destinadas por máquina.
4. Código de la tarea asignada a cada frecuencia de ocurrencia.

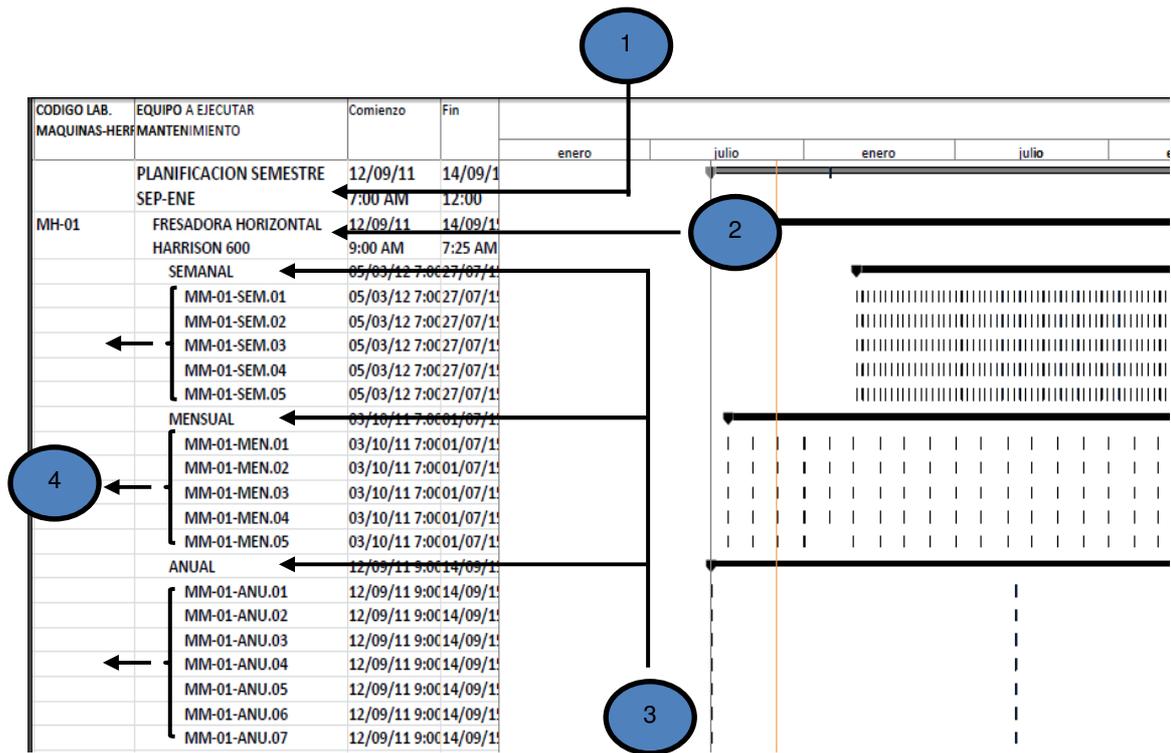


Figura 7.2 Jerarquización de tareas por máquina en Microsoft Project

Por último existe un quinto nivel, en él se detallan las acciones programadas automáticamente por Microsoft Project en los intervalos de tiempo de Comienzo y Fin, con lo cual atribuye dinámicamente a la planeación del tiempo; es decir, la continuación de los mismos para los años venideros, siempre y cuando los encargados del mantenimiento estén de acuerdo con la planificación establecida.

Las acciones de mantenimiento cuyas frecuencias excedan los seis meses han sido programadas al final de los periodos académicos; es decir, en los periodos vacacionales de Febrero y Agosto de cada año.

La programación de cada tarea de mantenimiento se agregó de la siguiente manera:

Primero:

Se estableció a que frecuencia de mantenimiento pertenece, semanal, mensual, trimestral, etc.,

Segundo:

Una vez elegida la frecuencia se procedió asignar un día de la semana en el que se va a ejecutar la tarea mencionada.

Tercero:

Con base en los manuales de mantenimiento (CAPITULO 5), se determinó el tiempo que tarda en concluir dicha actividad, y los intervalos de tiempo en los cuales tendrá su programación automática.

La siguiente captura de pantalla ilustra lo antes mencionado:

Figura 7.3 Información de tarea repetitiva.

En la determinación de periodos no laborales se utilizó la herramienta “Cambiar calendario laboral”, creando el calendario “LAB MAQ_HERR_ESPE” aplicando lo siguiente:

Agregar un día de descanso para un recurso:²⁰

1. Haga clic en la pestaña **Project** y, en el grupo **Propiedades**, haga clic en **Cambiar tiempo de trabajo**.



2. En el cuadro de diálogo **Cambiar calendario laboral**, en la lista **Para calendario**, haga clic en el recurso cuyo calendario desea cambiar.
3. Haga clic en la pestaña **Excepciones**.
4. Escriba un nombre descriptivo para la excepción, por ejemplo, **Día de descanso**, y las horas de comienzo y fin durante las que se producirá la excepción.
5. Si la excepción se repetirá en toda una parte de la programación, haga clic en **Detalles**.
6. Baje el **Patrón de periodicidad**, seleccione una frecuencia desde **Diaria** hasta **Anual** y, a continuación, seleccione cualquier detalle adicional sobre el patrón de periodicidad.

Nota Los detalles del patrón de repetición cambian, dependiendo de si desea crear un patrón diario, semanal, mensual o anual.

7. En **Intervalo de repetición**, seleccione la hora de comienzo de la excepción mediante el cuadro **Comienzo** y, a continuación, seleccione **Terminar después de** o **Terminar el**.
8. Escriba o seleccione la información correspondiente, según la hora de finalización seleccionada.
 - Si seleccionó **Terminar después de**, escriba o seleccione el número de repeticiones de la tarea.
 - Si seleccionó **Terminar el**, escriba o seleccione la fecha en la que desea que finalice la tarea repetitiva.

²⁰Project Professional 2010 con Project Web App, Ayuda de Project, Project>Configuración proyecto>Crear calendarios.

Cualquier tarea a la que este recurso esté asignado se programará en función del día de descanso. Para ello, por lo general se aumenta el número de días necesarios para completar la tarea.

La siguiente captura de pantalla indica como agregar días o periodos no laborables a la planificación del mantenimiento.

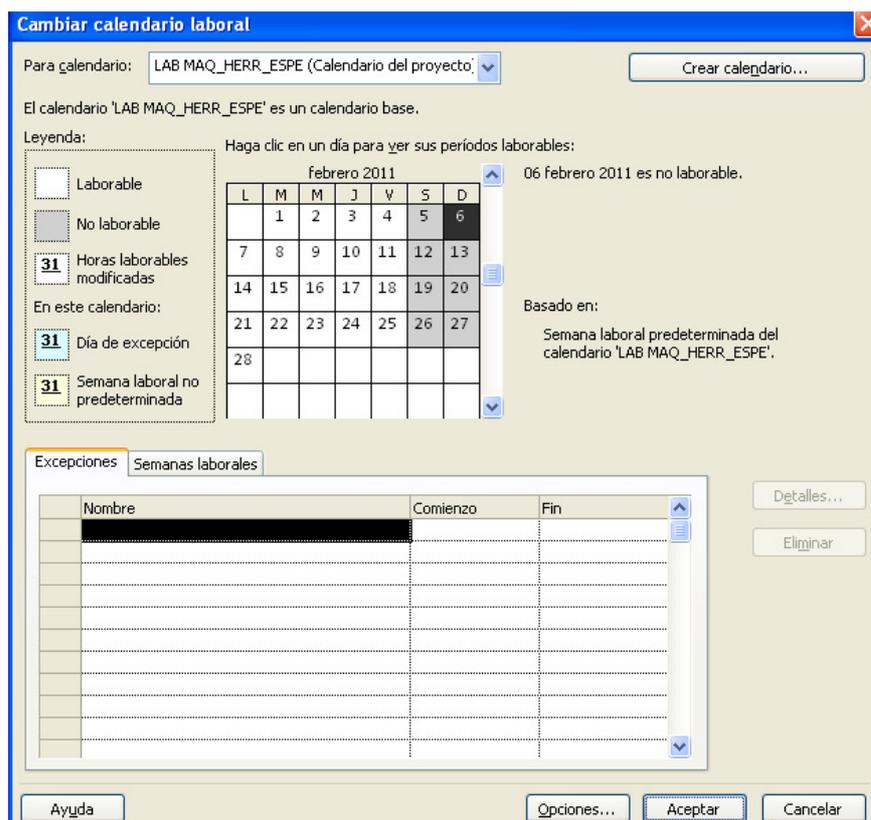


Figura 7.4 Cambio de Calendario Laboral.

En el Anexo G se encuentra impreso la planificación del laboratorio para el año 2012, sin desplegar los “Código de la tarea asignada a cada frecuencia de ocurrencia”, pues resultaría muy voluminoso anexar la planificación hasta este nivel, sin embargo en el CD que contiene la Tesis se encuentra el archivo digital con una proyección tentativa hasta el año 2015.

7.4 ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONTROL

7.4.1 Diseño de órdenes de trabajo

En el proceso de implementación del plan de mantenimiento se estableció usar el siguiente formato para las órdenes de trabajo, el cual detalla una actividad que debe ser ejecutada para una tarea que se encuentre fuera de la planificación del mantenimiento, es decir, una actividad que se suscite en el transcurso del año, que sea de carácter extraordinario y requiera un soporte físico de los documentos relevantes a la misma (órdenes firmadas, facturas, etc.)

En el Anexo F, se encuentra el formato “Orden de Trabajo” en la cual se detallan los aspectos a ser llenados por el personal encargado del mantenimiento, los campos más importantes a ser completados por los ejecutores son los tiempos y las novedades que se han presentado en el desarrollo de las actividades.

7.5 ESTRUCTURA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO

7.5.1 Planeación de Orden/ Reporte de actividades semanales

Las ordenes de actividades semanales serán emitidas por el Jefe de Laboratorio cada inicio de semana, dirigido al Señor Laboratorista, detallando las actividades a ser ejecutadas, con base en la planeación establecida para cada inicio de semestre, detalladas en el documento llamado “Cronograma Particular de Mantenimiento”.

Las tareas a ser ejecutadas durante el transcurso de la semana se programaran de manera automática, teniendo como referencia la fecha de la semana en curso.

El software de gestión desarrollado para el presente proyecto migra las acciones planeadas en el Cronograma Particular (Microsoft Project), mediante “Macros” ejecutadas en Visual Basic hacia el documento “Orden/Reporte de Actividades Semanales”, direccionando cada acción mediante “Hipervínculos” a sus respectivos Manuales de Mantenimiento.

7.5.2 Diagrama de Flujo de las órdenes de trabajo

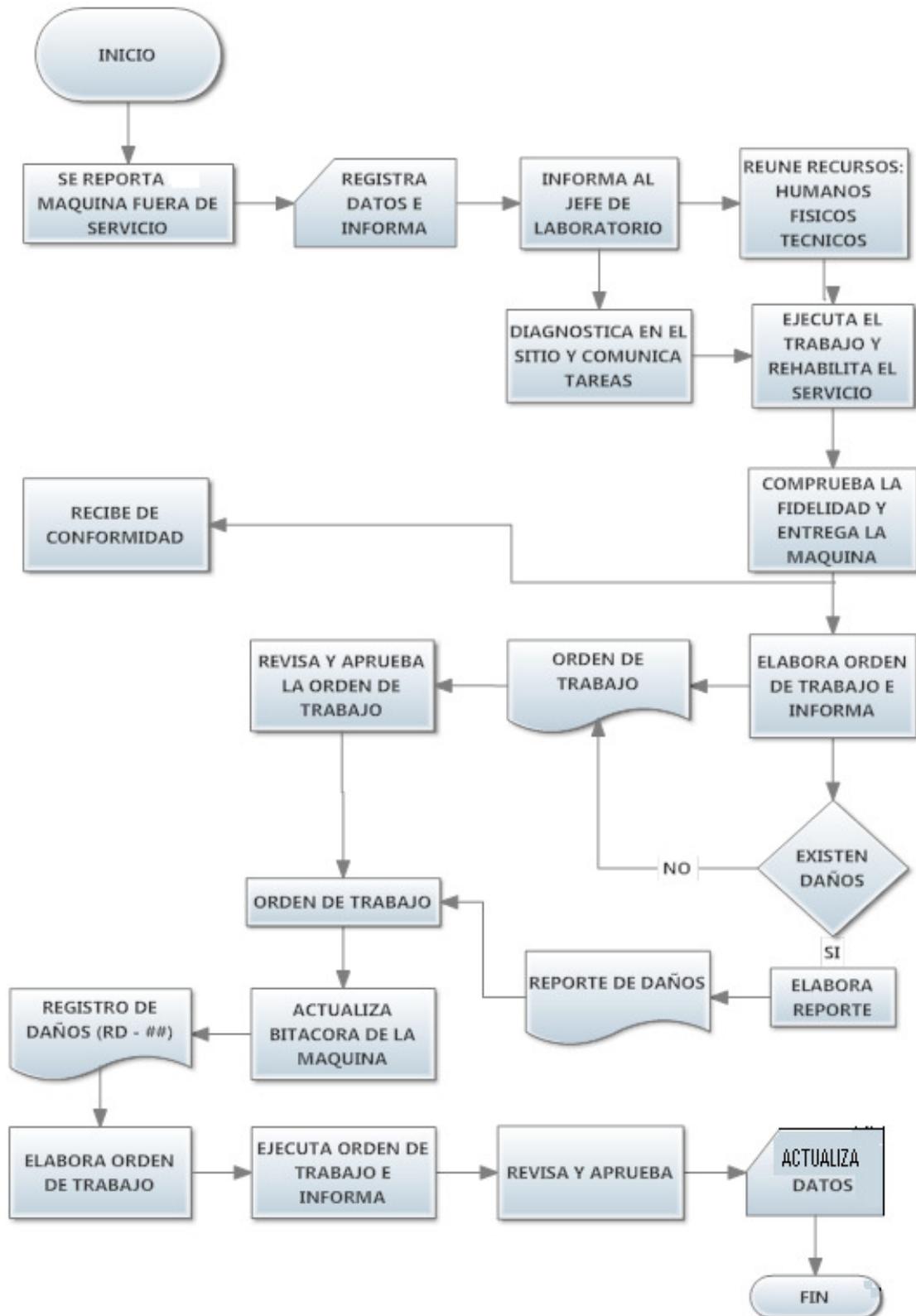


Figura 7.5 Diagrama de Flujo: Procesamiento de Ordenes de Trabajo

7.5.3 Retroalimentación y acción correctiva

La información relevante en la retroalimentación del mantenimiento en el laboratorio será obtenida automáticamente de manera semanal. Esta información constará en el Reporte de Actividades Semanales.

En la primera pestaña se encontrarán las calificaciones otorgadas por el Jefe de Laboratorio a cada actividad, así como el tiempo planificado y utilizado en realizar dicha actividad, de igual manera se podrán hallar observaciones realizadas por el ejecutor (Laboratorista) y por el Jefe de Laboratorio.

A continuación se muestra un ejemplo ilustrativo de dicha información:

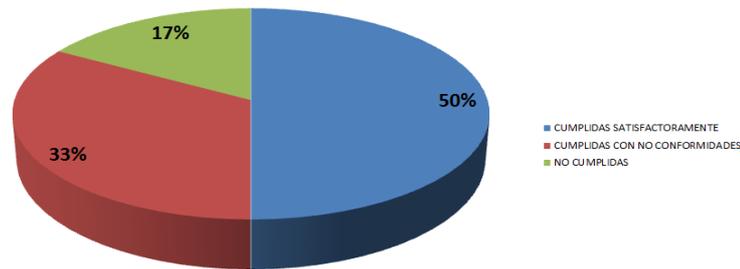
TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO UTILIZADO	OBSERVACIONES EJECUTOR	CALIFICACIÓN			OBSERVACIONES JEFE DE LAB.
			A	B	C	
2 horas	2,5 horas	Falta de materiales necesarios en el laboratorio. Hizo falta comprarlos en local externo.	x			
1 horas	5 horas	Se presentaron actividades extracurriculares		x		Cumple pero no de la manera indicada
3 horas					x	No cumple y no da explicaciones de porque no lo ha hecho

Figura 7.6 Información para retroalimentación contenida en el Reporte de Actividades Semanales

En las otras pestañas del Reporte de Actividades Semanales se hallan gráficos estadísticos del Índice de Cumplimiento de Actividades y del Índice de Calificación de Actividades. Estos gráficos son generados automáticamente a medida que el Jefe de Laboratorio califica las actividades.

A continuación se muestra un ejemplo de los citados gráficos estadísticos:

INDICE DE CALIFICACIÓN DE ACTIVIDADES



INDICE DE CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES

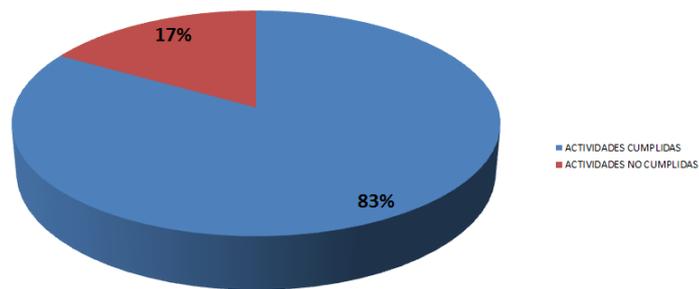


Figura 7.7 Gráficos estadísticos del Reporte de Actividades Semanales

Con ayuda de la información expuesta anteriormente, se puede generar una correcta retroalimentación en el laboratorio con respecto a la planificación y cumplimiento de las actividades para realizar las actividades correctivas necesarias, dependiendo de los problemas que se hayan detectado.

7.6 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS Y MÁQUINAS EN EL LABORATORIO

7.6.1 Distribución actual

Este plano contiene la representación de la distribución actual de los equipos y máquinas en el Laboratorio. Las dimensiones de máquinas, equipo, y del edificio se han representado de manera fiel en el plano.

De manera adicional, el plano muestra de manera general las áreas que se encuentran en la planta baja del edificio principal de laboratorios del DECEM (en donde se encuentra el Laboratorio).

La información que consta en el plano corresponde al mes de Noviembre de 2011.

A continuación se muestra una vista reducida del Plano de Distribución Actual LMH-01, el Plano en sus dimensiones reales y en formato A3 se encuentra en el ANEXO I "Planos de Distribución de Equipos y Máquinas en el Laboratorio".

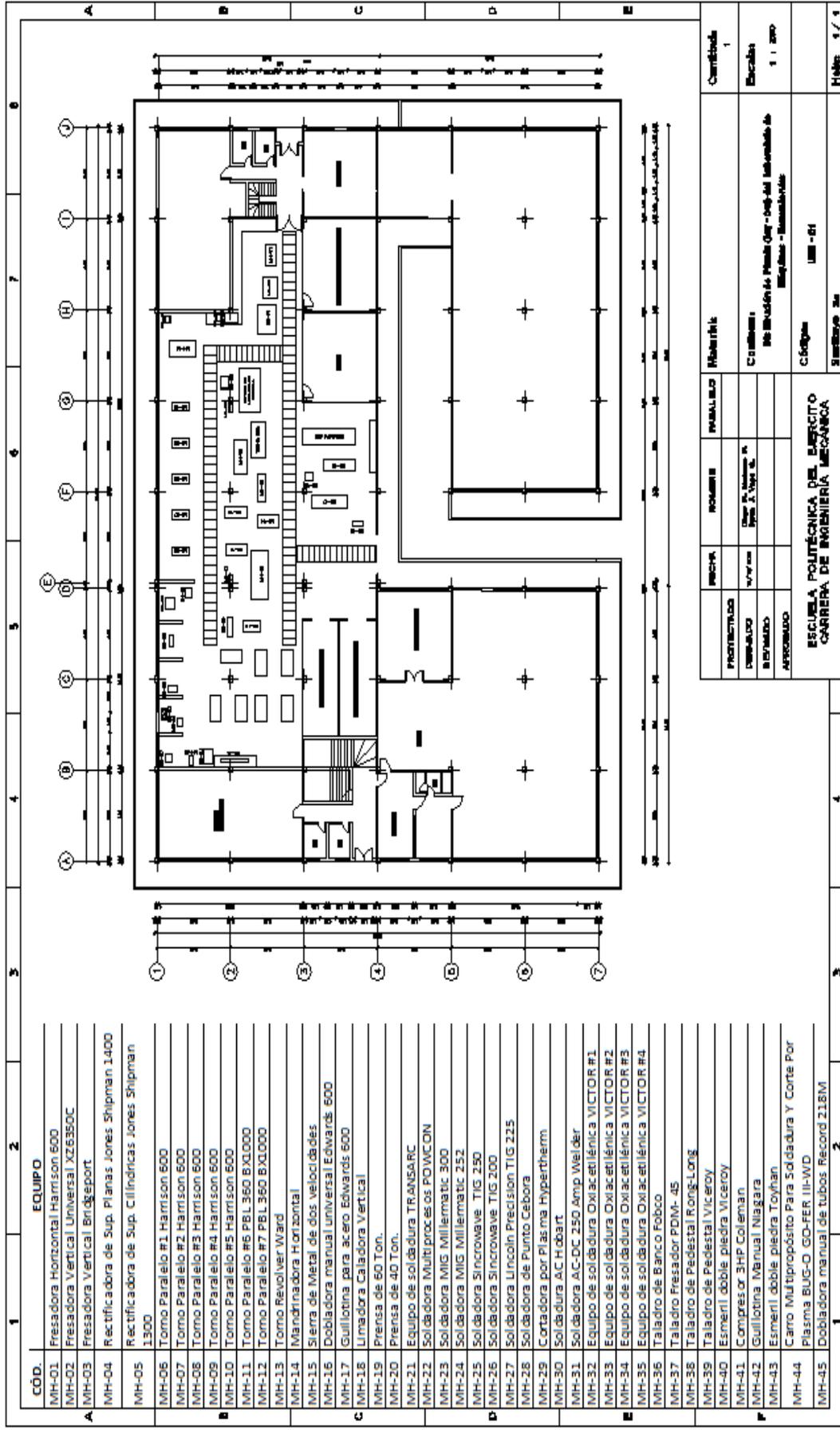


Figura 7.8 Distribución actual de Máquinas y Equipos en el Laboratorio

7.6.2 Distribución de futura ampliación recomendada del laboratorio

Para la elaboración de este plano se ha considerado la posibilidad de una ampliación del laboratorio. En esta ampliación futura, se añadiría el área de parqueaderos del edificio (incluyendo el área de la elevadora de autos) al área actual del laboratorio.

Este plano muestra las ubicaciones de las nuevas áreas que se encontrarían ocupando toda la extensión futura del laboratorio.

De igual manera, en el plano se representa la posible distribución futura de los equipos y máquinas en el laboratorio. Las dimensiones existentes de máquinas, equipo, y del edificio se han representado de manera fiel en el plano. Las dimensiones de máquinas, equipos y áreas del edificio que no existen en la actualidad, han sido estimadas y representadas en el plano.

A continuación se muestra una vista reducida del Plano de Distribución Recomendada LMH-02, el Plano en sus dimensiones reales y en formato A3 se encuentra en el ANEXO I “Planos de Distribución de Equipos y Máquinas en el Laboratorio”.

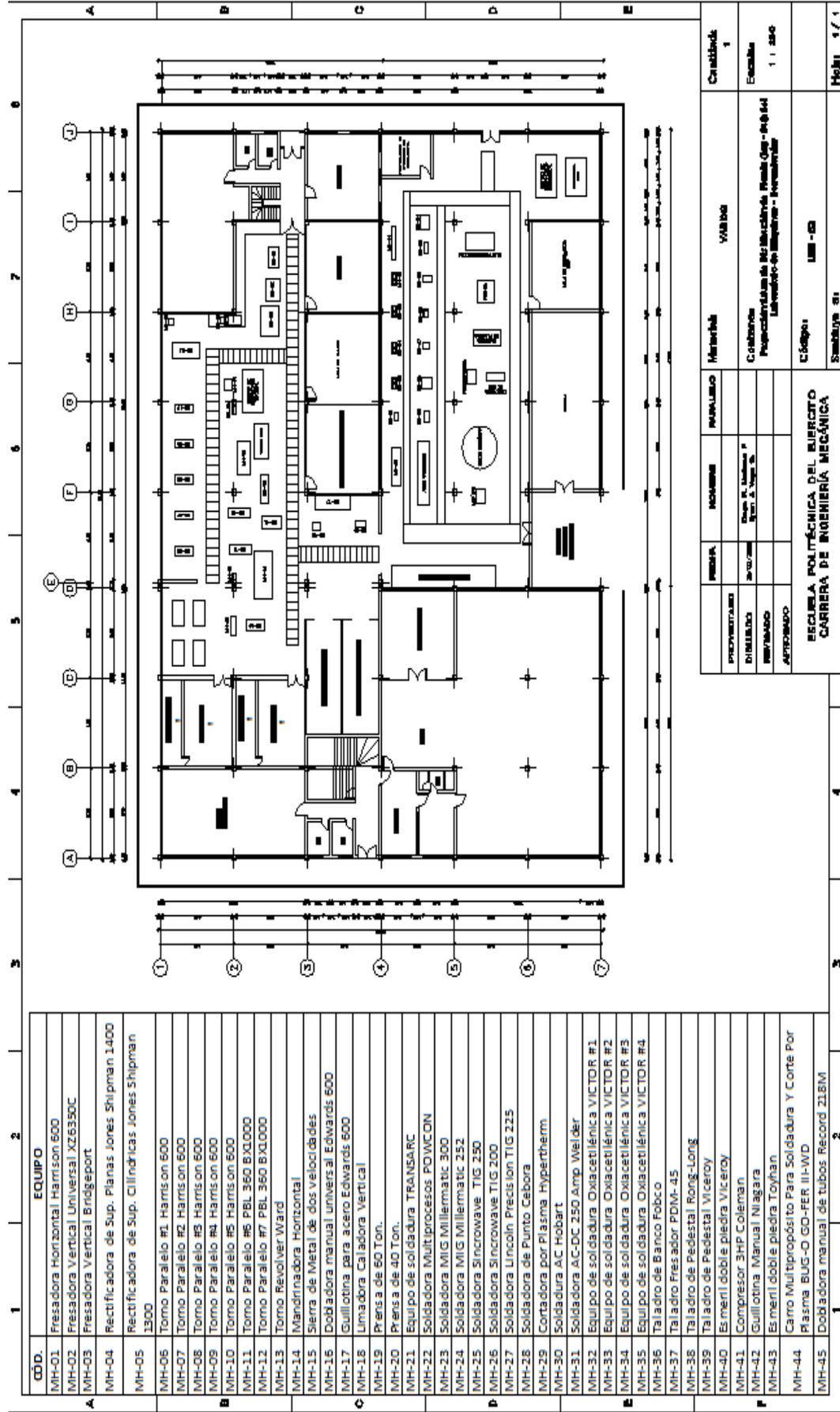


Figura 7.9 Distribución futura de Máquinas y Equipos en el Laboratorio

7.7 DISEÑO Y DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (PLATAFORMA MICROSOFT® VISUAL BASIC 6.0)

Este sistema informático consiste en un software o programa que ha sido diseñado de acuerdo a las necesidades particulares del Laboratorio de Procesos de Manufactura en lo que concierne a la gestión del mantenimiento.

A continuación se presenta una descripción general del programa. Para conocer detalladamente la estructura, funciones y uso del programa, el usuario deberá referirse al Anexo J “MANUAL DE USUARIO DEL SOFTWARE” del presente proyecto.

7.7.1 Usuarios

El software ha sido elaborado para ser utilizado por los siguientes usuarios del laboratorio:

- Jefe de Laboratorio
- Laboratorista
- Usuarios del laboratorio en general (alumnos, egresados que realizan proyectos de grado, usuarios externos).

El usuario “ENCARGADO DE BODEGA” se encuentra desactivado debido a que no se ha implementado adecuadamente una computadora con dominio y punto de red funcional en la Bodega del laboratorio. Esto hace imposible la implementación de este usuario al programa al momento de la realización del presente proyecto.

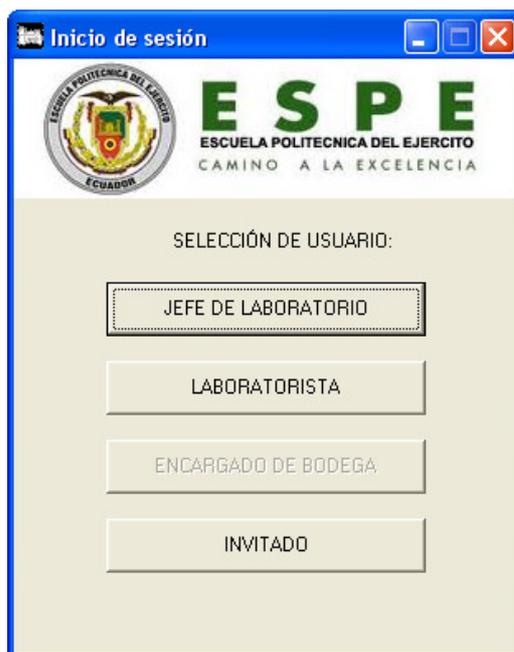


Figura 7.10 Selección de Usuario del programa

Una vez elegido el usuario, el programa pedirá el ingreso de la contraseña correcta, correspondiente al usuario seleccionado.



Figura 7.11 Validación de Usuario del Software

Si se ingresa la contraseña correcta, el programa desplegará las opciones correspondientes de acuerdo al usuario seleccionado. A continuación se muestra un ejemplo ilustrativo de las funciones activadas / desactivadas dependiendo del usuario.

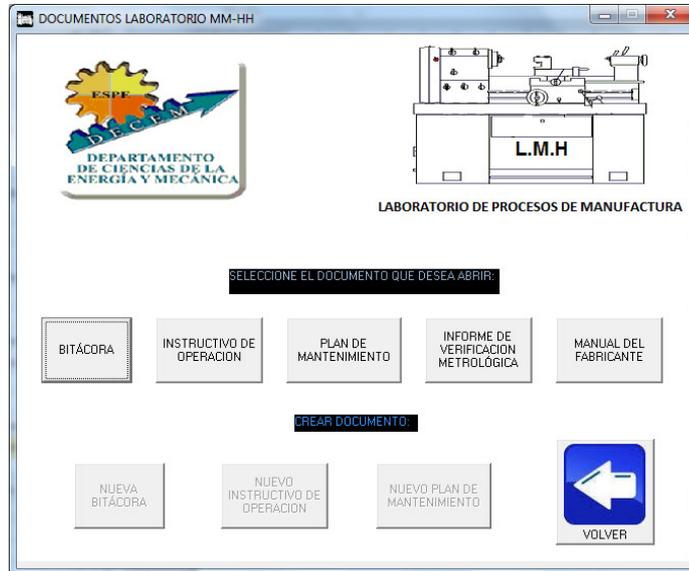


Figura 7.12 Funciones desactivadas para el usuario “LABORATORISTA”

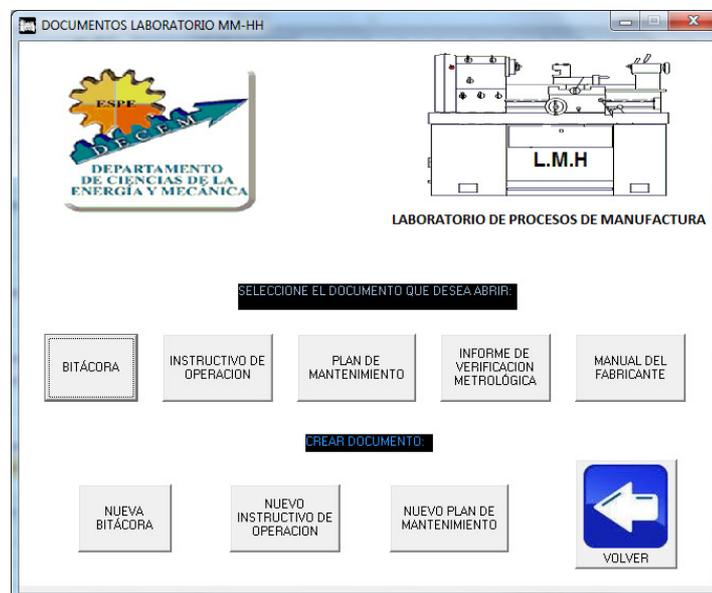


Figura 7.13 Funciones activadas para el usuario “JEFE DE LABORATORIO”

7.7.2 Funciones

A continuación se enuncian todas las funciones que posee el programa:

- Manejo de Documentos
 - Abrir los siguientes documentos existentes:
 - Bitácoras
 - Instructivos de Operación
 - Plan de Mantenimiento
 - Manuales del Fabricante
 - Informes de Verificaciones Metrológicas
 - Crear los siguientes documentos:
 - Bitácoras
 - Instructivos de Operación
 - Plan de Mantenimiento
- Gestión del Mantenimiento
 - Nuevos Documentos:
 - Generar una nueva “Orden / Reporte de Actividades Semanales” en Microsoft Excel en la que constarán las Actividades de Mantenimiento Planificado para la semana correspondiente (de acuerdo a la Planificación del Mantenimiento Preventivo en Microsoft Project), además de otras actividades planificadas / realizadas durante la semana.
 - Este documento también permitirá llevar un control interno del cumplimiento de dichas actividades y al final de la semana será archivado y protegido para evitar su futura modificación o eliminación.
 - Generar un nuevo “Resumen de Cumplimiento Anual de Acciones de Mantenimiento”, en el cual constara un registro de los porcentajes de cumplimiento de las actividades de mantenimiento planificadas para cada semana, clasificándolos por máquina y por frecuencia de ejecución.
 - Generar una nueva “Orden de Trabajo” para trabajos especiales que requieran respaldo físico y tengan otros

documentos físicos relacionados como facturas, certificados, memorándum, etc.

- Abrir los siguientes documentos:
 - Orden / Reporte de la semana en curso
 - Orden / Reportes históricos (archivados y protegidos)
 - Resumen de Cumplimiento del año en curso.
 - Resúmenes de cumplimiento histórico.
 - Ordenes de Trabajo históricas
- Otras Acciones
 - Ver planificación del mantenimiento preventivo en Project.
 - Ver cronograma global de mantenimiento preventivo en Excel.
 - Archivar la Orden / Reporte de la semana en curso
 - Archivar el resumen de cumplimiento del año en curso.

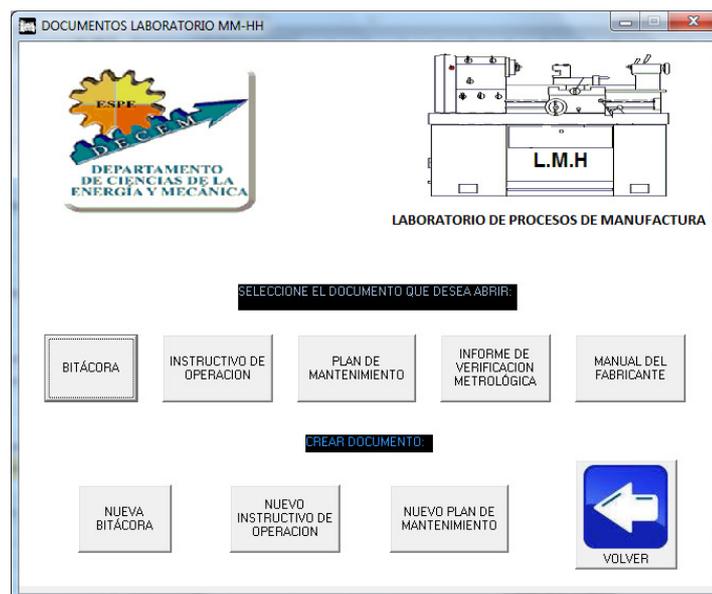


Figura 7.14 Funciones correspondientes al Manejo de Documentos

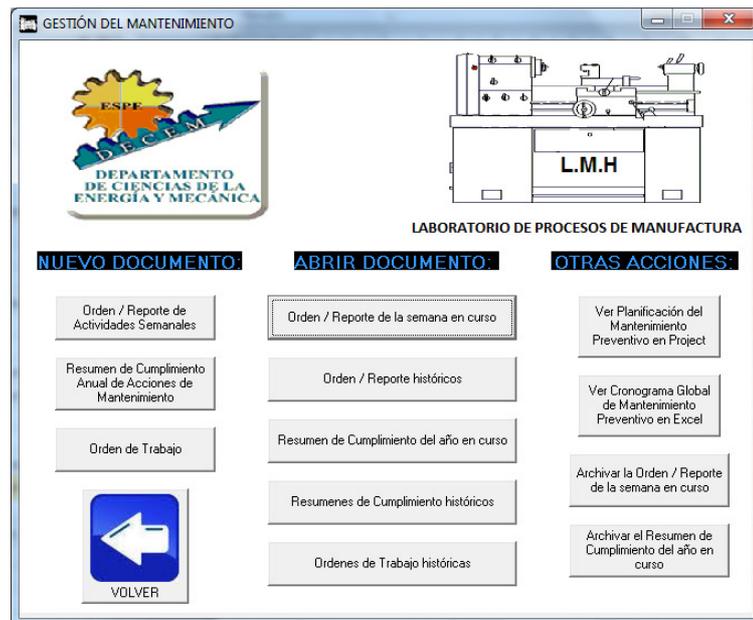


Figura 7.15 Funciones correspondientes a la Gestión del Mantenimiento

Algunas funciones solo podrán ser utilizadas por ciertos usuarios dependiendo de su nivel de privilegios en el programa. Para más información referirse al Anexo J “MANUAL DE USUARIO DEL SOFTWARE”.

CAPÍTULO 8

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

8.1 DETERMINACIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO

Los costos relacionados con el mantenimiento al 2012 tienen cuatro componentes²¹:

8.1.1 Costos de los materiales

Se fundamentan directamente con los precios de los materiales a utilizarse en el mantenimiento. La determinación de los precios se realizó con base a la tabla 4.3 donde se exponen los materiales utilizados a la fecha en la cual se realizaron las acciones de mantenimiento. La siguiente lista de materiales tiene como fundamento las proformas conseguidas al mes de Abril del 2012.

Tabla 8.1 Costos de Insumos.

ÍTEM	CANTIDAD	USD.	
		PRECIO PROYECT.	TOTAL APROX.
ACEITE REGAL OIL R&O 68	15 gal.	18.75	281,25
ACEITE UNIVERSAL GLEP 140	2 gal.	16.80	33,6
ACEITE REGALOILR&O 220	5 gal.	22.40	112
ACEITE REGAL OIL R&O 32	40 gal.	16.80	672
ACEITE CANOPUS 46	3 gal.	18.75	56,25
ACEITE TELLUS 33	3 gal	14.50	43,5
ACEITE TELLUS 63	3 gal	18.75	56,25
ACEITE PARA COMPRESOR	3 gal	22.40	67,2
ABRAZADERAS ϕ 1.5"	25 unid	0,50	12,5
BROCHA CERDA GRUESA KINGST.	15 unid	2.15	32,25
CINTA DOBLE FAZ 5M X 20MM X 1MM	5 unid	2.55	12,75
ANILLO "O" (RING - 0)	20 unid	0.75	15
DESOXIDANTE	1 gal	4.50	4,5

²¹ CRUZ, E. Ingeniería de Mantenimiento. 1ra. ed. Nueva Librería. p. 141

ÍTEM	CANTIDAD	USD.	
		PRECIO PROYECT.	TOTAL APROX.
DIESEL	3 gal	0.90	2,7
GRASA AMARILLA LIMPIA	5 libras	3.20	16
GRASA MOBIPLEX 48	5 libras	3.25	16,25
GRASA SHELLALVANIARL3	5 libras	4.50	22,5
WYPE	100 unid	0,10	10
CALIBRADOR LAMINAS 36 HOJAS 0.002- 0.035 STANLEY	1 unid.	12.17	12,17
LIJAAGUA FANDELI150	40 pliego	0.29	11,6
LIMPIADOR DE CONTACTOS ELECTRONICOS CYCLO	3 unid	4.82	14,46
LINTERNA GRANDE VARTA	1 unid	14.20	14,2
CINTA MASKING 3/4	10 unid	0.76	7,6
PAPEL ADHESIVO TRANSPARENTE	5 pliegos	3.75	18,75
PAPEL VICTORIA PERMATEX	5 pliego	4.50	22,5
PERNO ACERO 8.8 DIN UNC 8 X 30	50 unid	0.14	7
PERNO ACERO 8.8 DIN UNC 12 X 80	50 unid	0.52	26
PERNO ACERO 8.8 DIN UNC 16 X 80	50 unid	1.16	58
PERNO ALLEN C/AV DIN UNC 5 X 20	10 unid	0,11	5,5
PERNO ALLEN C/AVELL M4 X 20 PASO 1	50 unid	0,40	20
ARANDELAS DE PRESIÓN SEG. EXTERIOR E-19	10 unid	0,50	5
PRISIONERO M4	50 unid	1.25	62,5
PRISIONERO M6	50 unid	0.50	25
LOCCTITE SILICON RTV ROJA 70 ML	10 unid	2.38	23,8
CINTA AISLANTE 20 YDS3M NEGRO	10 unid.	0.80	8
TEFLON ROJO ALEMÁN	5 unid.	0,5	2,5
ACEITE 3 EN UNO	10 unid.	1.60	16
FRANELA	10 m.	0.75	7,5
MASILLA EPÓXICA RALLY 100 G.	5 unid	2.74	13,7

ÍTEM	CANTIDAD	USD.	
		PRECIO PROYECT.	TOTAL APROX.
PINTURA ANTICORROSIVA VERDE	5 lt	8.50	42,5
PINTURA AMARILLO CATERPILLAR	2 gal	8.50	17
SILICON TRANSPARENTE CARTUCHO SISTA	6 unid	3.19	19,14
CONTACTOR ELÉCTRICO MODELO GMC-12 A / 220 V / LG	2 unid	18	100
SUPERVISOR DE TENSIÓN 3F-220V-COMPLETO	1 unid	34	34
CONTACTOR ELÉCTRICO SCHNEIDER ELECTRIC LC1D18G7	1 unid	50.53	50,53
RODAMIENTOS# 51102	10 unid	9.50	95
Rodamientos AXK3047	10 unid	9.50	95
BANDAS DE REPUESTO (V A29x80 cm)	7 unid	10.50	73,5
GEL PARA LAS BOQUILLAS DE SOLDADURA	10 unid	15.30	153
POLEA PARA EL ESMERIL VICEROY	2 unid	4.75	9,5
PIEDRA ESME ABRA VIDIA 200 X 25 X 31.75 G 100	3 unid	21.75	65,25
CUÑAS DEL CARRO TRANSVERSAL (FABRICADAS BAJO PEDIDO EN FMSB)	2 unid	85	170
BANDAS PARA LOS TALADROS (V A29x80 cm)	5 unid	12.75	63,75
MANGUERA PLÁSTICA 1/2"DIAMETRO	5 unid	3,5	17,5
CINTA DOBLE FAZ 3M DOUBLE SIDED VHB ADHESIVE	5 unid	5,4	27
TOTAL INSUMOS:			2880,95

Fuente: Laboratorio de Procesos de Manufactura.

Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

El costo planificado anual destinado al mantenimiento será de \$2880,95(USD).

8.1.2 Costo de la fuerza de trabajo

La mano de obra se estableció en base al tiempo en el que el encargado del mantenimiento realiza sus tareas asignadas, en base al estudio de la matriz “Cronograma Global de Mantenimiento” (Anexo G) se concluyó destinar para el cumplimiento de las tareas de mantenimiento, cuatro de las ocho horas diarias de la jornada de trabajo, de continuar esta tendencia se reflejaría un $\mu=50\%$ ²² destinado al mantenimiento de toda la carga laboral-semestral por parte del Señor Laboratorista.

Los siguientes datos son confidenciales y de estricto uso para los fines pertinentes del Laboratorio.

Se ha clasificado al Servidor Velasco Sinchiguano Roberty Manuel con CI: 0501154165, como la mano de obra que se requiere para el mantenimiento, dicho servidor, se encuentra sujeto al Régimen 1.3 Escalas Propias – No son 20 Grados LOSEP, dentro del Distributivo de la Entidad 189 – Escuela Politécnica del Ejército (Planta Central), Dentro del Orgánico Funcional de la Entidad está sujeto al Vicerrectorado bajo la Estructura de Energía y Mecánica. El Sr. Velasco se encuentra registrado dentro del Sistema de Remuneraciones del Sector Público con el Cargo de Laboratorista desde el año 2009 con una Remuneración Mensual Unificada de USD 1,100.00; misma que fue revalorizada en el año 2011 a USD 1,121.74.

El Señor Ingeniero Gustavo Patricio Riofrío Villena, como jefe del laboratorio que coordinará las acciones destinadas al mantenimiento, se encuentra dentro del Distributivo de la Entidad 189 – Escuela Politécnica del Ejército (Planta Central), Dentro del Orgánico Funcional de la Entidad está sujeto al Vicerrectorado bajo la Estructura de Energía y Mecánica.

El Sr. Riofrío se encuentra registrado dentro del Sistema de Remuneraciones del Sector Público con el Cargo de Profesor Grado 14 con una Remuneración Mensual Unificada de USD 2.416,00.

²² Factor de tiempo del trabajo destinado para acciones de mantenimiento

El artículo 229 de la Constitución de la República establece que serán servidoras o servidores públicos todas las personas que en cualquier forma o a cualquier título trabajen, presten servicios o ejerzan un cargo, función o dignidad dentro del sector público.

Los derechos de las servidoras y servidores públicos son irrenunciables. La remuneración de las servidoras y servidores públicos será justa y equitativa, con relación a sus funciones, y valorará la profesionalización, capacitación, responsabilidad y experiencia.

Dentro de la Remuneración Mensual Unificada que perciben los servidores, se encuentran los ingresos complementarios que se describen a continuación:

**Tabla 8.2 Remuneración Mensual Unificada (R.M.U) del Señor
Laboratorista**

Ítem Presupuestario	Descripción	Masa Salarial Mensual	Masa Salarial Anual
510105	Remuneración Unificada	1,121.74	13,460.88
510203	Décimo Tercer Sueldo	1,121.74	1,121.74
510204	Décimo Cuarto Sueldo	292.00	292.00
510601	Aporte Patronal IESS	108.25	1,298.97
510602	Fondo de Reserva	1,121.74	1,121.74
	Total	3,765.47	17,295.33

Fuente: Dirección Nacional de Egresos Permanentes – MEF

Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

**Tabla 8.3 Remuneración Mensual Unificada (R.M.U) del Señor Jefe de
Laboratorio**

Ítem Presupuestario	Descripción	Masa Salarial Mensual	Masa Salarial Anual
510105	Remuneración Unificada	2.416,00	28.992,00
510203	Décimo Tercer Sueldo	2.416,00	2.416,00
510204	Décimo Cuarto Sueldo	292,00	292,00
510601	Aporte Patronal IESS	233,14	2.797,73
510602	Fondo de Reserva	2.416,00	2.416,00
	Total	7.773,14	36.913,73

Fuente: Dirección Nacional de Egresos Permanentes – MEF

Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

Las consideraciones para realizar el cálculo fueron las establecidas por la Ley Orgánica del Servicio Público (LOSEP) y su Reglamento, en el cual se detallan los siguientes puntos de interés con sus respectivos conceptos:

Remuneración Mensual Unificada: se establece la remuneración mensual unificada, la misma que resulta de dividir para doce la suma de todos los ingresos anuales que las dignatarias, dignatarios, autoridad, funcionaria, funcionario, servidora y servidor a que tenga derecho y que se encuentren presupuestados.

Décimo Tercer Sueldo: tienen derecho a percibir hasta el veinte de Diciembre de cada año, una remuneración equivalente a la doceava parte de todas las remuneraciones que hubieren percibido durante el año calendario, es equivalente a una RMU.

Décimo Cuarto Sueldo: sin perjuicio de todas las remuneraciones a las que actualmente tienen derecho, recibirán una bonificación adicional anual equivalente a una remuneración básica unificada vigente a la fecha de pago, que será cancelada Hasta el 15 de Abril de cada año en las regiones de la costa e insular; y, hasta el 15 de Agosto en las regiones de la Sierra y Amazonía, de conformidad con el Artículo 113 del Código de Trabajo, actualmente la remuneración básica unificada se fijo en USD 292,00.

Fondos de Reserva: Los servidores tienen derecho a recibir anualmente y a partir del segundo año por concepto de fondos de reserva una remuneración mensual unificada del servidor equivalente a la que perciba, conforme a las normas pertinentes que regulan la seguridad social.

Aporte Patronal: es lo que lo que el empleador paga al estado por tener un empleado/a y no es un valor recuperable. Para el caso del Sr. Velasco la forma de cálculo fue:

Ecuación 8.1 Cálculo del Aporte Patronal

$$AP = \frac{APORTE\ PATRONAL + IECE}{100} * RMU$$
$$AP = \frac{9.15 + 0.5}{100} * RMU$$

Además de los beneficios señalados el servidor por ley tendrá derecho a percibir:

Vacaciones y Permisos: Toda servidora o servidor público tendrá derecho a disfrutar de treinta días de vacaciones anuales pagadas después de once meses de servicio continuo. Este derecho no podrá ser compensado en dinero, salvo en el caso de cesación de funciones en que se liquidarán las vacaciones no gozadas de acuerdo al valor percibido o que debió percibir por su última vacación. Las vacaciones podrán ser acumuladas hasta por sesenta días.

Pago por horas extraordinarias o suplementarias: Cuando las necesidades institucionales lo requieran, y existan las disponibilidades presupuestarias correspondientes, la autoridad nominadora podrá disponer y autorizar al servidor de las entidades a laborar hasta un máximo de sesenta horas extraordinarias y sesenta suplementarias al mes.

Se considerarán horas extraordinarias a aquellas en que el servidor labore justificadamente fuera de su jornada legal de trabajo, a partir de las 24h00 hasta las 06h00 durante los días hábiles; y, durante los días feriados y de descanso obligatorio; hasta por un total máximo de sesenta horas al mes.

Para el cálculo de dichas horas se tomará como base la remuneración que perciba la servidora o servidor público que corresponda a la hora de trabajo diurno.

El trabajo que se desarrollare en sábados, domingos o días de descanso obligatorio, será pagado con el 100% de recargo y el trabajo en estos días forman parte de la jornada ordinaria de trabajo de cinco días semanales será pagado con un recargo del 25%.

De lo expuesto anteriormente se obtiene la siguiente formulación para el cálculo del valor Hora-Hombre mensual y anual.

Ecuación 8.2 Estimación del Valor Hora-Hombre Mensual destinada a la ejecución de acciones Mantenimiento.

$$\text{Hora – Hombre Mtto} = \frac{\mu \times \text{Masa Salarial Mensual}}{\text{Carga horaria Mensual}}$$

Donde:

μ = Factor de tiempo del trabajo destinado para acciones de mantenimiento

Carga horaria Mensual = Horas laboradas diarias x Días de Semana x Semana

$$\text{Hora – Hombre Mtto} = \frac{0.5 \times 3765.47}{8 \times 5 \times 4} \text{ usd/h}$$

$$\text{Hora – Hombre Mtto} = 11.76 \text{ usd/h}$$

Ecuación 8.3 Costo de la fuerza de trabajo Anual destinado al Mantenimiento.

$$\text{Valor Anual Mtto} = \mu \times \text{Masa Salarial Anual}$$

$$\text{Valor Anual Mtto} = 0.5 \times 17.295,33 \text{ usd/año}$$

$$\text{Valor Anual Mtto} = 8647.66 \text{ usd/año} \quad (\text{Laboratorista}).$$

$$\text{Valor Anual Mtto} = 18.456,86 \text{ usd/año} \quad (\text{Jefe de Laboratorio}).$$

8.1.3 Costos de amortización de los medios a utilizar

Existen dos formas de valorar la amortización de un equipo:

- a) **Contra el tiempo calendario**, es cuando el equipo va depreciándose con el tiempo independientemente de la utilización (costos indirectos)
- b) **Según el trabajo realizado** (horas trabajadas, artículos producidos, operaciones ejecutadas, etc.)

Para el caso del presente proyecto se trata del caso "a", por consiguiente los costos por amortización se evaluarían como parte de los costos indirectos.

Se los define como costos indirectos a los servicios básicos de luz, agua, aire comprimido, valor actual de la maquinaria y otros gastos generales referentes al mantenimiento.

El valor de los costes de los servicios de agua, luz y aire comprimido se establecieron en relación al 10% del costo de la fuerza de trabajo, debido a la inexistencia del valor real que sustente los gastos particulares por cada mes en para el Laboratorio de Procesos de Manufactura.

Ecuación 8.4 Costos de Amortización de los Medios a utilizar

Costos de Amortización de los Medios a utilizar = $0.10 \times \text{Valor Anual Mtto}$

Costos de Amortización de los Medios a utilizar = $0.10 \times 8647.66 \text{ usd/año}$

Costos de Amortización de los Medios a utilizar = 864.766 usd/año

La valuación de bienes inmuebles (maquinaria) se determino mediante la aplicación de la Norma TTN 11.3, la misma que calcula las depreciaciones en general, desde la óptica contable, por lo que asigna una vida probable, descontando el valor residual y de esta manera se obtiene el valor a depreciarse, que al dividirse para la edad probable, su resultado es la tasa de depreciación.

Para las máquinas del laboratorio este método resulta técnicamente aceptable, por lo que considera el estado del bien. A continuación se listan los parámetros que intervienen en el análisis y su respectivo significado.

- Valor de replazó equivalente.
- Valor residual al final de su vida útil.
- Vida útil.
- Estado del bien al momento de la inspección.

Para la valoración se adoptará la siguiente terminología:

VALOR DE REPLAZO EQUIVALENTE: Es el valor de compra del bien equivalente a la fecha del relevamiento. Se considerará equivalente, al bien que entregue similares prestaciones.

VALOR RESIDUAL: Es el monto neto que de ellos se obtendría vendiéndolos en el mercado vigente a la fecha de valuación cuando ha finalizado su vida útil, operativa o tecnológica. Se lo denomina también valor de rezago.

PERIODO DE VIDA ÚTIL: Es el tiempo en años que el bien puede ser utilizado normalmente, con mantenimiento adecuado, en buenas condiciones operativas

y tecnológicas. Se deben considerar especialmente los casos en que la obsolescencia tecnológica es determinante de ese periodo.

ESTADO DEL BIEN: Es un parámetro por el cual se cuantifica el estado de conservación del bien al momento de la inspección.

De lo enunciado anteriormente se aplica la siguiente ecuación:

Ecuación 8.5 Valor Actual de la maquinaria a la fecha de Tasación

$$Va = [Vre - (Vre - Vr) \cdot K1] \cdot K2$$

Siendo cada elemento:

Va = Valor actual

Vre = Valor de remplazo equivalente

Vr = Valor residual

K1 = Coeficiente que relaciona la antigüedad con la vida útil

K2 = Coeficiente que relaciona el estado del bien con la tabla de estados.

Ecuación 8.6 Coeficiente de relación Antigüedad vs Vida útil

$$K1 = \frac{Vu - Vrem}{Vu}$$

Donde:

Vrem = Vida remanente

Vu = Vida útil en años

En los casos en que los bienes tengan superada su vida útil, o se determina que se puede superar la vida útil, se valorizará con el concepto de expectativa de vida del bien, modificando el coeficiente K1:

Ecuación 8.7 Coeficiente modificado de relación Antigüedad vs Vida útil

$$K1 = \frac{Ant}{(Ant + Vexp)}$$

Donde:

Ant = Antigüedad del bien

Vexp = Vida esperada o expectativa de vida en años

Los valores del Coeficiente que relaciona el estado del bien con la tabla de estados, se fundamenta en la ponderación que recibe la máquina posterior a evaluación técnica

Tabla 8.4 Coeficiente de relación Estado del bien vs Tabla de estados

PONDERACIÓN	ESTADO DE MÁQUINA	COEF.K2
10	Nuevo	1
9	Excelente	0.9
8	Muy bueno	0.8
7	Bueno	0.7
6	Normal	0.6
5	Regular	0.5
4	Deficiente	0.4
3	Recuperable	0.3
2	Malo	0.2
1	Línea muerta	0.1

Fuente: Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y de Servicios

Tribunal de tasaciones

Autores: Diego Medrano, Byron Vega.

De lo anterior expuesto se presentan los siguientes resultados:

CODIGO	DESCRIPCION	PUESTA EN OPERACION (AÑO)	ESTADO DE LA MAQUINA	ANTIGÜEDAD(AÑO)	Vie (USD)	Vr (USD)	Vv (USD)	Vv' (AÑO)	Vrem (AÑO)	RANGO DE VIDA UTIL	Vexp (AÑO)	K1	K2	Vv (USD)
MH-01	Fresadora Horizontal Harrison 600	1981	6	31	35000	12000	15	-16		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	10	0.756097561	0.6	10555.85
MH-02	Fresadora Vertical Universal X26350C	2010	8	2	15000	8000	15	13		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.133333333	0.8	11251.33333
MH-03	Fresadora Vertical Bridgeport	1981	7	31	70000	15000	15	-16		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	11	0.72805228	0.7	20583.33333
MH-04	Rectificador de Sup. Planas Jones Shipman 1400	1982	7	30	70000	12000	10	-20		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	11	0.731707317	0.7	19392.68293
MH-05	Rectificador de Sup. Cilíndricas Jones Shipman 1300	1981	7	31	100000	20000	10	-21		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	11	0.72805228	0.7	28666.66667
MH-06	Torno Paralelo #1 Harrison 600	1982	6	30	30000	10000	10	-20		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	10	0.75	0.6	9000
MH-07	Torno Paralelo #2 Harrison 600	1982	7	30	30000	10000	10	-20		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	11	0.731707317	0.7	95670.756
MH-08	Torno Paralelo #3 Harrison 600	1982	6	30	30000	10000	10	-20		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	10	0.75	0.6	9000
MH-09	Torno Paralelo #4 Harrison 600	1982	8	30	30000	10000	10	-20		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	12	0.742857143	0.8	1271.42857
MH-10	Torno Paralelo #5 Harrison 600	1982	6	30	30000	10000	10	-20		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	10	0.75	0.6	9000
MH-11	Torno Paralelo #6 P8L 360 BX1000	2009	8	3	10000	5000	10	7		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.3	0.8	6800
MH-12	Torno Paralelo #7 P8L 360 BX1000	2009	8	3	10000	5000	10	7		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.3	0.8	6800
MH-13	Torno Revolver Ward	1982	6	30	45000	10000	10	-20		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	10	0.75	0.6	11250
MH-14	Mandritadora Horizontal	1981	6	31	30000	10000	10	-21		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	10	0.756097561	0.6	8976.829268
MH-15	Sierra de Metal de dos velocidades	1982	5	30	1500	800	8	-22		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	9	0.769230769	0.5	480.7692308
MH-16	Dobladora manual Universal Edwards 600	1982	7	30	3000	1000	8	-22		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	11	0.731707317	0.7	1075.609756
MH-17	Guillotina para acero Edwards 600	1981	4	31	10000	3000	10	-21		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	8	0.724871295	0.4	1774.338974
MH-18	Lunadora Caladora Vertical	1981	4	31	8000	3000	20	-11		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	8	0.724871295	0.4	1610.25641
MH-19	Presia de 60 Ton.	1980	6	32	60000	25000	15	-17		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	10	0.761904762	0.6	20000
MH-20	Presia de 40 Ton.	1980	6	32	5000	2000	10	-22		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	10	0.761904762	0.6	1628.571429
MH-21	Equipo de soldadura TRANSARC	1981	3	31	800	200	10	-21		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	7	0.835788474	0.3	93.15788474
MH-22	Soldadora Multiprocesos POWCON	1993	6	19	5000	1500	10	-9		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	10	0.655172414	0.6	1624.137931
MH-23	Soldadora MIG Millermatic 300	2009	7	9	6500	3000	10	1		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.9	0.7	2345
MH-24	Soldadora MIG Millermatic 252	2011	8	21	5000	3000	10	9		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.1	0.8	3840
MH-25	Soldadora Sincrowave TIG 250	2008	8	4	7000	3500	10	6		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.4	0.8	4480
MH-26	Soldadora Sincrowave TIG 200	2008	8	4	4500	3000	10	6		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.4	0.8	3120
MH-27	Soldadora Lincoln Precision TIG 225	2011	9	1	6000	5000	10	9		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.1	0.9	5310
MH-28	Soldadora de Punto Cabera	1981	6	31	3500	500	10	-21		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	10	0.756097561	0.6	739.0249302
MH-29	Corredora por Plasma Hypertherm	2005	7	9	4000	1000	10	1		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.9	0.7	910
MH-30	Soldadura AC Hobart.	1981	2	31	500	200	10	-21		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	6	0.837878388	0.2	49.72972973
MH-31	Soldadura AC DC 250 Amp Welder	2006	7	6	500	150	10	4		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.6	0.7	203
MH-32	Equipo de soldadura Oxicetelénica VICTOR #1	2010	9	2	400	300	10	8		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.2	0.9	342
MH-33	Equipo de soldadura Oxicetelénica VICTOR #2	2010	9	2	400	300	10	8		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.2	0.9	342
MH-34	Equipo de soldadura Oxicetelénica VICTOR #3	2010	9	2	400	300	10	8		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.2	0.9	342
MH-35	Equipo de soldadura Oxicetelénica VICTOR #4	2010	9	2	400	300	10	8		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.2	0.9	342
MH-36	Taladro de Banco Foboo	1981	4	31	1500	500	8	-23		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	8	0.724871295	0.4	282.0512821
MH-37	Taladro Fresador PDM- 45	2010	8	2	5000	3000	8	6		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.25	0.8	3600
MH-38	Taladro de Pedestal Rong Long	2009	8	3	1500	800	8	5		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.375	0.8	990
MH-39	Taladro de Pedestal Viceroy	1981	4	31	1500	800	8	-23		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	8	0.724871295	0.4	377.438974
MH-40	Esmeril loche piedra Viceroy	1981	6	31	350	100	10	-21		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	10	0.756097561	0.6	96.3836585
MH-41	Compresor 3HP Coleman	2008	8	4	1500	900	10	6		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.4	0.8	1008
MH-42	Guillotina Manual Niagara	2007	8	5	2000	500	10	5		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.5	0.8	1000
MH-43	Esmeril loche piedra Toyhan	2000	7	12	350	100	10	-2		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	11	0.52173913	0.7	153.695652
MH-44	Carro Multipropósito Para Soldadura Y Corte Por Plasma BULG-O GO-FER II-WD	2010	9	2	1500	1000	8	6		DEINTRO DE RANGO DE VIDA UTIL		0.25	0.9	1237.5
MH-45	Dobladora manual de tubos Record 218M	2000	7	12	180	100	8	-4		SOBREPASA VIDA UTIL, DETERMINE ESPECTATIVA DE VIDA	11	0.52173913	0.7	96.7826087

Tabla 8.5 Resultados de Valores Actuales de las Máquinas en el Laboratorio para Tasación al 2012.

8.1.4 Servicios comprados y otros gastos

Obedecen a las pérdidas por inactividad de la maquinaria que se encuentra en reparación, es decir; las pérdidas en la producción por la disminución en el volumen de ventas-lucro cesante, y la contratación de mano de obra indirecta o externa.

El cálculo de los costos de servicios comprados y otros gastados, se los consideró cero, debido a que no se producen piezas en serie en los equipos, de esta manera las paradas por mantenimiento no repercuten hacia costos de producción.

8.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

8.2.1 Factibilidad económica

La demanda de capital para la ejecución del presente proyecto no ha representado un monto significativo, debido a las políticas de gestión implementadas por la Escuela Politécnica del Ejército, las mismas que se refieren a todos los escalones del mantenimiento, así como también se encarga de los sueldos de todo el personal de mantenimiento asociado con el laboratorio

El enfoque principal con el que se manejó el proyecto fue el financiamiento mediante una correcta y adecuada racionalización y redistribución de los recursos asignados al laboratorio, dejando en un segundo plano el modelo de financiamiento del gasto.

8.2.2 Determinación de la inversión del proyecto

La inversión fija relacionada al presente proyecto fueron los rubros destinados a los estudios de los proyectos y gastos de organización, este monto se ha considerado teniendo en cuenta los gastos de los asesores y técnicos que han colaborado de manera directa con la ejecución del proyecto.

El siguiente cuadro presenta una visión global de los gastos que han tenido relación con la administración de la ingeniería, tanto como costos directos e indirectos, así como también la determinación de imprevistos.

8.2.3 Costos Indirectos

8.2.3.1 Personal

Cant	Posición	Nombre	Horas – H (horas/semana)	Semanas	Valor H-H (USD)	Valor Total (USD)
1	Director	Ing. Patricio Riofrío	2	24	\$ 20	\$ 1344
1	Codirector	Ing. Juan Díaz	1.5	24	\$ 20	\$ 1008
TOTAL						\$ 2352

Tabla 8.6 Determinación de Costos Indirectos Personales.

8.2.3.2 Misceláneos

Descripción	USD / Semana	Semanas	Valor total
Gastos administrativos	\$ 15	24	\$ 360
Transporte	\$ 5	24	\$ 120
Internet	\$ 10	24	\$ 240
Servicios básicos	\$12	24	\$ 288
TOTAL			\$ 1008

Tabla 8.7 Determinación de Costos Indirectos Misceláneos.

8.2.4 Costos Directos

8.2.4.1 Remuneraciones a estudiantes

Descripción	Nombre	Horas – H (horas/semana)	Semanas	Valor H-H (USD)	Valor Total (USD)
Estudiante	Byron Vega	5	24	\$ 10	\$ 1200
Estudiante	Diego Medrano	5	24	\$ 10	\$ 1200
TOTAL					\$ 2400

Tabla 8.8 Determinación de Costos Directos referentes a Remuneraciones a Estudiantes.

8.2.4.2 Insumos y materiales

Cant.	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
2	Libros especializados	\$ 50	\$ 100
3	Resma papel A4	\$ 5.50	\$ 16.50
4	Cartuchos impresora	\$ 13.25	\$ 53
1	Computadora de escritorio	\$ 200	\$ 200
500	Fotocopias	\$ 0.04	\$ 20
TOTAL			\$ 389.50

Tabla 8.9 Determinación de Costos Directos referentes a Insumos y Materiales

8.2.5 Costos Totales

Las siguientes son las cifras que ha presentado el proyecto después de añadir al valor total todos los costos directos e indirectos, sumados a estos los imprevistos que constituyen un 10% del valor de la implementación.

Tabla 8.10 Determinación de Costos Totales referentes a la Inversión.

DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
Total costos de implementación	\$ 6149.50
Imprevistos (10%)	\$ 614.95
Total proyecto: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE LAS MÁQUINAS DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO."	\$ 6764.45

8.2.6 Financiamiento

RUBROS:	PRESUPUESTO	RECURSOS PROPIOS		RECURSOS EXTERNOS	
		USD	%	USD	%
Ingeniería y Administración	3360	3360	100	0	0
Costos Directos	2789.50	2789.50	100	0	0
Imprevistos	614.95	614.95	100	0	0
TOTAL GENERAL:	6764.45	6764.45	100	0	0

Tabla 8.11 Financiamiento referente a la Implementación.

8.2.7 Capital de Trabajo

El capital de trabajo corresponde al monto de disponibilidad que debe tener la empresa, para atender sus necesidades ordinarias de operación. Un método de cálculo aceptado es el que desglosa las necesidades de capital de trabajo en los siguientes conceptos: Materia prima en existencia y en tránsito, otros materiales en existencia, Materiales en proceso, Caja y bancos, Productos terminados, Productos vendidos, y por cobrar.²³

El capital de trabajo necesario que requiere el proyecto se refiere a los materiales que se necesitan para elaborar el mantenimiento y el pago de gastos corrientes sistemáticos como pagos de sueldos y planillas de consumo de los servicios básicos.

Capital de trabajo Anual	USD / AÑO
Insumos para el mantenimiento	2880,95
Mano de obra	8647,67
Luz, Agua, Teléfono	864,76
Total	12.393,38

Tabla 8.12 Capital de Trabajo.

8.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

8.3.1 Costos inmediatos

Cant.	Descripción	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
2	Mano de obra directa (dos tesis)	1200	2400
2	Libros especializados	50	100
3	Resma papel A4	5.50	16.50
4	Cartuchos impresora	13.25	53
1	Computadora de escritorio	200	200
500	Fotocopias	0.04	20
TOTAL			\$ 2789,5

²³ CAIZA, L. LÓPEZ. Estudio, diseño e implementación de un sistema de mantenimiento para los laboratorios de la facultad de ingeniería mecánica de la ESPE. Tesis Ing. Mec. Sangolquí. ESPE. Facultad de Ingeniería Mecánica 2006. 123 p.

8.3.2 Costos administrativos y no asegurados

COSTO ADMIN Y NO ASEGURADOS	USD / AÑO
Sueldo anual para Gerencia y administración del Laboratorio. (Jefe de Laboratorio)	18.456,86
Sueldo anual para control y manejo de bodega. (Encargado de Bodega)	4323,83
Gastos de oficina	432,38
Total	23.213,07

8.3.3 Inversión total inicial

8.3.3.1 Fija

<i>Inversión total inicial Fija</i>	USD / AÑO
Insumos para el mantenimiento (herramientas y repuestos)	2880,95
SUBTOTAL	2880,95
5% Imprevistos	144,04
TOTAL	3024,99

8.3.3.2 Diferida

<i>Inversión total inicial Diferida</i>	USD / AÑO
Propiedad Intelectual del proyecto: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE LAS MÁQUINAS DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO.”	6764.45
Planeación e Integración.	40
Ingeniería del proyecto	50
Administración del Proyecto	20
SUBTOTAL	6874.45
5% Imprevistos	343.72
TOTAL	7218.17

8.3.4 Depreciaciones y amortizaciones

INVERSIÓN	Costo	Amortización Anual	Depreciación Anual	Periodo (años)
Proyecto	7218.17	1443.63		5
Insumos para el mantenimiento (herramientas y repuestos)	2880,95		960.31	3
TOTAL	10.099,12	1443.63	960.31	

8.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Años	2011	2012	2013	2014	2015
Rubro					
INGRESOS					
Ahorro	0	30000	32000	35000	38000
EGRESOS					
Producción	2789,5	0	0	0	0
Mantenimiento	0	12393,38	12393,38	12393,38	12393,38
Administrativos y no asegurados	0	23213,05	23213,05	23213,05	23213,05
UTILIDAD	-2789,5	-5606,43	-3606,43	-606,43	2393,57
Activos fijos		3024,99			
Activos diferidos		7218,17			
Depreciación		960,31	413,52	413,52	413,52
Amortización		1443,63	1443,63	1443,63	1443,63
FLUJO NETO	-2789,5	2232,79	-1749,28	1250,72	4250,72
	TIR		29%		
	VAN		1.95		

CAPÍTULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

- El diagnóstico de la situación actual del laboratorio en lo que respecta al campo del mantenimiento, se determinó mediante la recopilación de datos históricos que reposaban en los archivos de la oficina del Señor Laboratorista, el resultado del análisis concerniente al nivel de documentación del mantenimiento obtuvo la calificación de "Regular", debido a la falta de control y actualización de registros. Al momento de la evaluación, únicamente el 24% de la documentación se encontraba actualizada, lo que indicaba que el mantenimiento solamente se realizaba a pocas máquinas o no se registraban las acciones de mantenimiento tal y como se las ejecutaban.
- Los costos anuales de mantenimiento para el laboratorio en base a los insumos y mano de obra, ascienden a 11.528,61 USD, lo que constituye un valor mínimo para la correcta ejecución del plan de mantenimiento.
- El mantenimiento correctivo hacia las máquinas y herramientas se llevó a cabo de manera satisfactoria según lo planificado para el mantenimiento de II y III escalón, ejecutando un mantenimiento correctivo a un total de 13 máquinas, incluyendo la reparación y puesta en marcha del sistema eléctrico del Torno Paralelo Harrison 600 #2, a través de la adquisición e instalación del Contactor Schneider Electric LC1D18G7, lo cual contribuyó como un aporte adicional al presente proyecto de grado.
- El diseño de la nueva distribución de planta a sido acogida como valida para una futura ampliación de las instalaciones del Laboratorio, teniendo en cuenta una óptima localización de las máquinas y áreas según su facilidad de acceso, utilidad, tipo de proceso, seguridad y mantenibilidad,

incorporando de esta manera 6 nuevas áreas y 10 nuevas máquinas por adquirir.

- El programa “SOFTWARE PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA” se encuentra implementado y funcionando en el Laboratorio, lo cual garantiza un alto índice en el cumplimiento de las tareas asignadas y el aseguramiento de la vida útil de los activos.
- El resultado de la verificación metrológica realizada evidenció un índice del 80% de No conformidades metrológicas, con base a los informes realizados se detectaron grandes variaciones en los valores de las desviaciones permisibles respecto a la norma. De manera que estas máquinas – herramientas, solo pueden ser usadas con fines académicos, poco recomendables para maquinar piezas que exijan altas tolerancias en la prestación de servicios a la industria.
- Se evidencia una mejora en la disponibilidad operacional a cada máquina y equipo que interviene en el proceso productivo del laboratorio; de igual manera se han sentado las bases para el mantenimiento que incidirán directamente en la prolongación de la vida útil de los equipos.
- El manual de usuario para la correcta aplicación del software de mantenimiento fue utilizado en la capacitación dictada al personal del laboratorio el día 20 de Julio del 2012, donde se solventaron las dudas y preguntas sobre el alcance y aplicación del software implementado.
- La entrega- recepción del proyecto se llevo a cabo el día 17 de Agosto del 2012, como resultado final de la elaboración del proyecto de tesis previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, para lo cual los comparecientes acordaron la mutua aceptación del mismo, cuyos resultados son satisfactorios.

- El tiempo anual calculado, destinado netamente para el mantenimiento es de 841 horas (excluido el tiempo que el señor laboratorista realiza asistencia a la docencia), este es un valor muy alto para ser cubierto por una sola persona, para el cumplimiento y obtención de resultados positivos en el mantenimiento resulta inminente la contratación de otra persona que ejecute las tareas programadas hacia las máquinas.
- Se diseñó e implementó un sistema apoyado por ordenador para facilitar la gestión de las tareas de mantenimiento en el Laboratorio de Procesos de Manufactura, basado en un plan integral de mantenimiento que se ajusta a las necesidades particulares del laboratorio, de igual manera se realizaron verificaciones metrológicas con el afán de preservar y asegurar la disponibilidad de las máquinas y equipos.

9.2 RECOMENDACIONES

- A partir de la implementación se recomienda a los Señores encargados del mantenimiento llevar un registro de toda acción de mantenimiento realizada a las máquinas y herramientas del laboratorio, estos datos son de gran importancia en la planificación y elaboración del plan de mantenimiento.
- Se debe incluir en el presupuesto anual del laboratorio los costos de la externalización de acciones de mantenimiento correctivo para la realización del overhaul de IV y V escalón en las máquinas que acusan no conformidades con los estándares de la verificación metrológica, con la finalidad de que retomen sus condiciones básicas de maquinado y parámetros estructurales de prestación.
- Es muy aconsejable que la "Escuela Politécnica del Ejército" contrate una persona que se ajuste al perfil profesional del análisis realizado en la descripción del personal idóneo para el laboratorio, o en su defecto capacitar al personal existente, para el cumplimiento de las actividades relacionadas al mantenimiento de II y III escalón, de esta manera se asegurará el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo con la correcta interpretación de los indicadores que provee el programa computacional,
- Para obtener mejores resultados se recomienda al señor laboratorista mantener un stock adecuado con los repuestos necesarios para ejecutar el mantenimiento planificado.
- Es aconsejable el uso del modelo de financiamiento enfocado en una adecuada racionalización y redistribución de los recursos asignados al laboratorio de procesos de manufactura.

BIBLIOGRAFÍA

- Lezana, E. Curso de Diagnóstico y Valoración del Mantenimiento de una Empresa. Primera ed. España. T.M.I.S.I. 2000.
- Dounce, E. La Productividad en el Mantenimiento Industrial. Segunda ed. México. Grupo Editorial Patria. 2007.
- Konz, S. Diseño De instalaciones industriales. Primera ed. S.L. Limiza Noriega Editores.1991.
- Baca G. Evaluación de proyectos. 4ta ed. México. Mc Graw Hill. 2001.
- Duffuaa, S. Raouff, A. y Dixon, J. Sistemas de mantenimiento: planeación y control. Primera ed. México. Limusa. 2000.
- Prando, R. Manual: Gestión de mantenimiento a la medida. Primera ed. Guatemala. Editorial Piedra Santa. 1996.
- Díaz del Río, M. Manual de maquinaria de construcción. 2da ed. Madrid. Mc Graw Hill. 2007.
- Cruz, E., Ingeniería de Mantenimiento. Primera ed. Argentina. Nueva Librería. 1998.
- QUILO, V. Diseño y elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de la compañía San Antonio Services Ltd. Tesis Ing. Mec. Quito. EPN. Facultad de Ingeniería Mecánica. 2011.
- MOROCHZ, M y SALVADOR, J. Documentación del sistema de calidad para el laboratorio de máquinas herramientas de la E.S.P.E. normas NTE INEN ISO 9001:96 GPE INEN-ISO/IEC 25 95. Tesis Ing. Mec. Sangolquí. ESPE. Facultad de Ingeniería Mecánica. 1999.
- GUERRA, M. SEGURA, L. Diseño e implementación de un plan integral de mantenimiento y seguridad industrial para el taller de estructuras

metálicas de la FMSB “Santa Bárbara” S.A. Tesis Ing. Mec. Sangolquí. ESPE. Facultad de Ingeniería Mecánica. 2006.

- CAIZA, L. LÓPEZ. Estudio, diseño e implementación de un sistema de mantenimiento para los laboratorios de la facultad de ingeniería mecánica de la ESPE. Tesis Ing. Mec. Sangolquí. ESPE. Facultad de Ingeniería Mecánica 2006.
- <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/828/3/CAPITULO%203.pdf>, Indicadores de Mantenimiento, Español, 2011.
- <http://issuu.com/rcm2/docs/parte3>, Mantenimiento, su implementación y su gestión. Español, 07-07-2009