

# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

### ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO

ÁLVARO JAVIER ÁVILA VEGA

[avila\\_javier@hotmail.com](mailto:avila_javier@hotmail.com)

LENIN MAURICIO RODRÍGUEZ FREIRE

[lenmaro@hotmail.com](mailto:lenmaro@hotmail.com)

DIRECTOR: ING. LUIS JÁCOME

[luisfernandojacome@epn.edu.ec](mailto:luisfernandojacome@epn.edu.ec)

Quito, Noviembre 2012

## DECLARACIÓN

Nosotros, Ávila Vega Álvaro Javier, Rodríguez Freire Lenin Mauricio, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación anterior y que se han consultado referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido en la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y la normativa institucional vigente.

---

**Ávila V. Álvaro J.**

---

**Rodríguez F. Lenin M.**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente proyecto de titulación fue desarrollado en su totalidad por: ÁVILA VEGA ÁLVARO JAVIER y RODRÍGUEZ FREIRE LENIN MAURICIO, bajo nuestra supervisión.

---

**ING. LUIS JÁCOME**

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

**ING. PATRICIO FLOR**

**COLABORADOR**

---

**ING. MARIO GRANJA**

**COLABORADOR**

## AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres, por su apoyo incondicional al permanecer junto a nosotros en aquellos momentos difíciles, y brindarnos sus palabras de aliento y confianza, para lograr alcanzar esta meta propuesta.

A nuestros hermanos y hermanas, por haber fomentado en nosotros el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida, y así mantener la convicción de dar nuestro mejor esfuerzo.

A la Escuela Politécnica Nacional y de manera especial al personal docente y administrativo de Facultad de Ingeniería Mecánica, al guiarnos durante toda nuestra formación profesional dentro de la institución.

De manera muy especial al Ing. Fernando Jácome, ya que debido a sus ideas siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la guía y una herramienta importante para desarrollar y concebir el presente proyecto.

Al Ingeniero Patricio Flor debido a su importante aporte y participación activa durante el desarrollo de este proyecto de titulación, y por encima de todo, por su disponibilidad y paciencia.

A los Ingenieros Miguel Landivar y Mario Granja por sus consejos y ayuda recibida.

## DEDICATORIA

Papá y Mamá: Por creer siempre en mí, ser un ejemplo para mí y mis hermanos, darnos siempre sus buenos consejos y apoyo en aquellas circunstancias difíciles de la vida , ayudarnos y enseñarnos a levantarnos a pesar de lo difícil que sea el camino, y sobre todo por su paciencia y entrega total a todos sus hijos.

A mis hermanos: Carlos, Ximena, Lorena y Anita por ser mis mejores amigos, unos grandes seres humanos, y siempre darme su cariño y comprensión.

A todos mis familiares y amigos que en su momento supieron brindarme su apoyo.

Álvaro.

A mis padres, Luis y Nancy, quienes con su valioso ejemplo de superación me han sabido guiar por este camino siempre alentado por su apoyo incondicional, y han sabido forjar en mí el deseo de seguir adelante a pesar de la dificultad del camino, mi madre con su paciencia y cariño infinito y mi padre con su temple para seguir luchando, han conseguido formar en mí no solo al profesional, sino también a la persona.

A mis hermanos, Silvia y Danny que siempre estuvieron cuando necesitaba unas palabras de aliento para continuar, sea en las buenas o en las malas siempre pude contar con ellos.

A todas las personas que estuvieron presentes en mi lucha, a mis amigos, tíos, familiares y a Andrea, mi novia, sin su apoyo y cariño no hubiera sido lo mismo.

Lenin

<b>CONTENIDO</b>	Pág.
DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
RESUMEN.....	XXV
PRESENTACIÓN.....	XXVI
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	1
RECONOCIMIENTO DE LA PLANTA PILOTO.....	1
1.1 GENERALIDADES DE LA PLANTA PILOTO.....	1
1.1.1 ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA.....	3
1.1.2 MISIÓN ACTUAL.....	4
1.1.3 VISIÓN ACTUAL.....	4
1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y EQUIPOS.....	5
1.2.1 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICA.....	5
1.2.1.1 Molinos.....	5
1.2.1.2 Purificadores.....	7
1.2.1.3 Separador Magnético.....	7
1.2.1.4 Celda de Flotación.....	8
1.2.1.5 Estufa Programable.....	8
1.2.1.6 Horno de Cocción.....	9
1.2.1.7 Extrusor.....	9
1.2.1.8 Torno.....	10
1.2.1.9 Planta Piloto de Barbotina.....	10
1.2.1.10 Filtro Prensa.....	11

1.2.2	DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES REALIZADAS EN LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICA.....	12
1.2.2.1	Purificación de materias primas.....	12
1.2.2.1.1	Desfloculación.....	12
1.2.2.1.2	Floculación.....	12
1.2.2.2	Dosificación de materias primas.....	13
1.2.2.3	Formulación de pastas cerámicas.....	13
1.2.2.4	Preparación de las pastas cerámicas.....	14
1.2.2.4.1	Diagrama del método para la preparación de pastas....	14
1.2.2.5	Obtención de piezas cerámicas.....	15
1.2.2.5.1	Secado.....	16
1.2.2.5.2	Cocción.....	17
1.2.2.6	Acabados de las piezas cerámicas.....	19
1.2.2.6.1	Fritas.....	19
1.2.2.6.1.1	Proceso de fritado.....	19
1.2.2.6.1.2	Fabricación continua de las fritas.....	20
1.2.2.6.2	Esmalte.....	22
1.2.2.6.2.1	Aplicación de esmaltes.....	22
1.2.2.6.2.2	Controles en el Esmaltado.....	24
1.2.2.7	Secado y cocción de piezas esmaltadas.....	25
1.2.2.8	Control de calidad para aisladores eléctricos de porcelana...	25
1.2.2.8.1	Material y terminación.....	25
1.2.2.8.2	Marcas e identificación en los aisladores.....	25
1.2.2.8.3	Características eléctricas y mecánicas.....	26
1.2.3	SERVICIOS QUE OFRECE LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICA.....	26
1.2.3.1	Electrocerámica.....	26
1.2.3.2	Artesanos ceramistas.....	27
1.2.3.3	Industria cerámica.....	27
1.2.3.4	Medicina humana.....	27
1.3	DIAGRAMA FUNCIONAL DE PROCESOS PARA LA ELABORACIÓN DE PIEZAS CERÁMICAS.....	27

1.4	CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS DE FORMADO DE PIEZAS CERÁMICAS.....	29
1.4.1	VACIADO.....	29
1.4.2	MOLDEO A PRESIÓN.....	30
1.4.2.1	Posibilidades futuras.....	30
1.4.3	PRENSADO EN POLVO.....	30
1.4.3.1	Prensado Uniaxial.....	32
1.4.3.2	Prensado Isostático.....	32
1.4.3.3	Secuencia de prensado.....	33
<b>CAPÍTULO 2</b>	.....	<b>34</b>
	<b>PARÁMETROS DE SEGURIDAD.....</b>	<b>34</b>
2.1	ANÁLISIS DE SEGURIDAD EN LA TAREA.....	34
2.1.1	MÉTODOS PARA ELABORAR UN A.S.T.....	35
2.1.1.1	Método de observación.....	35
2.1.1.1.1	Ventaja de la observación.....	36
2.1.1.2	Método de discusión.....	36
2.1.1.2.1	Ventaja de la discusión.....	36
2.1.1.3	El método de recordar y comprobar.....	36
2.1.2	PAPEL DEL TRABAJADOR EN EL DESARROLLO DEL A.S.T....	37
2.1.3	PAPEL DE LA SUPERVISIÓN EN UN PROGRAMA DE A.S.T....	37
2.1.4	ACCIDENTE LABORAL.....	38
2.1.4.1	Tipos de accidentes laborales.....	39
2.1.4.1.1	Accidentes materiales.....	39
2.1.4.1.2	Accidentes personales.....	39
2.1.5	ENFERMEDADES OCUPACIONALES.....	39
2.1.6	DISCAPACIDADES.....	40
2.1.6.1	Discapacidad temporal.....	40
2.1.6.2	Discapacidad parcial o permanente.....	40
2.1.6.3	Discapacidad total permanente para el trabajo.....	40
2.1.6.4	Discapacidad absoluta o permanente para cualquier tipo de actividad laboral.....	40
2.2	ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD.....	41



2.2.1	CONCEPTO DE SEGURIDAD.....	41
2.2.2	REQUERIMIENTOS BÁSICOS PARA UNA PROTECCIÓN MECÁNICA.....	43
2.2.3	PROTECCIÓN EN CERCO O BARRERA PARA EQUIPOS DE TRANSMISIÓN MECÁNICA.....	45
2.2.4	TIPOS DE RIESGOS LABORALES Y SUS CARACTERÍSTICAS.	47
2.2.4.1	Objetivamente.....	47
2.2.4.2	Subjetivamente.....	47
2.2.4.3	Riesgos comunes.....	48
2.2.4.4	Riesgos tecnológicos.....	48
2.2.5	SEÑALIZACIÓN.....	49
2.2.5.1	Concepto de señalización de seguridad.....	50
2.2.5.2	Requisitos que debe cumplir.....	50
2.2.5.3	Utilización de la señalización.....	50
2.2.5.4	Clases de señalización.....	50
2.2.5.5	Señales de seguridad.....	51
2.2.5.5.1	Formas geométricas de las señales.....	51
2.2.5.5.2	Símbolos o pictogramas.....	51
2.2.5.6	Colores de seguridad.....	52
2.2.6	SEGURIDAD Y ELECTRICIDAD.....	53
2.2.6.1	Riesgos eléctricos.....	53
2.2.6.1.1	Riesgos eléctricos según el tipo de contacto.....	53
2.2.6.1.2	Protección contra contactos directos.....	53
2.2.6.1.3	Protección contra contactos indirectos.....	54
2.2.6.2	Protección personal para la prevención de riesgos eléctricos.....	54
2.2.7	RIESGOS POTENCIALES EN LOS PROCESOS DE ELABORACIÓN CERÁMICA.....	55
2.2.7.1	Proceso de elaboración cerámica.....	55
2.2.7.1.1	Riesgos potenciales en la Chancadora.....	56
2.2.7.1.2	Riesgos potenciales en el molino de disco.....	56
2.2.7.1.3	Riesgos potenciales en el molino de cono.....	57
2.2.7.1.4	Riesgos potenciales en el molino de bolas.....	57

2.2.7.2	Proceso de purificación de arcilla.....	58
2.2.7.2.1	Riesgos potenciales en el equipo de purificación.....	59
2.2.7.3	Purificación de Cuarzo.....	59
2.2.7.3.1	Riesgos potenciales en el proceso de purificación de cuarzo.....	60
2.2.7.4	Purificación de Feldespato.....	60
2.2.7.4.1	Riesgos potenciales en el proceso de purificación de feldespato.....	61
2.2.7.5	Proceso para la obtención de piezas cerámicas advertencias de seguridad.....	61
2.2.7.5.1	Riesgos potenciales en el proceso para la obtención de piezas cerámicas.....	61
2.2.8	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD REQUERIDAS EN LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICOS.....	63
2.2.8.1	Área de almacenamiento de materia prima e Insumos.....	63
2.2.8.2	Área de purificación.....	64
2.2.8.3	Área de Filtrado.....	64
2.2.8.4	Área de secado y conformado.....	65
2.3	ELABORACIÓN DEL A.S.T.....	66
2.3.1	ELABORACIÓN DEL A.S.T. PARA EL EXTRUSOR.....	67
2.3.2	ELABORACIÓN DEL A.S.T. PARA EL MOLINO DE BOLAS.....	68
2.3.3	ELABORACIÓN DEL A.S.T. PARA LA PURIFICADORA DE ARCILLA.....	69
2.3.4	ELABORACIÓN DEL A.S.T. PARA EL HORNO.....	70
2.4	FINE DE SEGURIDAD.....	71
2.4.1	CONSECUENCIA.....	71
2.4.2	EXPOSICIÓN AL RIESGO.....	72
2.4.3	PROBABILIDAD.....	72
2.4.4	GRADO DE PELIGROSIDAD.....	73
2.4.5	ELABORACIÓN DEL FINE DE SEGURIDAD .....	73
2.4.5.1	Fine de seguridad del extrusor.....	73
2.4.5.2	Fine de seguridad del molino de bolas.....	74
2.4.5.3	Fine de seguridad de la purificadora de arcilla.....	75

2.4.5.4	Fine de seguridad del horno.....	76
<b>CAPÍTULO 3</b> .....		<b>77</b>
MANTENIMIENTO, GENERALIDADES Y DEFINICIONES.....		77
3.1	INTRODUCCIÓN.....	77
3.2	CONCEPTOS BÁSICOS DE MANTENIMIENTO.....	78
3.2.1	DEFINICIÓN.....	78
3.2.2	OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.....	78
3.2.2.1	Máxima producción.....	78
3.2.2.2	Mínimo costo.....	78
3.2.2.3	Calidad requerida.....	78
3.2.2.4	Conservación de la energía.....	78
3.2.2.5	Conservación del medio ambiente.....	79
3.2.2.6	Higiene y seguridad.....	79
3.3	FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	79
3.3.1	VARIABLES DEL MANTENIMIENTO.....	80
3.3.1.1	Disponibilidad.....	80
3.3.1.2	Mantenibilidad.....	80
3.3.1.3	Calidad.....	80
3.3.1.4	Rendimiento.....	81
3.3.1.5	Fiabilidad.....	81
3.3.1.6	Seguridad.....	81
3.3.1.7	Tiempo de entrega.....	81
3.4	CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	81
3.4.1	MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	82
3.4.1.1	Características del mantenimiento correctivo.....	83
3.4.1.2	Ventajas del mantenimiento correctivo.....	83
3.4.1.3	Desventajas del mantenimiento correctivo.....	83
3.4.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	84
3.4.2.1	Clasificación del mantenimiento preventivo.....	84
3.4.2.1.1	Programado a tiempo fijo.....	84
3.4.2.1.2	Programado a tiempo variable.....	84
3.4.2.2	Características del mantenimiento preventivo.....	84

3.4.2.3	Ventajas del mantenimiento preventivo.....	85
3.4.2.4	Desventajas del mantenimiento preventivo.....	85
3.4.3	MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	86
3.4.3.1	Ventajas del mantenimiento predictivo.....	86
3.4.3.2	Desventajas del mantenimiento predictivo.....	87
3.4.3.3	Técnicas del mantenimiento predictivo.....	87
3.4.3.3.1	Análisis de lubricantes.....	87
3.4.3.3.2	Análisis por ultrasonido.....	88
3.4.3.3.3	Análisis de vibraciones.....	88
3.4.3.3.4	Análisis por termografía.....	88
3.4.4	MANTENIMIENTO PROACTIVO.....	89
3.4.4.1	Ventajas del mantenimiento proactivo.....	89
3.4.4.2	Desventajas del mantenimiento proactivo.....	89
3.4.5	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	90
3.4.5.1	Ventajas del mantenimiento productivo total.....	90
3.4.5.2	Desventajas del mantenimiento productivo total.....	90
3.4.6	MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM).	91
3.4.6.1	Ventajas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad....	91
3.4.6.2	Desventajas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.....	91
3.5	ESTRATEGIAS DEL MANTENIMIENTO.....	91
3.5.1	APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS DEL MANTENIMIENTO.....	92
3.5.1.1	Aplicación del mantenimiento correctivo.....	92
3.5.1.2	Aplicación del mantenimiento preventivo.....	92
3.5.1.3	Aplicación del mantenimiento preventivo a plazo fijo.....	93
3.5.1.4	Aplicación del mantenimiento predictivo.....	93
3.5.2	CALIDAD ENFOCADA DESDE EL MANTENIMIENTO.....	94
3.5.3	ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	96
3.5.3.1	Requisitos para la administración del mantenimiento.....	97
3.5.3.2	Propósitos de la administración de mantenimiento.....	98
3.6	PRINCIPALES CAUSAS DE LAS FALLAS.....	98
3.6.1	DEFINICIÓN.....	99
3.6.2	CLASIFICACIÓN.....	99

3.6.3	ORIGEN DE LAS FALLAS.....	101
3.6.3.1	El mal diseño o error de cálculo en las máquinas o equipos.....	102
3.6.3.2	Defectos de fabricación de las instalaciones, máquinas o equipos.....	102
3.6.3.3	Mal uso de las instalaciones máquinas o equipos.....	103
3.6.3.4	Desgaste natural o envejecimiento por el uso.....	103
3.6.3.5	Fenómenos naturales y otras causas.....	104
3.6.4	PROCEDIMIENTOS PARA EL ANÁLISIS DE FALLOS.....	104
3.6.4.1	Histograma.....	104
3.6.4.2	Diagrama de Pareto.....	105
3.6.4.2.1	Pasos para construir el Diagrama de Pareto.....	106
3.6.4.3	Diagrama de Ishikawa.....	108
3.6.4.3.1	Construcción del diagrama Ishikawa.....	108
3.6.4.4	Diagrama de dispersión.....	109
3.6.4.5	Análisis de árbol de fallos.....	110
3.6.4.6	Matriz de priorización de Criterios de Holmes.....	111
3.6.4.6.1	Elementos de la Matriz de priorización.....	111
3.6.4.7	Análisis de Modo de Fallos y Efectos (A.M.F.E.).....	113
3.6.4.7.1	Proceso para la elaboración de un A.M.F.E.....	113
3.6.4.7.2	Medidas de ensayo y control.....	114
3.6.4.7.3	Índice de prioridad y riesgo.....	115
3.6.4.7.4	Interpretación de resultados.....	115
3.6.4.7.5	Ventajas.....	116
3.6.5	COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	116
3.6.5.1	Tipos de costos de mantenimiento.....	117
3.6.5.1.1	Costos de mantenimiento directos.....	117
3.6.5.1.2	Costos de mantenimiento indirectos.....	118
3.6.5.1.3	Costos de tiempos perdidos.....	118
3.6.5.1.4	Costos generales.....	119
3.6.5.2	Cálculo de costos.....	119
3.6.5.2.1	Costo del ciclo de vida.....	119
3.6.5.2.2	Costo de inversión.....	120

3.6.5.2.3	Costos anuales de operación.....	120
3.6.5.2.4	Costo anual de tiempos de parada.....	121
3.6.5.3	Presupuestos y su control.....	121
3.6.5.4	Reemplazo de equipos.....	122
3.6.5.5	Gestión de repuestos.....	123
3.7	ETAPAS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	124
3.7.1	INTRODUCCIÓN.....	124
3.7.2	CICLO DEMING PARA EL MANTENIMIENTO.....	125
3.7.2.1	PLANIFICAR.....	125
3.7.2.2	HACER.....	126
3.7.2.3	VERIFICAR.....	126
3.7.2.4	ACTUAR.....	126
3.8	BANCO DE DATOS DEL MANTENIMIENTO.....	127
3.8.1	INVENTARIO Y CODIFICACIÓN.....	127
3.8.2	PERSONAL DE MANTENIMIENTO.....	128
3.8.2.1	Funciones del personal de mantenimiento.....	128
3.8.3	ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS.....	129
3.8.4	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PRIORITARIA.....	129
3.8.5	HOJAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS.....	130
3.8.6	CREACIÓN DEL LIBRO DE REGISTRO DIARIO DE MANTENIMIENTO.....	130
3.8.7	ORDEN DE TRABAJO.....	131
<b>CAPÍTULO 4</b>	.....	<b>133</b>
DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA PILOTO.....		133
4.1	OBSERVACIONES GENERALES.....	133
4.1.1	INTRODUCCIÓN.....	133
4.1.2	ORGANIZACIÓN.....	133
4.1.3	SITUACIÓN ACTUAL.....	134
4.1.4	EQUIPOS.....	134
4.1.5	SEGURIDAD.....	135
4.1.6	PERSONAL DE LA PLANTA.....	135

4.1.7	ENTORNO DE OPERACIONES.....	135
4.1.8	JORNADA DE OPERACIONES.....	135
4.1.9	TIEMPO DE PARO DE OPERACIONES.....	136
4.1.10	REPUESTOS Y HERRAMIENTAS PARA MANTENIMIENTO.....	136
4.1.11	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	136
4.1.11.1	Codificación de áreas.....	137
4.1.11.2	Codificación de máquinas.....	137
4.1.11.3	Inventario de máquinas.....	139
4.2	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.....	139
4.2.1	ANÁLISIS DE PARÁMETROS.....	139
4.2.2	ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE PARETO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE “POCOS VITALES”.....	142
4.2.3	IDENTIFICACIÓN DE MÁQUINAS UTILIZADAS EN LOS PROCESOS EN LOS CUALES SE DEBE PRESTAR MAYOR ATENCIÓN.....	143
4.2.4	ELABORACIÓN DE LA MATRIZ DE PRIORIZACIÓN DE CRITERIOS DE HOLMES PARA LA SELECCIÓN DE MÁQUINAS.....	146
4.2.5	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y SELECCIÓN DE MÁQUINAS....	147
4.2.6	PROCESO DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO.....	147
4.2.7	HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE FALLOS.....	148
4.2.7.1	Diagrama de Ishikawa.....	148
4.2.7.2	Árbol de Fallos.....	148
4.2.8	CODIFICACIÓN DE SISTEMAS SUBSISTEMAS Y COMPONENTES.....	149
4.2.8.1	Codificación de Sistemas.....	149
4.2.8.2	Codificación de Subsistemas.....	149
4.2.8.3	Codificación de Componentes.....	150
4.2.9	CLASIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL UTILIZADAS PARA LA ELABORACIÓN DE LAS TABLAS A.M.F.E. DEL EXTRUSOR Y DEL SEPARADOR MAGNÉTICO...	152
4.2.10	ACCIONES CORRECTIVAS.....	154
4.2.11	FLUJOGRAMA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.....	154

4.2.12 MÁQUINA DE SEPARACIÓN MAGNÉTICA.....	154
4.2.12.1 Funcionamiento y principios de operación.....	154
4.2.12.2 Descripción del separador magnético.....	155
4.2.12.3 Identificación de sistemas, subsistema y componentes del separador magnético.....	158
4.2.12.3.1 Subsistema Mecánico.....	158
4.2.12.3.1.1 Tolva de alimentación.....	159
4.2.12.3.1.2 Carril vibratorio.....	159
4.2.12.3.1.3 Separador.....	160
4.2.12.3.1.4 Correa de transmisión.....	160
4.2.12.3.1.5 Poleas.....	161
4.2.12.3.1.6 Rodamientos y ejes.....	161
4.2.12.3.2 Subsistema Eléctrico.....	162
4.2.12.3.2.1 Rodillo inducido.....	162
4.2.12.3.2.2 Motor eléctrico.....	163
4.2.12.3.2.3 Electroimán.....	163
4.2.12.3.2.4 Vibrador.....	164
4.2.12.3.2.5 Ventilador.....	165
4.2.12.3.2.6 Generador de corriente continua.....	165
4.2.12.3.2.7 Conexiones eléctricas.....	166
4.2.12.3.2.8 Interruptores.....	166
4.2.12.3.2.9 Reóstato.....	167
4.2.12.3.2.10 Transformador.....	167
4.2.12.4 Diagrama de Ishikawa para determinar fallos en el Separador Magnético.....	168
4.2.12.5 Árbol de Fallos del Separador Magnético.....	169
4.2.12.6 Elaboración de Tablas A.M.F.E para el separador magnético	170
4.2.13 MÁQUINA EXTRUSORA.....	182
4.2.13.1 Funcionamiento y principios de operación.....	182
4.2.13.2 Descripción del Extrusor.....	184
4.2.13.3 Identificación de sistemas, subsistema y componentes del Extrusor.....	186
4.2.13.3.1 Subsistema eléctrico.....	186



4.2.13.3.2	Subsistema de vacío.....	189
4.2.13.3.3	Subsistema mecánico.....	190
4.2.13.3.3.1	Tornillo sin fin primario.....	191
4.2.13.3.3.2	Piñón.....	192
4.2.13.3.3.3	Rodillos.....	192
4.2.13.3.3.4	Tornillo sin fin secundario.....	192
4.2.13.3.3.5	Rodamientos.....	193
4.2.13.4	Inspección y Lubricación.....	193
4.2.13.5	Diagrama de Ishikawa para determinar fallos en el extrusor.....	194
4.2.13.6	Árbol de Fallos del extrusor.....	195
4.2.13.7	Elaboración de Tablas A.M.F.E. para el extrusor.....	196
4.3	PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	206
4.4	DESARROLLO DEL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICA.....	215
4.4.1	OBJETIVO.....	215
4.4.2	VENTANA DE INICIALIZACIÓN DEL PROGRAMA SISMAP.....	215
4.4.3	VENTANA DEL CÓDIGO DE USUARIO Y CONTRASEÑA.....	216
4.4.4	VENTANA DE PROVEEDORES.....	217
4.4.5	VENTANA DE FICHAS TÉCNICAS.....	218
4.4.6	VENTANA DE BITÁCORA DE MÁQUINAS.....	219
4.4.7	ORDEN DE TRABAJO.....	220
	<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>221</b>
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>221</b>
5.1	CONCLUSIONES.....	221
5.2	RECOMENDACIONES.....	222
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>223</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>225</b>
	<b>ANEXO 1:</b>	
	TABLAS FINE.....	226
	<b>ANEXO 2:</b>	

FORMATO ORDEN DE TRABAJO DE LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICA.....	230
<b>ANEXO 3:</b>	
FORMATO BITÁCORA DE MÁQUINAS DE LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICA.....	232
<b>ANEXO 4:</b>	
FORMATO PARA MATERIALES Y REPUESTOS DE MÁQUINAS DE LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICA.....	234
<b>ANEXO 5:</b>	
INVENTARIO DE MÁQUINAS EVALUADAS DE LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICA.....	236
<b>ANEXO 6:</b>	
FICHAS TÉCNICAS.....	239
<b>ANEXO 7:</b>	
DIAGNÓSTICO GENERAL LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICA.....	245
<b>ANEXO 8:</b>	
SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO.....	247
<b>ANEXO 9:</b>	
FLUJOGRAMA DE ACTIVIDADES SEPARADOR MAGNÉTICO.....	250
<b>ANEXO 10:</b>	
FLUJOGRAMA DE ACTIVIDADES EXTRUSOR.....	262
<b>ANEXO 11:</b>	
IDENTIFICACIÓN DE PARTES DEL EXTRUSOR.....	270

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Organización Administrativa.....	4
Figura 1.2 Molino de Cono.....	6
Figura 1.3 Molino de Disco.....	6
Figura 1.4 Molino de Bolas.....	6
Figura 1.5 Chancadora.....	6
Figura 1.6 (a) Purificador de Arcilla.....	7
Figura 1.6 (a) Purificador de Cuarzo.....	7
Figura1.7 Separador Magnético.....	7

Figura 1.8 Celda de Flotación.....	8
Figura 1.9 Estufa Programable.....	8
Figura 1.10 Horno de Cocción.....	9
Figura 1.11 Extrusor.....	10
Figura 1.12 Torno.....	10
Figura 1.13 Planta Piloto de Barbotina.....	11
Figura 1.14 Filtro Prensa.....	12
Figura 1.15 Influencia de la Proporción de Componentes Básicos en las Propiedades de la Porcelana.....	14
Figura 1.16 Preparación de Pastas.....	15
Figura 1.17 Proceso de Fabricación de Fritas.....	21
Figura 1.18 Características de la Composición del Esmalte.....	22
Figura 1.19 Control del Esmaltado.....	24
Figura 1.20 Diagrama Funcional de Procesos de Fabricación de Cerámicos.....	25
Figura 1.21 (a) Proceso de Vaciado.....	29
Figura 1.21 (b) Proceso de Vaciado.....	29
Figura 1.21 (c) Proceso de Vaciado.....	29
Figura 1.22 Prensado en Seco de Polvos Cerámicos.....	31
Figura 1.23 Prensado Uniaxial.....	32
Figura 1.24 Prensado Isostático.....	33
Figura 2.1 Formas de Giro de Piezas Móviles.....	42
Figura 2.2 Puntos de Corte en Piezas Giratorias.....	42
Figura 2.3 Protección para Equipos de Transmisión Mecánica.....	46
Figura 2.4 Clasificación de Riesgos.....	49
Figura 2.5 (a) Protección Visual.....	63
Figura 2.5 (b) Protección Respiratoria.....	63
Figura 2.6 Salida de Emergencia.....	64
Figura 2.7 (a) Riesgo Eléctrico.....	64
Figura 2.7 (b) Atrapamiento.....	64
Figura 2.8 (a) Superficie Resbaladiza.....	65
Figura 2.8 (b) Uso Obligatorio de Calzado de Seguridad.....	65
Figura 2.9 (a) Uso Obligatorio de Guantes.....	66

Figura 2.9 (b) Superficie Caliente.....	66
Figura 2.9 (c) Extintor.....	66
Figura 3.1 Función del Mantenimiento.....	79
Figura 3.2 Clasificación del Mantenimiento.....	82
Figura 3.3 Calidad enfocada desde el Mantenimiento.....	94
Figura 3.4 Administración del Mantenimiento.....	97
Figura 3.5 Clasificación de las Fallas.....	100
Figura 3.6 Clasificación de las Fallas en Función de la Capacidad del Trabajo.....	101
Figura 3.7 Clasificación de las Fallas Según la Forma en la que Aparece el Problema.....	101
Figura 3.8 Falla por Error de Diseño.....	102
Figura 3.9 Falla por Defectos de Fabricación.....	103
Figura 3.10 Falla por Sobrecarga en Tensión y Torsión.....	103
Figura 3.11 Desgaste Natural de un Eje.....	104
Figura 3.12 Histograma de Frecuencia.....	105
Figura 3.13 Diagrama de Pareto Comparativo Antes y Después de la Mejora.....	106
Figura 3.14 Diagrama de Ishikawa.....	109
Figura 3.15 Criterios para la Elaboración de la Matriz de Priorización.....	112
Figura 3.16 Etapas del Ciclo Deming.....	125
Figura 3.17 Formato para la Codificación de Máquinas de la Planta Piloto de Cerámica.....	128
Figura 4.1 Diagrama de Pareto para la identificación de los “pocos vitales” en los diferentes procesos de producción de piezas cerámicas.....	143
Figura 4.2 Diagrama de Pareto para la identificación de los “pocos vitales” en las Máquinas de la Planta Piloto de Cerámicos.....	145
Figura 4.3 Ejemplo de codificación de sistemas.....	149
Figura 4.4 Codificación de subsistemas.....	149
Figura 4.5 Ejemplo de codificación de subsistemas.....	150
Figura 4.6 Codificación de componentes.....	150
Figura 4.7 Ejemplo de codificación de componentes.....	151
Figura 4.8 Separador Magnético Carpco MIH (13)111-5.....	156

Figura 4.9 Regletas.....	158
Figura 4.10 Tolva de alimentación.....	159
Figura 4.11 Carril vibratorio.....	159
Figura 4.12 Separador.....	160
Figura 4.13 Correa de transmisión.....	161
Figura 4.14 Poleas.....	161
Figura 4.15 (a) Rodillo Inducido.....	163
Figura 4.15 (b) Cepillo Metálico.....	163
Figura 4.16 Motor Eléctrico.....	163
Figura 4.17 Electroimán.....	164
Figura 4.18 Control independiente.....	164
Figura 4.19 Vibrador.....	164
Figura 4.20 Ventilador.....	165
Figura 4.21 Generador DC.....	165
Figura 4.22 Instalaciones eléctricas.....	166
Figura 4.23 Interruptor.....	166
Figura 4.24 Reóstato.....	167
Figura 4.25 Transformador.....	167
Figura 4.26 Diagrama Ishikawa aplicado al Separador Magnético.....	168
Figura 4.27 Árbol de Fallos del Separador Magnético.....	169
Figura 4.28 Cortes G-H, J-K.....	183
Figura 4.29 Corte E-F .....	184
Figura 4.30 Extrusor.....	185
Figura 4.31 (a) Motor principal.....	187
Figura 4.31 (b) Motor libre.....	187
Figura 4.31 (c) Motor de vacío .....	187
Figura 4.32 Diagrama eléctrico de motores del Extrusor.....	188
Figura 4.33 (a) Interruptor.....	188
Figura 4.33 (b) Interruptor de emergencia.....	188
Figura 4.34(a) Conjunto de Vacío.....	190
Figura 4.34 (b) Manómetro.....	190
Figura 4.35 Tornillo sin fin primario.....	191

Figura 4.36 (a) Doble piñón .....	192
Figura 4.36 (b) Baño de aceite piñón .....	192
Figura 4.37 Rodillos.....	192
Figura 4.38 (a) Cámara de vacío y motor libre.....	193
Figura 4.38 (b) Tornillo sin fin secundario.....	193
Figura 4.39 Diagrama de Ishikawa aplicado al Extrusor.....	194
Figura 4.40 Árbol de Fallos del Extrusor.....	195
Figura 4.41 Ventana de Inicialización.....	215
Figura 4.42 Ventana de Código de Usuario y Contraseña.....	216
Figura 4.43 Ventana de Proveedores.....	217
Figura 4.44 Ventana de Fichas Técnicas.....	218
Figura A 11.1 Partes del Extrusor (corte A-B).....	271
Figura A 11.2 Partes del Extrusor ( cortes C-D y E-F).....	272
Figura A 11.3 Diagrama de conexiones eléctricas del extrusor.....	274

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Reacciones que ocurren durante la cocción.....	18
Tabla 1.2 Condiciones Reológicas del Esmalte en Suspensión.....	23
Tabla 1.3 Condiciones Eléctricas y Mecánicas de los Aisladores.....	26
Tabla 2.1 Colores Asignados para Seguridad.....	52
Tabla 2.2 A.S.T. del Extrusor.....	67
Tabla 2.3 A.S.T. del Molino de Bolas.....	68
Tabla 2.4 A.S.T. de la Purificadora de Arcilla.....	69
Tabla 2.5 A.S.T. del Horno.....	70
Tabla 2.6 Consecuencia.....	71
Tabla 2.7 Exposición.....	72
Tabla 2.8 Probabilidad.....	72
Tabla 2.9 Clasificación del Riesgo.....	73
Tabla 3.1 Simbología costo ciclo de vida.....	119
Tabla 3.2 Simbología costo de inversión.....	120
Tabla 3.3 Simbología costo anual de operación.....	120
Tabla 3.4 Simbología costo anual del tiempo de paradas.....	121

Tabla 4.1 Codificación de áreas de elaboración de cerámicos de la Planta Piloto.....	137
Tabla 4.2 Codificación de las máquinas de la Planta Piloto de Cerámica área de purificación.....	138
Tabla 4.3 Codificación de las máquinas de la Planta Piloto de Cerámica área de Filtrado.....	138
Tabla 4.4 Codificación de las máquinas de la Planta Piloto de Cerámica área de Secado y Conformado.....	138
Tabla 4.5 Importancia y grado de ponderación utilizados en la matriz de criterios de Holmes.....	139
Tabla 4.6 Matriz de priorización de criterios de Holmes para definir parámetros.....	141
Tabla 4.7 Identificación del número de Fallos y Frecuencias.....	142
Tabla 4.8 Identificación de máquinas utilizadas en el proceso de tratamiento de cuarzo.....	144
Tabla 4.9 Identificación de máquinas utilizadas en el proceso de elaboración del Aislador Eléctrico 53-3.....	144
Tabla 4.10 Identificación de fallos y frecuencias de máquinas.....	145
Tabla 4.11 Matriz de priorización para la selección de máquinas que intervienen en el proceso para el tratamiento de cuarzo.....	146
Tabla 4.12 Matriz de priorización para la selección de máquinas que intervienen en el proceso de fabricación de un aislador eléctrico tipo 53-3.....	147
Tabla 4.13 Codificación de subsistemas.....	148
Tabla 4.14 Codificación de Componentes.....	151
Tabla 4.15 Clasificación de la detectabilidad del modo de fallo.....	152
Tabla 4.16 Clasificación de la frecuencia de ocurrencia del modo de fallo...	152
Tabla 4.17 Clasificación de la gravedad del modo de fallo.....	153
Tabla 4.18 Especificaciones Técnicas del Separador Magnético.....	157
Tabla 4.19 Sistemas, subsistemas y componentes mecánicos.....	158
Tabla 4.20 Subsistemas y Componentes Eléctricos.....	162
Tabla 4.21 A.M.F.E. Subsistema Mecánico del Separador Magnético, (N° 1)	170
Tabla 4.22 A.M.F.E. Subsistema Mecánico del Separador Magnético, (N° 2)	171

Tabla 4.23 A.M.F.E. Subsistema Eléctrico del Separador Magnético, (N°3).	172
Tabla 4.24 A.M.F.E. Subsistema Eléctrico del Separador Magnético, (N°4).	173
Tabla 4.25 A.M.F.E. Subsistema Eléctrico del Separador Magnético, (N°5).	174
Tabla 4.26 A.M.F.E. Subsistema Eléctrico del Separador Magnético, (N°6).	175
Tabla 4.27 A.M.F.E. Subsistema Eléctrico del Separador Magnético, (N°7).	176
Tabla 4.28 A.M.F.E. Subsistema Eléctrico del Separador Magnético, (N°8).	177
Tabla 4.29 Acciones Correctivas del Subsistema Mecánico del Separador Magnético, (N°1).....	178
Tabla 4.30 Acciones Correctivas del Subsistema Eléctrico del Separador Magnético, (N°2).....	179
Tabla 4.31 Acciones Correctivas del Subsistema Eléctrico del Separador Magnético, (N°3).....	180
Tabla 4.32 Acciones Correctivas del Subsistema Eléctrico del Separador Magnético, (N°4).....	181
Tabla 4.33 Especificaciones técnicas del extrusor.....	186
Tabla 4.34 Componentes del subsistema eléctrico del extrusor.....	189
Tabla 4.35 Componentes del subsistema de vacío del extrusor.....	190
Tabla 4.36 Especificaciones técnicas de la bomba de vacío.....	190
Tabla 4.37 Componentes de subsistema mecánico.....	191
Tabla A 1.1 Fine de Riesgo.....	227
Tabla A 1.2 Valoración del Riesgo, (Factores C y E).....	228
Tabla A 1.3 Valoración del Riesgo, (Factor P).....	229
Tabla A 2.1 Formato Orden de Trabajo de la Planta Piloto de Cerámicos....	231
Tabla A 3.1 Formato Bitácora de Máquinas de la Planta Piloto de Cerámicos.....	233
Tabla A 4.1 Formato para Materiales y Repuestos de Máquinas de la Planta Piloto de Cerámica .....	235
Tabla A 5.1 Inventario de Máquinas Evaluadas en la Planta Piloto de Cerámica del Área de Purificación.....	237
Tabla A 5.2 Inventario de Máquinas Evaluadas en la Planta Piloto de Cerámica del Área de Filtrado.....	237
Tabla A 5.3 Inventario de Máquinas Evaluadas en la Planta Piloto de Cerámica del Área de Secado y Formado .....	238



Tabla A 6.1 Ficha Técnica Separador Magnético.....	240
Tabla A 6.2 Ficha Técnica Extrusor.....	240
Tabla A 6.3 Ficha Técnica Molino de Cono.....	241
Tabla A 6.4 Ficha Técnica Columna de Flotación.....	241
Tabla A 6.5 Ficha Técnica Horno de Cocción.....	242
Tabla A 6.6 Ficha Técnica Filtro Prensa.....	242
Tabla A 6.7 Ficha Técnica Celda de Flotación.....	243
Tabla A 6.8 Ficha Técnica Pulverizador de Disco.....	243
Tabla A 6.9 Ficha Técnica Filtro de Vacío.....	244
Tabla A 7.1 Diagnóstico General de la Planta Piloto de Cerámica.....	246
Tabla A 8.1 Selección de la Estrategia de Mantenimiento.....	248
Tabla A 8.2 Selección de la Estrategia de Mantenimiento (Tipos Predictivo y RCM).....	249
Tabla A 9.1 Flujograma de Actividades Separador Magnético, (N° 1).....	251
Tabla A 9.2 Flujograma de Actividades Separador Magnético, (N° 2).....	252
Tabla A 9.3 Flujograma de Actividades Separador Magnético, (N° 3).....	253
Tabla A 9.4 Flujograma de Actividades Separador Magnético, (N° 3.1).....	254
Tabla A 9.5 Flujograma de Actividades Separador Magnético, (N° 4).....	255
Tabla A 9.6 Flujograma de Actividades Separador Magnético, (N° 4.1).....	256
Tabla A 9.7 Flujograma de Actividades Separador Magnético, (N° 5).....	257
Tabla A 9.8 Flujograma de Actividades Separador Magnético, (N° 6).....	258
Tabla A 9.9 Flujograma de Actividades Separador Magnético, (N° 7).....	259
Tabla A 9.10 Flujograma de Actividades Separador Magnético, (N° 8).....	260
Tabla A 9.11 Flujograma de Actividades Separador Magnético, (N° 9).....	261
Tabla A 10.1 Flujograma de Actividades Extrusor, (N° 1).....	263
Tabla A 10.2 Flujograma de Actividades Extrusor, (N° 2).....	264
Tabla A 10.3 Flujograma de Actividades Extrusor, (N° 3).....	265
Tabla A 10.4 Flujograma de Actividades Extrusor, (N° 4).....	266
Tabla A 10.5 Flujograma de Actividades Extrusor, (N° 4.1).....	267
Tabla A 10.6 Flujograma de Actividades Extrusor, (N° 5).....	268
Tabla A 10.7 Flujograma de Actividades Extrusor, (N° 6).....	269
Tabla A 11.1 Identificación de partes del Extrusor.....	273

## RESUMEN

Este proyecto de titulación propone un programa de mantenimiento preventivo para la Planta Piloto de Cerámica de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional.

Se presenta una breve reseña histórica de la Planta Piloto de cerámicos de la E.P.N. y detalles de la caracterización de los equipos, maquinarias y procesos de tratamiento y purificación de materia prima utilizada en la planta para la elaboración de productos cerámicos. La recopilación de la información requerida sobre la funcionalidad de las máquinas tiene como fuente a folletos y catálogos disponibles en la planta.

Adicionalmente se presenta un análisis de seguridad en la tarea para el personal operativo de la planta. Los resultados de este análisis permiten visualizar medidas de mitigación que son descritas y puestas a consideración de la administración de la planta para su posterior implementación. Se busca mejorar los estándares de seguridad de la planta mediante el uso del método FINE.

Se resumen los conceptos de la teoría del mantenimiento industrial en los cuales se basa el desarrollo del plan de mantenimiento de la planta piloto de cerámica de la E.P.N.

Se hace una descripción detallada de la situación actual de la planta. Esta información es la base para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo que se aplicará en la planta. Diagramas de PARETO son utilizados para determinar cual de los procesos, tanto de tratamiento de materia prima como de fabricación del aislador eléctrico 53-3, requiere mayor atención. El diagrama de PARETO permite plantear la matriz de HOLMES para determinar priorización de mantenimiento de las máquinas que intervienen en el proceso con mayor carga de fallos. Seguidamente, se elabora la codificación de sistemas, subsistemas y componentes de las máquinas priorizadas con la finalidad de elaborar las tablas de análisis modal de falla y efecto (A.M.F.E.) y las respectivas acciones correctivas. Finalmente, se desarrolla un sistema de información en el que se registran datos sobre catálogos, órdenes de trabajo, bitácoras, flujogramas de trabajo, etc. en una base de datos.

## PRESENTACIÓN

En el presente proyecto se busca elaborar un programa de mantenimiento preventivo para la PLANTA PILOTO DE CERÁMICA LA FACULTAD INGENIERÍA MECÁNICA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.

En el Capítulo 1 se presenta una reseña histórica sobre los inicios de la Planta Piloto, se hace el reconocimiento de máquinas y de los procesos de tratamiento de materia prima y elaboración de piezas cerámicas en las que intervienen, así como también se describe los servicios que presta la Planta.

En el Capítulo 2 se realiza un diagnóstico de seguridad en la Planta mediante la elaboración del A.S.T, y como herramienta para tomar medidas correctivas se utiliza el método FINE.

En el Capítulo 3 la estrategia se elabora en cuanto se desarrolla el proyecto, estableciendo el método más adecuado de mantenimiento para las máquinas, enmarcado en la teoría de mantenimiento.

En el Capítulo 4 se hace una descripción del estado actual de la Planta. Diagramas de PARETO son utilizados para determinar cual de los procesos, tanto de tratamiento de materia prima como de fabricación del aislador eléctrico 53-3, requiere mayor atención y matrices de HOLMES son utilizadas para determinar la priorización de mantenimiento de las máquinas que intervienen en los procesos críticos. Se elaboran diagramas de diagnóstico de fallos como los de Ishikawa además de árboles de fallos en las máquinas cuya prioridad de mantenimiento es mayor.

Se elaboraran las tablas de análisis modal de falla y efecto (A.M.F.E) y las respectivas acciones correctivas.

Se elabora una base de datos que facilita el trabajo de mantenimiento, pudiendo acceder de manera fácil, rápida y oportuna a toda la información relacionada con las máquinas a ser sometidas a mantenimiento.

En el Capítulo 5 se muestran conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO 1

## RECONOCIMIENTO DE LA PLANTA PILOTO

### 1.1 GENERALIDADES DE LA PLANTA PILOTO

El Ecuador podría convertirse en uno de los pocos países del mundo en producir materiales de alta pureza para la elaboración de cerámicas de calidad. Así lo ratifica una investigación realizada a lo largo de 20 años, por expertos del área del Departamento de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional.

El desarrollo de esta tecnología permitirá al país en un futuro cercano, iniciar la producción industrial de cerámica aislante para el sector eléctrico y dejar de lado las millonarias importaciones que año tras año realiza el Estado Ecuatoriano.

La creación de cerámica no se limita a la producción de sanitarios, vajillas y adornos de porcelana, también es utilizada como elemento aislante para evitar el contacto entre cables de alta y baja tensión las mismas que son superiores a 20000 voltios.

La producción industrial de porcelana requiere de materias primas altamente puras y los escasos estudios en esta área, impidieron a la industria nacional producir materiales de calidad.

Justamente es esto radicó el logro del proyecto denominado “Desarrollo de una tecnología que purifique la arcilla, el cuarzo y el feldespato, componentes básicos de la cerámica aislante”.

Para llegar a este ansiado objetivo el Doctor Néstor Flor, mentor del proyecto examinó diversas canteras donde se encuentran estos materiales, para someterlos a pruebas de composición mineral y química. Los resultados de estos análisis dieron a conocer que determinadas canteras del país son adecuadas para su tratamiento.

Los resultados motivaron al Doctor Flor a iniciar varios estudios de laboratorio para el diseño de procesos de purificación de los minerales nombrados anteriormente.

Alrededor de 20 estudiantes de la Facultad Ingeniería Química de la Escuela Politécnica Nacional trabajaron durante un periodo aproximado de 20 años en investigaciones de laboratorio y en el diseño de la Planta Piloto para la purificación de materiales cerámicos.

Las investigaciones progresaron en una forma consecutiva hasta el año de 1993, año en el cual el Programa de Ciencia y Tecnología de FUNDACYT, financió el proyecto.

De esta manera el proyecto tomó otra dinámica, se dio paso a la construcción de la planta piloto para la obtención de arcilla de gran pureza.

Adecuada con mecanismos sencillos, la planta se encarga de desagregar el material hasta dejarlo muy fino, luego, en un nuevo recipiente, la arcilla es sometida a reactivos químicos que la separa del resto de elementos y al finalizar el procedimiento, la solución más densa que contiene las impurezas, se almacena por sedimentación en un tercer recipiente.

Para el caso del cuarzo se construyó un mecanismo que permite recuperar el 100% de las arenas con alto contenido de óxido de silicio y mínima cantidad de hierro, las mismas que son indispensables para la producción de cerámica.

Por este motivo, idearon una planta, que selecciona el material mediante el proceso denominado de flotación, método por el cual se logró desprender materiales adheridos a las partículas de cuarzo, principalmente hierro en forma de magnetita, y se logró su flotación mediante la formación de espuma.

Finalmente construyeron una columna de flotación, la cual permitió fraccionar el mineral y obtener un feldespató concentrado; esta sustancia es sometida a una nueva flotación, con la finalidad de separar el hierro existente.

Todos estos materiales son producidos en la planta como una pasta homogénea, parecida a la arcilla común. Estas tecnologías no son equivalentes a simples moliendas, cada proceso debe ser exacto y las partículas poseer las especificaciones correctas.

En la etapa final del proyecto denominada “Obtención de Porcelana Aislante” se construyó una cámara de secado con un horno de temperatura sensible, el mismo que impide que el material se deforme a causa del calor, en este proceso se realizan varios análisis con el objetivo de que los aislantes cumplan con las normas establecidas.

El proyecto tuvo una duración de 42 meses y un costo total de 400.000 usd, de los cuales 6 de cada diez dólares se invirtieron en equipos, y dos de cada diez se invirtieron en recursos humanos.

La tasa de probabilidad de ganancias del proyecto es del 86,5 por ciento, de acuerdo al estudio de mercado que se realizó para su presentación a la misión del BID.

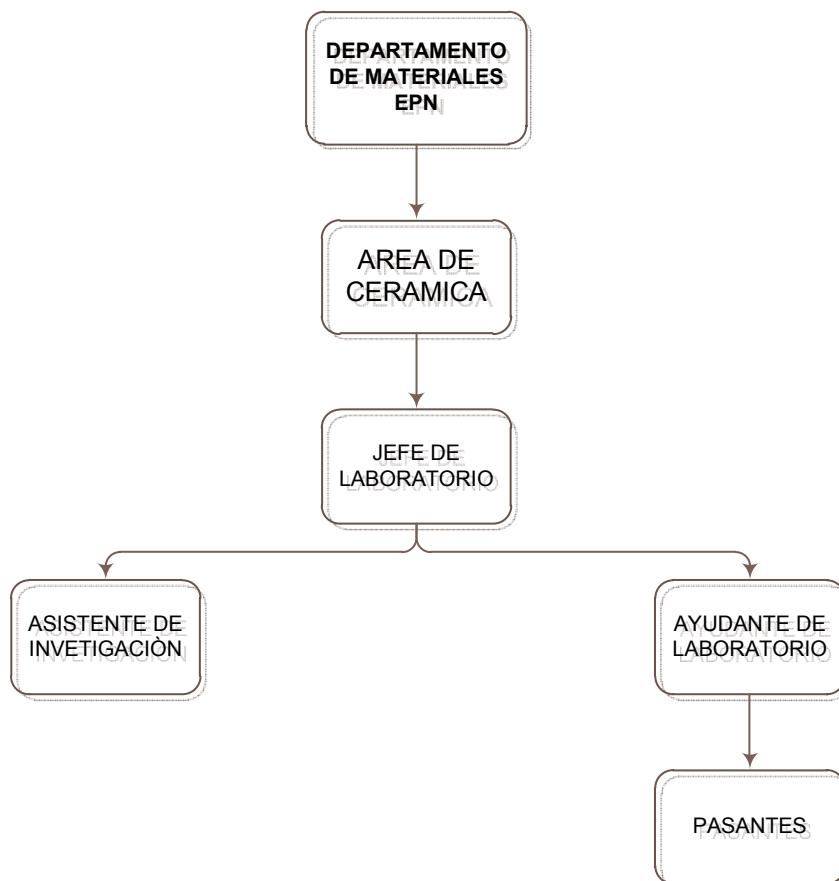
Este proyecto recibió también el apoyo interdisciplinario de otras áreas de la Escuela Politécnica Nacional, como por ejemplo en la Facultad de Ingeniería Mecánica se realizan pruebas a los equipos fabricados, y en la Facultad de Ingeniería Eléctrica se someten a pruebas los aisladores que se producen en la planta<sup>1</sup>.

### **1.1.1 ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA**

La organización administrativa del laboratorio de cerámicos de la facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional se encuentra establecida de la siguiente forma así como lo muestra la fig. 1.1.

---

<sup>1</sup> Datos; Laboratorio de Cerámica; EPN; Quito; Ecuador



**Fig. 1.1 Organización Administrativa**

Fuente: Ávila – Rodríguez.

### 1.1.2 MISIÓN

“El Área de Cerámica brinda servicios de asesoría, consultoría, capacitación y realización de análisis de materiales cerámicos al sector industrial y a la comunidad ecuatoriana, sustentados en una conducta ética, una filosofía de calidad y de preservación ambiental, logrando ser el laboratorio de materiales cerámicos más competitivo a nivel nacional, buscando la mejor relación costo beneficio para sus clientes y oportunidades de desarrollo para quienes conforman esta área”.

### 1.1.3 VISIÓN

“Para al 2018 el Área de Cerámica será líder en la prestación de servicios en materiales cerámicos, prestando su colaboración a los sectores productivos públicos o privados poniendo a su disposición todo su potencial científico y

tecnológico, buscando siempre el desarrollo sostenido y sustentable del País, haciendo de la ética y la calidad, sus normas de conducta.”

## **1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y EQUIPOS**

El área tecnológica cerámica de la Escuela Politécnica Nacional, integra a la universidad con los sectores productivos del PAÍS en una unidad de trabajo que promueve y estimula la investigación científica y tecnológica y busca una mayor interacción con el sector público y privado, para encontrar soluciones técnicas en los procesos productivos en el área cerámica y afines, que contribuyan al progreso científico, económico y social del PAÍS.

A continuación se describen los equipos y operaciones que se realizan en las diferentes áreas de la Planta Piloto de Cerámica.

### **1.2.1 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICA**

El área de la Planta Piloto de Cerámica de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional cuenta con equipos de molienda de materias primas.

#### **1.2.1.1 Molinos**

La molienda es un trabajo para la reducción del tamaño de rocas y minerales de manera análoga que la trituración. Los productos obtenidos de la molienda son más pequeños y de forma más regular que los salidos de trituración<sup>2</sup>.

Los molinos de muelas se fundamentan en una pista similar al recipiente de tipo balde y un par de muelas que ruedan por una pista aplastando el material.

Este tipo de molinos ha ido evolucionando hacia el molino que hoy conocemos como el de rodillos.

El molino de discos consiste en dos discos, lisos o dentados, que están enfrentados y giran con velocidades opuestas, el material a moler se encuentra entre ambos.

---

<sup>2</sup>[http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/06\\_Apunte%20Molienda.pdf](http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/06_Apunte%20Molienda.pdf)



Los molinos más utilizados en el ámbito industrial son el de bolas, barras y de rodillos que esquemáticamente pueden concebirse como un cilindro horizontal que gira y en su interior se encuentran los elementos moledores, los cuales se mueven libremente; el material a moler ingresa por un extremo del cilindro, es molido por fricción de los elementos moledores y sale por el extremo opuesto.

A continuación observamos desde la figura 1.2 hasta la figura 1.5 que muestran algunos de los equipos utilizados en la planta piloto para la reducción del tamaño de materia prima.



**Fig. 1.2 Molino de Cono**



**Fig. 1.3 Molino de Disco**



**Fig. 1.4 Molino de Bolas**



**Fig. 1.5 Chancadora**

### 1.2.1.2 Purificadores

El purificador de arcilla, figura 1.6 (a), consta de un tanque alimentador de la suspensión, de donde baja la materia prima por gravedad al tanque desfloculador.

El purificador de cuarzo, figura 1.6 (b), utiliza un molino de lavado, que consta de un tambor con esferas de alúmina, el cual con el empleo de agua remueve las impurezas, y una malla para limpieza y primer filtrado de la materia prima.



**Fig. 1.6 (a) Purificador de Arcilla**



**Fig. 1.6 (b) Purificador de Cuarzo**

### 1.2.1.3 Separador Magnético

En la purificación de las arenas silícicas a escala industrial, se emplean varios métodos tanto mecánicos como químicos, buscando siempre el equilibrio costo calidad. Para este propósito en la Planta Piloto se cuenta con el separador magnético que se muestra en la figura 1.7.



**Fig. 1.7 Separador Magnético**

#### 1.2.1.4 Celda de flotación

La flotación es un proceso de separación de materiales de distintos orígenes, que se efectúa desde pulpas acuosas, por medio de burbujas de aire y sobre la base de las propiedades de mojabilidad, es decir propiedades hidrofóbicas e hidrofílicas de estas materias, para este proceso se utiliza la celda de flotación mostrada en la figura 1.8.



**Fig. 1.8 Celda de Flotación**

#### 1.2.1.5 Estufa programable

Luego de utilizar cualquier método de formado de una pieza cerámica, se debe proceder a la obtención de la misma con características permanentes, para obtener esta propiedad se necesita aplicar los métodos de secado y cocción. Para la cocción se utiliza la estufa mostrada en la Fig. 1.9.



**Fig. 1.9 Estufa programable**

### 1.2.1.6 Horno de cocción

La cocción o quema, es un proceso a realizarse experimentalmente en la materia prima, la pasta, la pieza formada y la pieza esmaltada, para esta operación se utiliza en la planta piloto el horno de cocción mostrado en la Fig.1.10 dando lugar en ésta el ciclo de cocción que comprende las siguientes etapas: Calentamiento, Maduración y Enfriamiento. Finalizada la cocción se realiza un control visual de la calidad de la superficie esmaltada.



**Fig. 1.10 Horno de cocción**

### 1.2.1.7 Extrusor

Básicamente, el procedimiento de formación de piezas por extrusión consiste en hacer pasar una columna de pasta, en estado plástico, a través de una matriz que forma una pieza de sección constante.

Los equipos que se utilizan constan de tres partes principales: el sistema propulsor, la matriz y la cortadora. Observamos la maquina extrusora utilizada en la plata piloto de cerámica en la fig. 1.11.



**Fig. 1.11 Extrusor**

#### **1.2.1.8 Torno**

Después de haber pasado la pasta cerámica por el extrusor, eliminando todo el aire ocluido en la masa, sale por la boquilla del extrusor, cortándola a las medidas requeridas para llevarla al torno que se puede observar en la figura. 1.12, en el cual adquiere la forma deseada la pieza.



**Fig. 1.12 Torno mecánico automático de formado de aisladores y bujías**

#### **1.2.1.9 Planta Piloto de Barbotina**

La función de la planta piloto de barbotina mostrada en la figura. 1.13 es elaborar la barbotina a partir de componentes de la materia prima previamente triturados con 50% de humedad según del procedimiento que se emplee.

Si se desea obtener una masa plástica, la barbotina se mezcla con polvo de arcilla hasta conseguir un grado del 20% al 25% de humedad, lo cual se hace pasar por el filtro prensa antes de ser enviada a la sección de moldeo.



**Fig. 1.13 Planta Piloto de Barbotina**

#### **1.2.2.10 Filtro Prensa**

El Filtro Prensa como el mostrado en la fig. 1.14 es un método simple y confiable para lograr una alta compactación. Los sólidos se bombean entre cada par de bastidores, una vez llenos y mediante un tornillo se van oprimiendo unos contra otros expulsando el agua a través de la tela, para deshidratar los sólidos hasta obtener del 20% al 60% por peso de las pastas compactadas<sup>3</sup>.

La pasta líquida es bombeada a las cámaras que se encuentran rodeadas por lonas filtrantes. Al bombear la presión se incrementa y la pasta es forzada a atravesar las lonas, provocando que los sólidos se acumulen y formen una pasta seca.

Posteriormente, el pistón hidráulico empuja la placa de acero contra las placas de polietileno haciendo la prensa.

El cabezal y el soporte terminal son sostenidos por rieles de las barras de soporte. El filtrado pasa a través de las lonas y es dirigido hacia los canales de las placas y puertos de drenado del cabezal para descarga.

---

<sup>3</sup><http://www.quiminet.com/articulos/el-funcionamiento-del-filtro-prensa-23843.htm>



**Fig. 1.14 Filtro Prensa**

## **1.2.2 DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES REALIZADAS EN LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICA**

La Planta Piloto de Cerámica de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional realiza las siguientes operaciones.

### **1.2.2.1 Purificación de materias primas**

Una vez revisados varios métodos de purificación, por costos y factibilidad se encontró que el más adecuado es el de sedimentación, que utiliza las operaciones de floculado y desfloculado del sistema arcilloso (arcilla- agua)<sup>4</sup>.

#### *1.2.2.1.1 Desfloculación*

La desfloculación permite separar materiales de características diferentes al de la arcilla, por gravedad y por diferencia electrostática, las más pesadas que en un comienzo sedimentarán a gran velocidad en los primeros 10 minutos.

Para permitir el proceso de desfloculación se usa agentes desfloculantes, de los cuales el que mejor resultado ha presentado es el amoníaco, el cual se añade a la muestra previamente disgregada por molienda.

#### *1.2.2.1.2 Floculación*

---

<sup>4</sup>FLOR Patricio, (2012), "Apuntes de Cerámica", EPN, Quito Ecuador.

La floculación se produce cuando las fuerzas de repulsión electrostática son pequeñas, porque las cargas que intervienen también lo son, es en este instante que las partículas se acercan entre si y forman los flóculos, aumentando la viscosidad del sistema.

La floculación basa su principio en la neutralización de las cargas residuales de la suspensión mediante la adición de ácidos o bases según el caso, de ahí la necesidad de hacer un estudio del pH del medio, el que puede minimizar o maximizar la solubilidad de los flóculos en suspensión.

#### **1.2.2.2 Dosificación de materias primas**

La dosificación consiste en establecer la cantidad de materia prima disponible que se debe tomar para obtener la composición de un material.

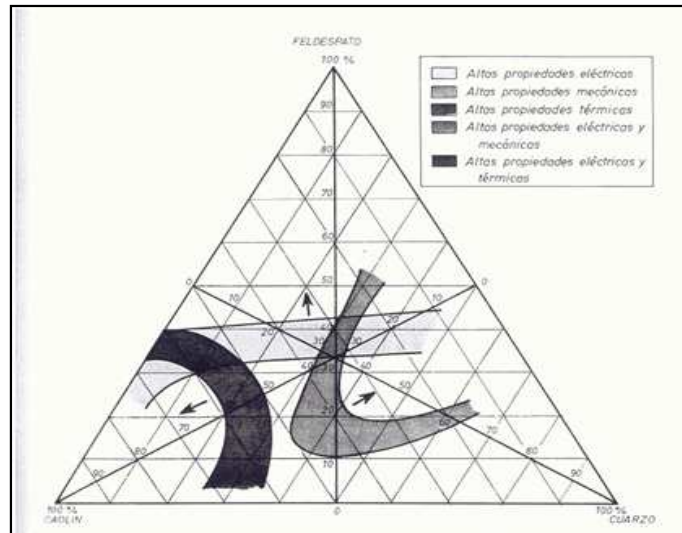
Las propiedades de las piezas cerámicas, desde el punto de vista de composición, dependen más del contenido mineral de las materias primas utilizadas que de su composición química, pues es el ordenamiento reticular dado por el tipo de mineral presente el que define el comportamiento en el proceso.

#### **1.2.2.3 Formulación de pastas cerámicas**

Este proceso se lo realiza en un diagrama triaxial, el cual es un triángulo equilátero de tres variables; A, C y F (Arcilla, Cuarzo, Feldespato), donde los vértices representa el 100% de materia prima pura; cada arista representa la combinación lineal de las dos materias primas; y el plano del triángulo representa la mezcla de las tres materias primas.

Generalmente se trabaja en porcentaje por lo que cada arista del triángulo se divide en 100 partes, que permite señalar de cada materia prima el porcentaje requerido como se muestra en la figura 1.15 la influencia del cuarzo, feldespato y caolín en la cerámica electrónica.





**Fig. 1.15 Influencia de la proporción de componentes básicos en las propiedades de la porcelana electrónica**

#### 1.2.2.4 Preparación de las pastas cerámicas

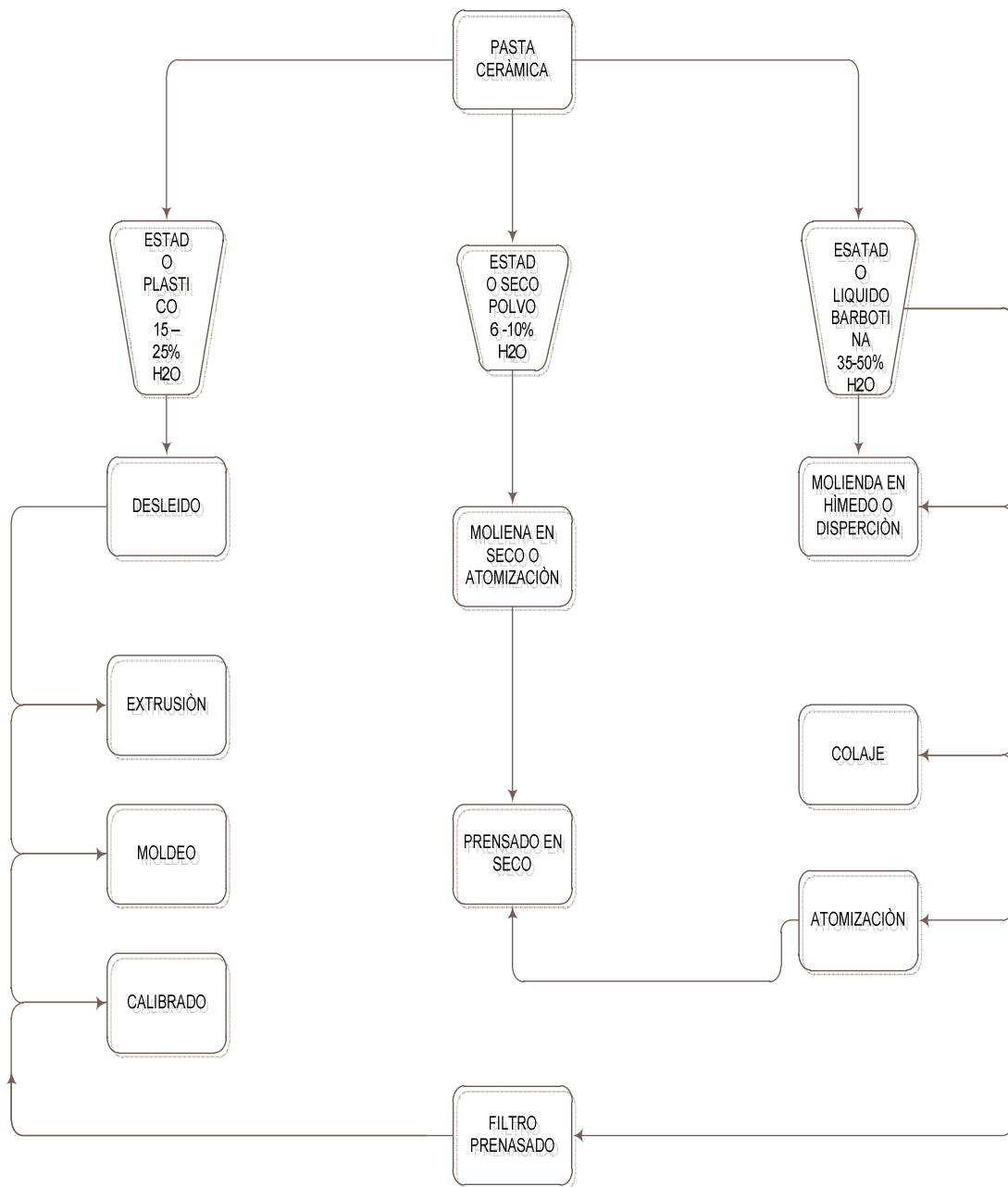
En la preparación de las materias primas cerámicas, la pasta, es la fase inicial de producción de los diversos productos cerámicos. Esta fase se considera la más importante, ya que determina las características básicas del producto y tiene implicaciones en todas las etapas de producción posteriores.

En función del producto a obtener y del proceso industrial a seguir, las pastas cerámicas abarcan desde una simple arcilla solamente, hasta formulaciones complejas con diversos componentes.

La maquinaria y equipo a utilizar en la preparación de las pastas se determinan al elegir las materias primas y el o los productos a obtener.

##### 1.2.2.4.1 Diagrama del método para la preparación de pastas

En la figura 1.16 se muestra el diagrama del método para la preparación de pastas cerámicas.



**Fig. 1.16 Preparación de Pastas**

Fuente: [www.etsimo.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion4.CERÁMICAS.PreparacionMateriasPrimas.ppt](http://www.etsimo.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion4.CERÁMICAS.PreparacionMateriasPrimas.ppt).

### 1.2.2.5 Obtención de piezas cerámicas

Como se mencionó anteriormente luego del formado de una pieza cerámica, se debe proceder a la obtención de la misma con características permanentes, que en términos cerámicos recibe el nombre de bizcocho, aplicando métodos de secado y cocción.

#### 1.2.2.5.1 *Secado*

El secado tiene lugar en dos etapas principales. En primer lugar el período de intensidad constante en el cual la pérdida de agua tiene lugar en la superficie y produce una contracción de igual volumen de agua perdida. En segundo lugar el período o períodos de intensidad decreciente en que el agua se evapora desde el interior y produce poca o ninguna contracción. Por lo tanto el primer período nos va a representar una importancia mucho mayor, por ser durante el mismo cuando se producen agrietamientos o deformaciones.

Las condiciones determinadas por rápidas corrientes de aire calientes que podrían eliminar el agua con rapidez, producen elevados gradientes de humedad en la pasta haciéndola propensa al agrietamiento.

Para evitar los agrietamientos el objetivo planteado consiste en acelerar el movimiento de la humedad en la pasta por calentamiento, pero solo en condiciones en las cuales se elimine vapor de agua en la misma superficie, a la misma velocidad que es desplazada del interior de la pieza. Esto constituye la base del sistema de secado en ambiente húmedo en el cual las piezas se calientan inicialmente en una atmósfera húmeda y a continuación se dejan secar.

Para un correcto proceso de secado, es indispensable que la pasta húmeda sea homogénea, y no debe tener aire ocluido que pueda interferir en el secado.

La velocidad de secado, depende únicamente de las condiciones externas, básicamente de la facilidad con el que el aire puede tomar vapor de agua, es decir de su humedad relativa.

Durante el período de velocidad decreciente, se elimina agua de los poros; al principio cuando estos están llenos, todavía se evapora el agua desde la superficie, pero como se está iniciando la etapa de secado la velocidad disminuye. Posteriormente, el secado se realiza por evaporación del agua en el interior de los poros, seguido por el movimiento del vapor hasta la superficie, por lo que la velocidad de secado depende de las condiciones internas de la pieza.

En general, todas las piezas que contienen arcilla, durante el proceso de secado, están expuestas a las siguientes transformaciones.

- a) Pérdida de agua contenida en los poros y consiguiente aproximación de las partículas de arcilla. (6% de contracción de volumen).
- b) Nueva eliminación de agua hasta la máxima contracción (22% en volumen), y formación de nuevos poros.
- c) Pérdida de la cantidad restante de agua y formación de poros.

Las etapas a y b necesitan de una atención especial, debido que al ser tan considerable en ellas la contracción pueden presentarse fallas.

El secado de la pieza esmaltada tiene también su vital importancia, debido a que el agua constituye parte de la suspensión del mismo. Una vez acabada la aplicación del esmalte, el agua debe eliminarse en todo lo posible completamente antes de la cocción.

#### 1.2.2.5.2 Cocción

Durante la cocción del esmalte se desarrollan una serie de transformaciones físicas como por ejemplo la sinterización, transformaciones de fase, y reacciones químicas como por ejemplo disolución de componentes, cristalización, las cuales determinan las propiedades técnicas deseadas.

Estas propiedades se traducen en que los valores de viscosidad, tensión superficial y cantidad de fase líquida a la temperatura de cocción sean los adecuados y que su variación sea pequeña.

Dentro de los factores que influyen en la cocción cerámica tenemos:

- El calor de reacción que es uno de los factores más importantes. Los procesos endotérmicos aumentan el gradiente térmico en el interior de la pieza, mientras que los procesos exotérmicos lo reducen. Una de las reacciones que más afecta al gradiente de temperatura en la pieza es la pérdida de agua de constitución de los minerales de arcilla.
- Llamado longitudinal de penetración de un punto situado en el interior de la pieza es la distancia más corta entre dicho punto y la superficie externa, podemos decir que el punto que corresponde a la mayor longitud de penetración es el menor de temperatura de la pieza.

- El gradiente térmico máximo que es directamente proporcional a la velocidad de calentamiento.
- Las variaciones dilatómetricas de la pieza tienen también efecto sobre las variaciones o en el gradiente térmico durante la cocción.

Las reacciones que ocurren durante el proceso de cocción están claramente especificadas en la tabla 1.1.

**Tabla 1.1 Reacciones que ocurren durante la cocción**

<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>PROCESO</b>
<b>&lt; 120</b>	Pérdida de agua absorbida.
<b>&gt;280</b>	Descomposición del compuesto orgánico.
<b>&gt;320</b>	Combustión del carbón residual.
<b>&gt;450</b>	Pérdida de agua de constitución de los minerales arcillosos. Conversión de la caolinita – metacaolinita.
<b>573</b>	Inversión del cuarzo.
<b>&gt;600</b>	Pérdida de agua de cristalización.
<b>&gt;700</b>	Descomposición de los carbonatos.
<b>900 – 1000</b>	Conversión de la metacaolinita en espinela Si – Al y cristobalita.
<b>1050</b>	Fusión eutéctica de los feldespatos.
<b>1100 - 1200</b>	Formación de mullita primaria a partir de la espineta Al – Si.
<b>1200</b>	Formación de la mullita secundaria por recristalización de la fase vítrea. Disolución del cuarzo.

Fuente: FLOR Patricio, (2012), “*Apuntes de Cerámica*”, EPN, Quito Ecuador.

### 1.2.2.6 Acabados de las piezas cerámicas

Las propiedades de los materiales cerámicos también varían mucho debido a diferencias en los enlaces. En general, los materiales cerámicos son típicamente duros y frágiles con baja tenacidad y ductilidad<sup>5</sup>.

Los materiales cerámicos se comportan usualmente como buenos aislantes eléctricos y térmicos debido a la ausencia de electrones conductores, normalmente poseen temperaturas de fusión relativamente altas y, asimismo, una estabilidad relativamente alta en la mayoría de los medios más agresivos debido a la estabilidad de sus fuertes enlaces. Debido a estas propiedades los materiales cerámicos son indispensables para muchos de los diseños en ingeniería.

#### 1.2.2.6.1 Fritas

Es el conjunto de materiales no metálicos y productos químicos de alta pureza, que constituyen el componente principal del esmalte.

Para la fabricación de las fritas cerámicas se utiliza materias primas diferentes en su composición, características físicas, químicas y mineralógicas. Los criterios más importantes que suelen emplearse para seleccionar las materias primas que intervienen en la composición de una frita son:

- Costo global de la formulación.
- Impurezas que deterioran la calidad de la frita como compuestos de hierro y otros óxidos colorantes.
- Características físico químicas y mineralógicas que determinan el comportamiento de la mezcla durante la fusión y la calidad de la frita obtenida.
- Homogeneidad y continuidad en la calidad y en el suministro.

##### 1.2.2.6.1.1 Proceso de fritado

El proceso de fritado consta en general de los siguientes pasos: calcinado, maduración, atronado, lavado y molienda.

---

<sup>5</sup> [http://sifunpro.tripod.com/piezas\\_cerámicas.htm](http://sifunpro.tripod.com/piezas_cerámicas.htm)

La mezcla homogénea de los componentes se somete a un proceso de calcinación en el cual comienzan a desarrollarse las reacciones de descomposición de las materias primas, con el desprendimiento gaseoso, formación de fases líquidas por reacciones entre los componentes más fundentes y la disolución en el fundido de los componentes más refractarios como el cuarzo, alúmina, silicato de circonio.

Al elevarse la temperatura de fusión parcial de algunos componentes, permite que el material fluya y completar las reacciones anteriores, para obtener una buena frita, por lo que la mezcla debe someterse a la maduración, cuyo tiempo y temperatura dependen de la composición empleada.

El material fundido y madurado debe enfriarse bruscamente vertiéndolo sobre el agua, el proceso se conoce como atronado, al caer el material fundido dentro del agua, se produce un estallido de la mezcla como producto del choque térmico que sufren los materiales, obteniéndose fragmentos de vidrio que facilitan la molienda de la frita.

El lavado se realiza para eliminar material soluble presente en la molienda para facilitar las reacciones entre los sólidos en los procesos de esmaltado.

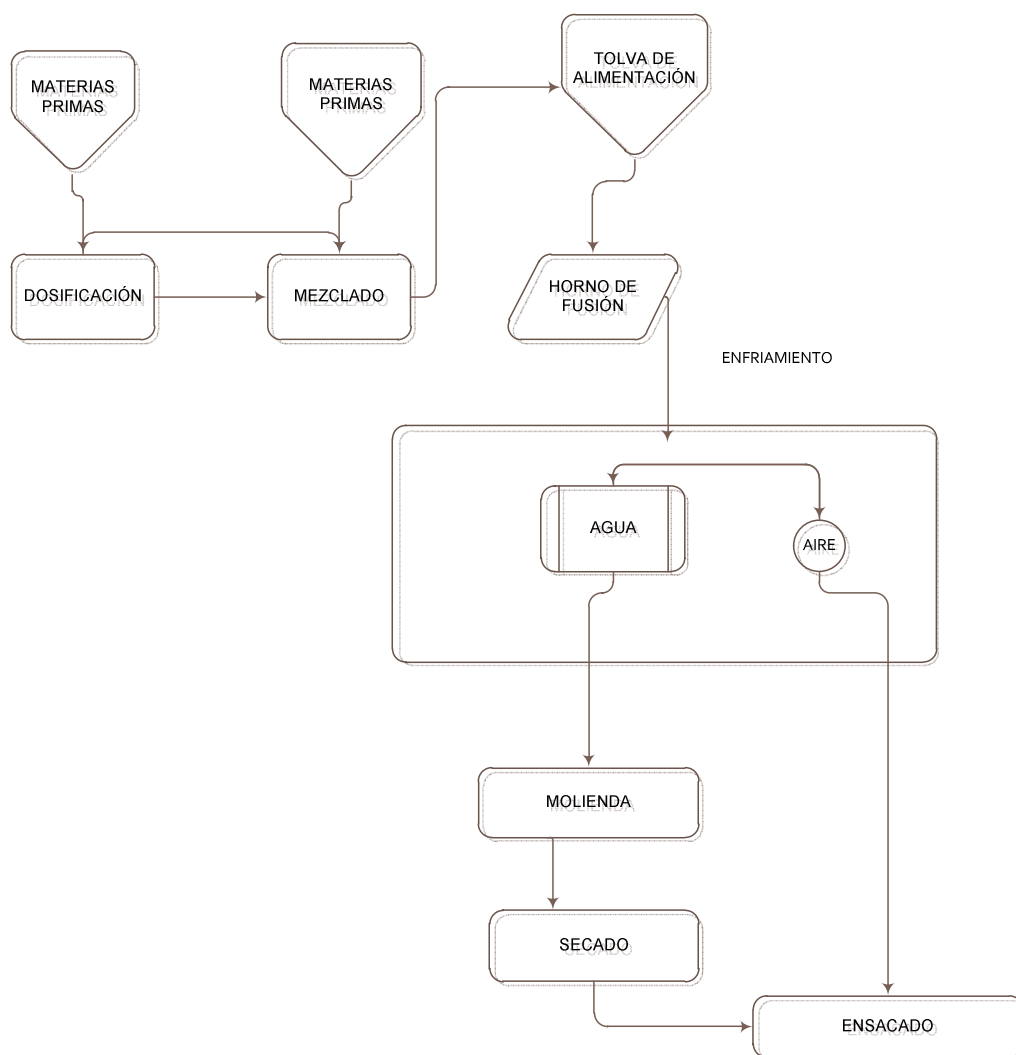
#### *1.2.2.6.1.2 Fabricación continua de las fritas*

El proceso de fabricación continua con el automatizado de fritas, donde las materias en estado de polvo, se dosifican gravimétricamente por arrastre neumático a una mezcladora, que permite obtener en pocos minutos una mezcla homogénea de los componentes. El material resultante se almacena en una tolva y se introduce al horno de fusión a velocidad uniforme, mediante un tornillo sin fin.

En la pila de material que se forma a la entrada del horno, comienzan a desarrollarse las reacciones de descomposición de las materias primas, con desprendimiento gaseoso, la formación de las fases líquidas por reacción entre los componentes más fundentes y la disolución en el fundido de los componentes más refractarios.

La fusión parcial de algunos componentes permite que la carga superficial de la pila se deslice continuamente. Durante su recorrido por el interior del horno, deben completarse las reacciones anteriores, para conseguir una buena frita.

El material fundido se enfría bruscamente vertiéndolo sobre agua o mediante rodillos refrigerados por agua y aire, todo este proceso de fabricación de fritas se lo puede observar en la figura 1.17.



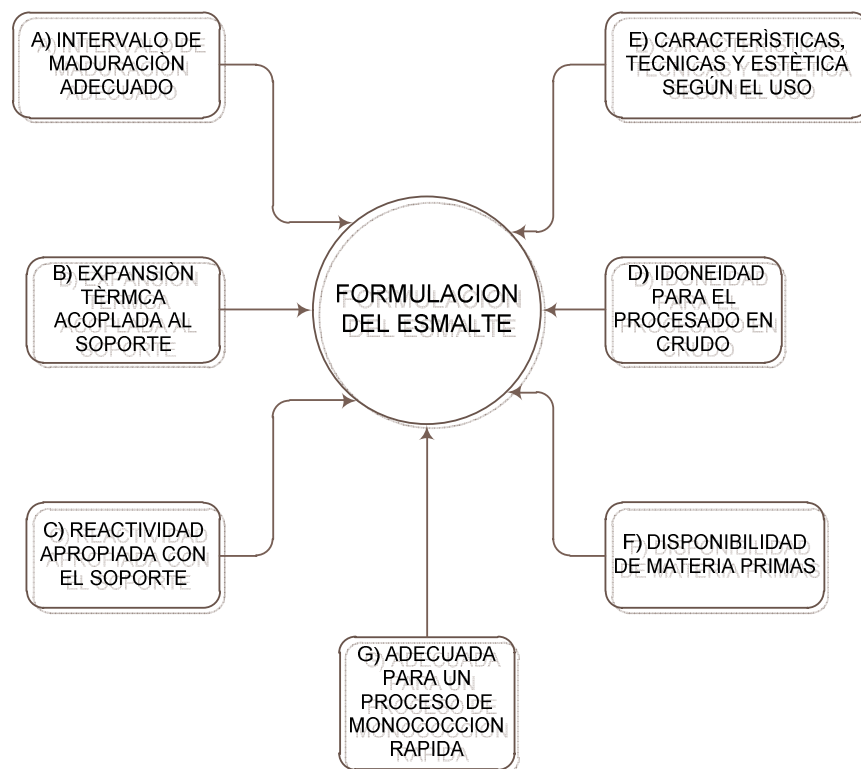
**Fig. 1.17** Proceso de Fabricación de Fritas



### 1.2.2.6.2 Esmalte

Emplea como base fundamental las fritas, a las que se añaden agentes opacificantes y dispersantes, los cuales a la temperatura de maduración forman una capa vítrea.

A continuación en la figura 1.18 se muestra las características que determinan la composición de un esmalte.



**Fig.1.18 Características de la composición del esmalte**

Fuente: FLOR Patricio, *"Apuntes de Cerámica"*; EPN; Quito Ecuador, 2012.

#### 1.2.2.6.2.1 Aplicación de esmaltes

La mayoría de las superficies vidriadas se consiguen mediante la aplicación de los materiales, generalmente por vía húmeda.

La mecanización de la operación de esmaltado y el consiguiente efecto de las capas aplicadas en la porosidad y rugosidad superficial sobre las propiedades y

aspectos del material cocido, han sido factores decisivos que han obligado a establecer las condiciones de aplicación adecuadas y los ensayos en la planta de control.

Cada aplicación produce una textura de la capa formada y requiere determinadas condiciones reológicas de la suspensión, que deben mantenerse constantes dentro del intervalo preestablecido para lograr que el esmaltado se realice correctamente y que las características de la capa formada sean las adecuadas como se indica en la tabla 1.2.

**Tabla 1.2 Condiciones reológicas del esmalte en suspensión**

<b>Aplicación</b>	<b>% Sólidos</b>	<b>Viscosidad</b>	<b>Textura superficial</b>	<b>Control de Suspensión</b>	<b>Control de Equipo</b>
Aerógrafo	55 - 56	5 – 15	Buena	Sistemático	Sistemático
Disco	55 - 65	10 – 30	Buena	Sistemático	Sistemático
Campana	65 - 67	100 – 400	Muy buena	Exhaustivo	Exhaustivo
Serigrafía	55 - 65	1000 – 7000	Muy buena	Preciso y constante	Exhaustivo

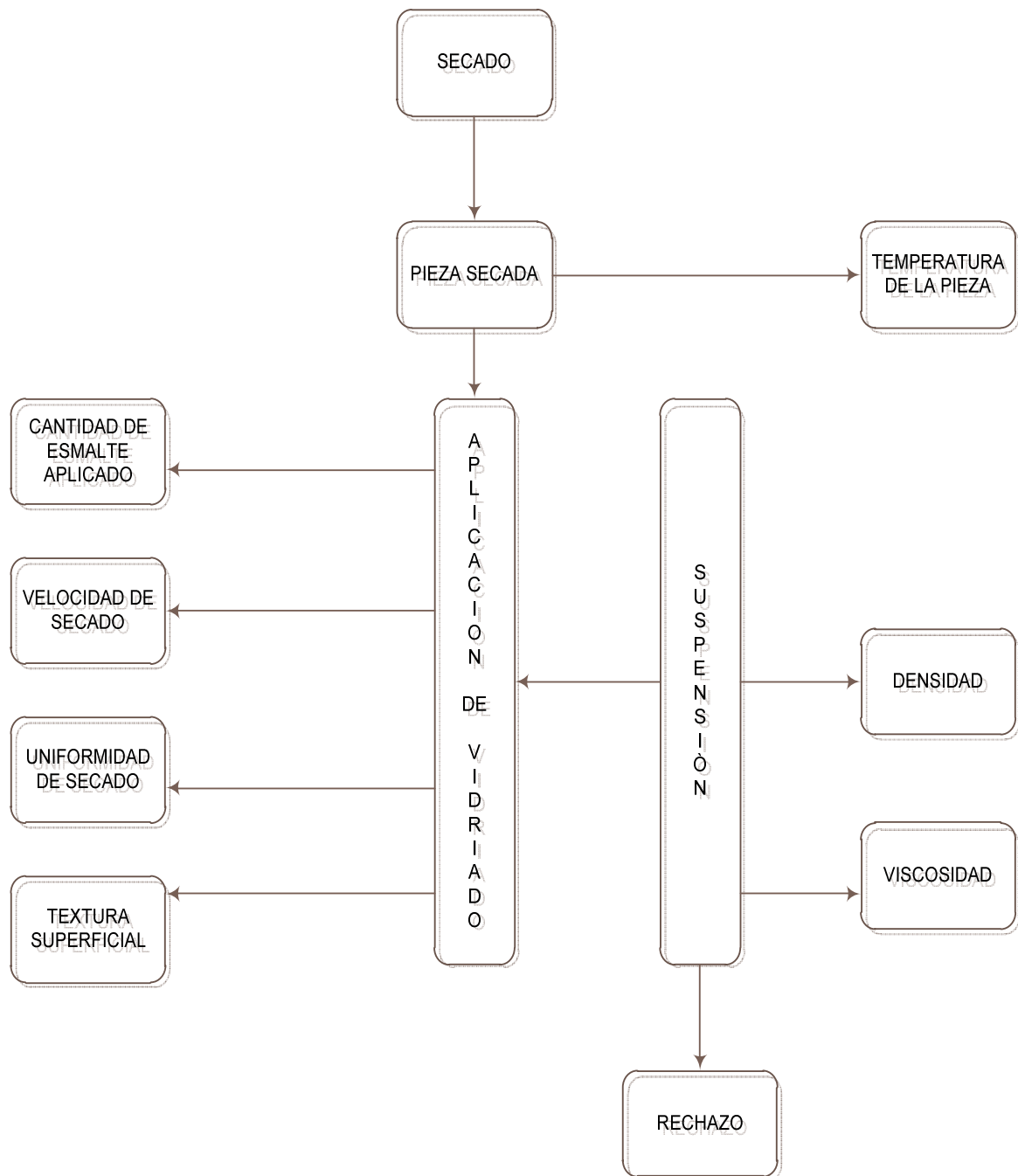
Fuente: FLOR Patricio, (2012), "Apuntes de Cerámica", EPN, Quito Ecuador.

Durante el esmaltado de soportes bizcochados se produce el paso del agua contenida en la barbotina al sólido, como consecuencia del efecto de succión capilar que ejercen los poros de la pieza cocida.

Esta capacidad de succión de la pieza, permite la aplicación del esmalte y es responsable de la adherencia en crudo de este soporte, de la textura obtenida en la capa formada y del tiempo de secado de esta, lo que implica controlar la velocidad de succión del soporte bizcochado, propiedad que depende de las materias primas utilizadas y de las variables de proceso empleadas en su fabricación.

### 1.2.2.6.2.2 Controles en el Esmaltado

Los controles en el esmaltado son necesarios para garantizar la idoneidad del producto formado, y en la planta de producción el proceso de control que se realiza de la siguiente manera como se indica en la figura 1.19.



**Fig. 1.19 Control del Esmaltado**

Fuente: FLOR Patricio, (2012), "Apuntes de Cerámica", EPN, Quito Ecuador

### **1.2.2.7 Secado y cocción de piezas esmaltadas**

Tomando en cuenta las consideraciones previas, se ve necesario la formulación así como en la pasta, en la pieza cruda y en la esmaltada, de las curvas de secado y de cocción, para lo que se recomienda en especial para este paso final del proceso contar con equipos adecuados lo cuales permitan un control automático de estos dos últimos pasos.

### **1.2.2.8 Control de calidad para aisladores eléctricos de porcelana**

Esta especificación está desarrollada para aisladores tipo sensor y carrete fabricados en porcelana que se utilizan en líneas aéreas de baja tensión es decir tensiones menores o iguales a 1KV, y en la construcción de tirantes para redes de media y baja tensión, tanto en ambientes normales como de contaminación salina o industrial y alto grado de humedad. Sus características deberán adecuarse a dichas condiciones de servicio.

#### *1.2.2.8.1 Material y terminación*

Los aisladores deben fabricarse en porcelana de buen grado comercial y por el proceso húmedo.

La superficie total del aislador con excepción de la superficie de quema, deberá estar esmaltada.

La superficie total del aislador deberá estar libre de imperfecciones y los aisladores serán esmaltados en color café o gris de acuerdo a la norma ANSI.

#### *1.2.2.8.2 Marcas e identificación en los aisladores*

Cada aislador deberá ser marcado en forma legible, indeleble y durable en el tiempo, por lo menos con la siguiente información.

- Nombre símbolo o logotipo que identifiquen al fabricante.
- Año de fabricación.

### 1.2.2.8.3 Características eléctricas y mecánicas

Los aisladores deberán cumplir con las condiciones eléctricas y mecánicas expuestas a continuación en la tabla 1.3 de acuerdo con las normas ANSI C29.3 y ANSI C29.4, según corresponda.

**Tabla 1.3 Condiciones Eléctricas y Mecánicas de los Aisladores**

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	AISLADORES NORMALIZADOS			
CLASES	-----	Clase 53-1	Clase 53-2	Clase 54-1	Clase 54-2
<b>CONSTRUCCIÓN</b>					
<b>Material</b>	----	Porcelana	Porcelana	Porcelana	Porcelana
<b>Color Esmalte</b>	----	Café o Gris	Café o Gris	Café o Gris	Café o Gris
<b>Dimensiones</b>	Mm				
<b>CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS</b>					
<b>Resistencia transversal</b>	N	8900	13300	----	----
<b>Resistencia a la ruptura</b>	N	----	----	44000	53000
<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</b>					
<b>Distancia de fuga</b>	Mm	----	----	41	30
<b>Flameo en baja frecuencia en seco</b>	kV	20	25	25	30
<b>Flameo en baja frecuencia en húmedo</b>	kV/kV	8/10	12/15	12	15

Fuente: FLOR Patricio, "Apuntes de Cerámica"; EPN; Quito Ecuador; 2012

## 1.2.3 SERVICIOS QUE OFRECE LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICA

La Planta Piloto de Cerámica de la Escuela Politécnica Nacional ofrece también los siguientes servicios en investigación:

### 1.2.3.1 Electrocerámica

- Investigación de materiales no metálicos para electrocerámica.
- Formulación de pastas electrocerámicas.
- Producción continua de porcelana electrocerámica usando minerales purificados no metálicos del país.

- Investigación en el uso de alúmina de desecho.
- Formulación y formado de bujías automotrices.

#### **1.2.3.2 Artesanos ceramistas**

- Reformulación de pastas y esmaltes.
- Capacitación en química para ceramistas.
- Definición de ciclos de cocción cerámicos.

#### **1.2.3.3 Industria cerámica**

- Estudios y optimización de procesos cerámicos.
- Evaluación de compatibilidad esmalte-pasta.
- Resolución de problemas particulares.

#### **1.2.3.4 Medicina humana**

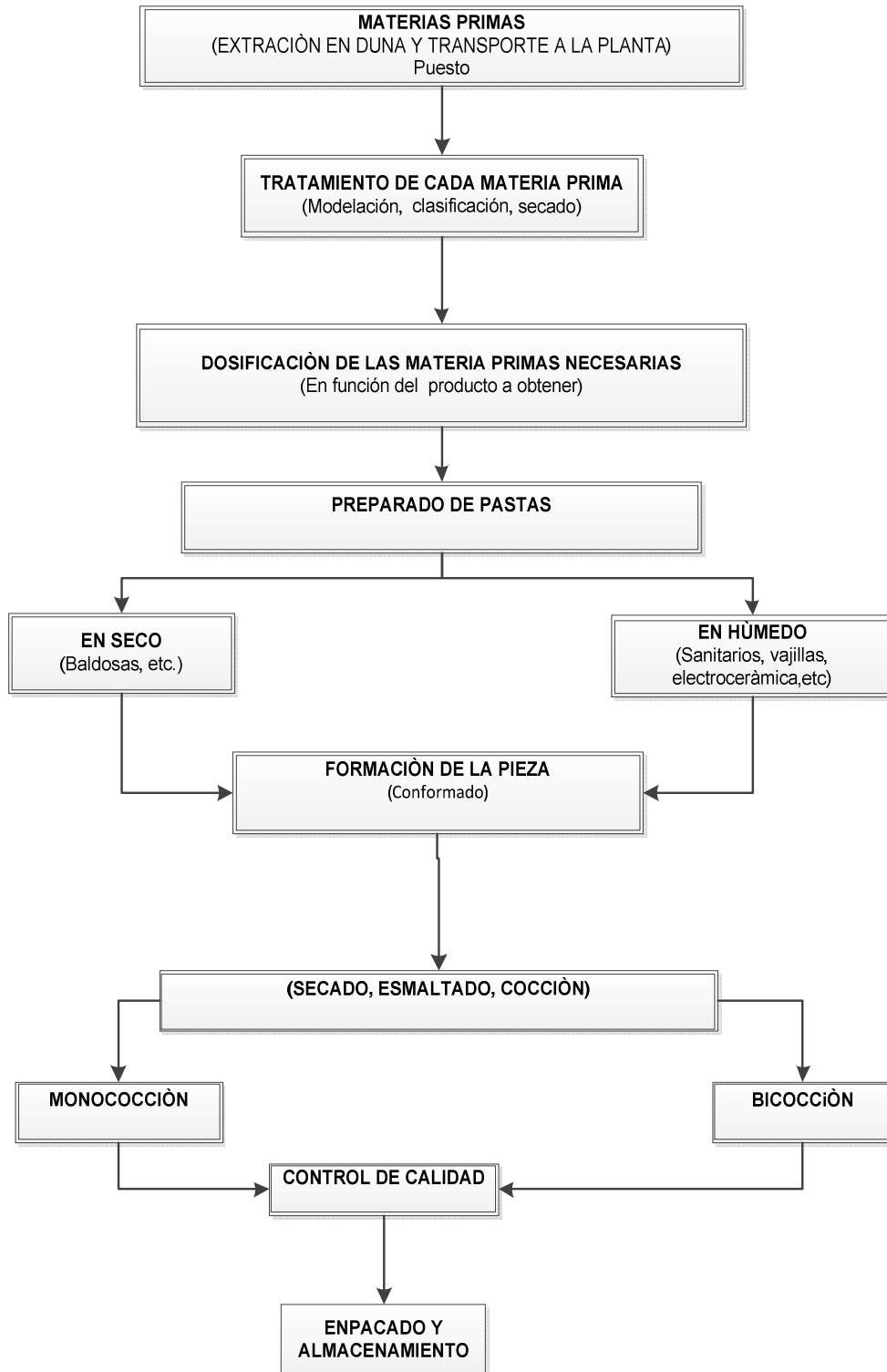
- Formulación de pastas cerámicas para uso en prótesis humana.

### **1.3 DIAGRAMA FUNCIONAL DE PROCESOS PARA LA ELABORACIÓN DE PIEZAS CERÁMICAS**

El proceso productivo para la elaboración de cerámicos consiste básicamente en:

- Preparación de la materia prima.
- Molienda y humectación de las diferentes arcillas utilizadas en el proceso.
- Dosificación de las mismas.
- Secado de las piezas.
- Cocción en un horno tipo túnel de 110 metros de largo.
- Clasificación y embalado de las piezas.

Para la elaboración de piezas cerámicas se ha elaborado el siguiente diagrama funcional de procesos mostrado en la figura 1.20.



**Fig. 1.20 Diagrama Funcional de Procesos de Fabricaciòn de Cerámicos**

## 1.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS DE FORMADO DE PIEZAS CERÁMICAS

Es el paso productivo que da la forma de la pieza que se quiere obtener. Existen varios procesos de formado de piezas cerámicas, entre los más conocidos artesanal e industrialmente citamos los siguientes:

### 1.4.1 VACIADO

Es un proceso que utiliza generalmente un molde de yeso, en el mismo que se vierte la barbotina o pasta diluida, hasta que el molde quede completamente lleno, luego de lo cual se lo vacía y queda el film o espesor del objeto adherido al molde, que luego del proceso de secado se lo extrae del molde, así podemos observar en la figura 1.21. Se prepara el yeso, se vierte desde una esquina, hasta llenarlo completamente en forma continua<sup>6</sup>.



Fig. 21 (a)

Fig. 21(b)

Fig. 21 (c)

<sup>6</sup> <http://www.ceramicatrespiedras.com/cursos/tecnicas...>



## **1.4.2 MOLDEO A PRESIÓN**

En un molde de yeso, se va colocando lo más compactamente posible la pasta cerámica hasta sobrepasar el nivel del molde, se lo presiona para asegurarse de que todos los espacios del molde estén cubiertos, luego de lo cual se seca y se extrae la pieza sólida.

En la formación de ciertos artículos cerámicos, se procede al colado en moldes de escayola con pasta líquida a presión, con la finalidad de aumentar la velocidad de formación de las piezas cerámicas. Cuando las presiones a las que se somete la pasta son elevadas, la presión se asimila con un filtrado.

El proceso de moldeo a presión de platos de hasta  $70\text{Kg/cm}^2$ , pretende eliminar considerablemente la contracción de secado, aunque no da los valores de contracción.

### **1.4.2.1 Posibilidades futuras**

Parece factible formar grandes piezas en 1min, de superficie resistente y para extracción inmediata. El problema es encontrar un material para el molde que pueda trabajarse con presión y de suficiente resistencia para soportar elevadas tensiones.

Productos cerámicos de este tipo son refractarios, ladrillos, aislantes de bujías, cúpulas, crisoles, herramientas de carbono y cojinetes.

## **1.4.3 PRENSADO EN POLVO**

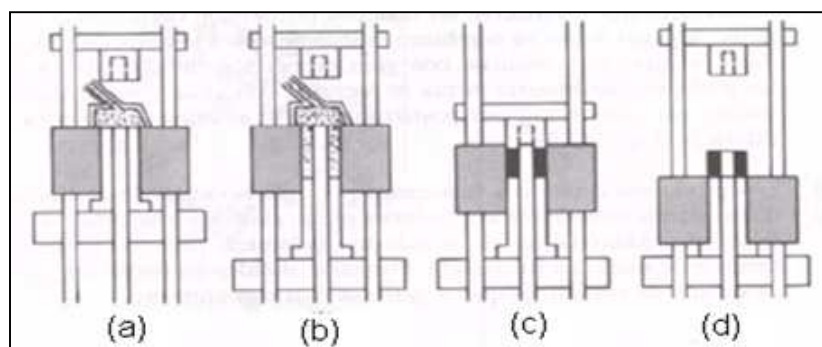
Es el procedimiento predominante de conformación de piezas del 5 al 7% de humedad, los polvos se alimentan en un lado de la cavidad y se compactan bajo presión mediante el uso de la prensa hidráulica.

Este procedimiento de formación de piezas opera por acción de una compresión mecánica de la pasta en el molde y representa uno de los procedimientos más económicos de la fabricación de productos cerámicos de geometría regular.

El sistema de prensado se basa en prensas oleodinámicas que realizan el movimiento de presión contra la matriz por medio de la compresión de aceite y prestan una serie de características, como son: elevada fuerza de compactación, alta productividad, facilidad de regulación y constancia en el tiempo de ciclo de prensado establecido.

En general, el prensado puede dividirse en dos categorías: uniaxial e isostático. También se lo puede definir como la compactación uniaxial simultánea y la formación de polvos granulados con pequeñas cantidades de agua y o pegamentos orgánicos en un troquel. Después del estampado en frío, las partículas son normalmente calentadas o sinterizadas a fin de que se consiga la fuerza y las propiedades micro estructurales deseadas.

La pasta en forma de polvo, se introduce en el molde con una humedad que oscila del 6 al 7%. El prensado, con presiones que oscilan desde 250 a 400Kg/cm<sup>2</sup>, se realiza en varias fases para compactar y desairar el polvo. La porción de pasta, o bien una pastilla bien extraída para minimizar tensiones, se introducen en el molde de prensa, y a continuación la parte móvil baja y a la vez gira hasta conformar la pieza<sup>7</sup>. En la figura 1.22 se muestra una serie de operaciones para el prensado en seco de polvos cerámicos. (a) y (b) relleno, (c) presionado, (d) expulsión.



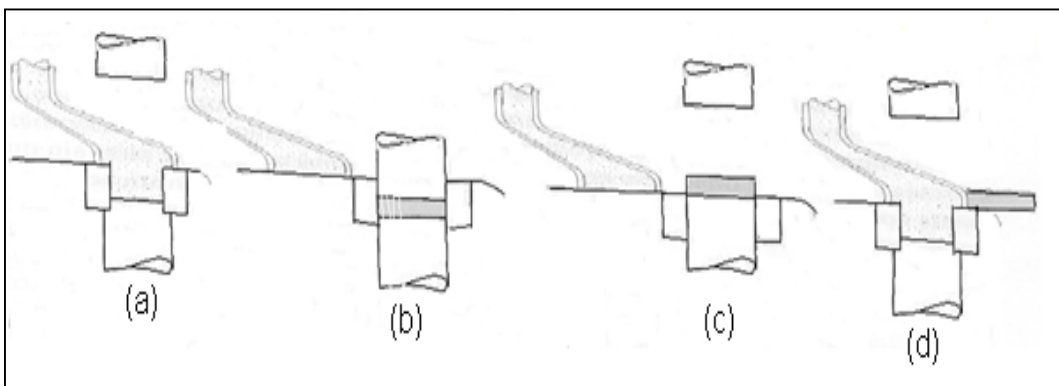
**Fig. 1.22: a), b), c), d) Operaciones para el Prensado en Seco de Polvos Cerámicos**

Fuente:<http://www.uprm.edu/civil/circ/newsite/webresearchers/LuisGodoy...>

<sup>7</sup> IDEM 4, Pág. 38 -44

### 1.4.3.1 Prensado Uniaxial

El polvo se alimenta en un molde compresible o bolsa y la presión es aplicada externamente a lo largo de un solo eje, lo cual limita esta técnica a formas relativamente simples. En la figura 1.23 se observa la representación esquemática del prensado uniaxial en polvo. (a) La cavidad del molde se llena con polvo. (b) El polvo es compactado por la presión aplicada inferior; (c) La pieza compactada es expulsada por la acción de un pistón. (d) El alimentador expulsa la pieza compactada y se repite el proceso de llenado.



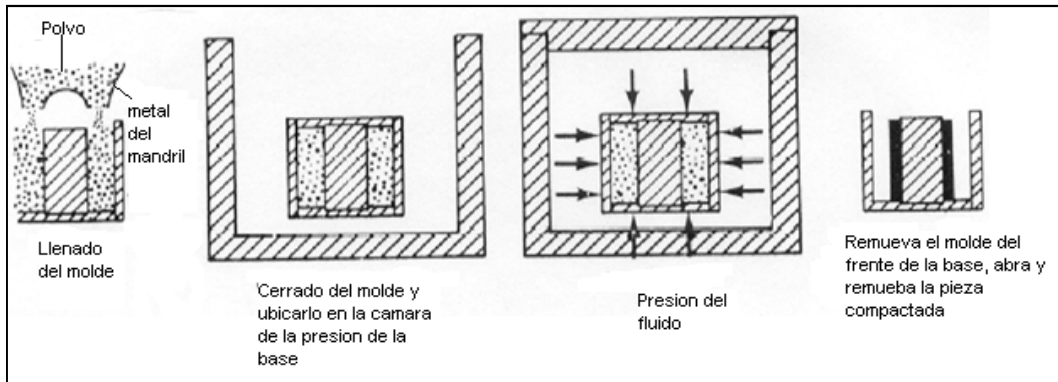
**Fig. 1.23 Prensado Uniaxial**

Fuente:<http://www.uprm.edu/civil/circ/newsite/webresearchers/LuisGodoy...>

### 1.4.3.2 Prensado Isostático

El polvo se alimenta en un molde o bolsa y la presión es aplicada uniformemente en todas las direcciones por medio de un líquido o un gas.

Este método se usa frecuentemente para los productos refractarios que son materiales de alta resistencia térmica y componentes cerámicos electrónicos. El prensado en seco se utiliza mucho porque permite fabricar una gran variedad de piezas rápidamente con una uniformidad y tolerancia pequeñas, así como lo muestra la figura 1.24.



**Fig. 1.24 Prensado Isostático**

Fuente: <http://www.uprm.edu/civil/circ/newsite/webresearchers/LuisGodoy...>

### 1.4.3.3 Secuencia de prensado

Es una de las operaciones más críticas es la de llenado del molde y uno de los defectos más comunes es en la fabricación de azulejos. La cantidad de polvo que penetra en el molde, está mal repartida, esto frecuentemente en formatos de gran tamaño. Cuando baja el punzón ejerciendo una presión uniforme en toda la sección, en el lugar donde había más material se concentran más partículas por unidad de volumen, lo que se traducirá en un fallo dimensional.

## CAPÍTULO 2

### PARÁMETROS DE SEGURIDAD

#### 2.1 ANÁLISIS DE SEGURIDAD EN LA TAREA

Se denomina análisis de seguridad en el trabajo A.S.T. a la técnica que permite identificar las causas potenciales de los accidentes y estudiar las medidas para eliminarlas en una tarea determinada. En síntesis, un Análisis de Seguridad en el Trabajo es un análisis de la tarea, el mismo que está conformado básicamente por cuatro pasos<sup>8</sup>:

1. Selección de la tarea: Debe analizarse prioritariamente aquellos trabajos en que haya mayor frecuencia y gravedad de accidentes.
2. Delimitar las operaciones de la misma: El trabajo debe descomponerse en sus pasos sucesivos u operaciones; esto puede hacerse observando el desempeño de un empleado experimentando y registrando cada etapa con un estudio de métodos.
3. Identificar los peligros asociados a cada etapa: Esto se puede realizar mediante observación pero también a través de la experiencia obtenida de accidentes acaecidos previamente. Para cada etapa el analista debe preguntarse:
  - Si el trabajador puede golpearse, o ser golpeado por un objeto, si puede ser apretado, raspado, etc.
  - Si corre el riesgo de caídas o esfuerzos excesivos.
  - Si está expuesto a gases, humos, ácidos, etc.
4. Recomendar controles y procedimientos: Las reglas y procedimientos se formularán para evitar los peligros previamente identificados; a veces serán

---

<sup>8</sup>MANGOSIO Jorge, (1997), *“Medio Ambiente y Salud Ocupacional”*, Editorial Nueva Librería.

necesarios cambios en equipos y materiales mientras que otras veces se requerirán cambios en procedimientos.

Los problemas se tratarán en forma específica evitando el “sea cuidadoso” o “tome precauciones”.

El propósito del A.S.T. es identificar los grandes agentes de riesgo a los cuales están expuestos los trabajadores en la ejecución de sus tareas rutinarias dentro de la empresa con la finalidad de eliminar o reducir esos riesgos.

La elaboración de un A.S.T. conlleva a grandes beneficios para la empresa y sus trabajadores, tanto en la salud como en la seguridad y conocimiento. Así por ejemplo:

- Los beneficios iniciales se evidencian más en la etapa de preparación.
- Permite identificar riesgos no detectados previamente e incrementar el conocimiento del trabajo.
- Aumenta el conocimiento de seguridad y salud, mejora la comunicación y promueve la aceptación de los procedimientos de trabajo seguro.
- Ya terminado, un procedimiento escrito de trabajo basado un A.S.T., sirve de base para desarrollar muchas otras actividades de entrenamiento de seguridad.

### **2.1.1 MÉTODOS PARA ELABORAR UN A.S.T.**

Los métodos más comunes que se utilizan para le elaboración del A.S.T son los que se mencionan a continuación:

#### **2.1.1.1 Método de observación**

Consiste en observar el trabajo para establecer las etapas y determinar los accidentes potenciales asociados a cada una de ellas<sup>9</sup>.

Generalmente se necesita observar varias veces antes de completar la identificación de riesgos. Es conveniente observar a diferentes trabajadores

---

<sup>9</sup><http://seguridadysalud.me/2011/01/01/ast-analisis-de-seguridad-en-el-trabajo/>

ejecutar el mismo trabajo, pues así se pueden notar diferencias importantes en las prácticas de trabajo.

#### *2.1.1.1.1 Ventajas de la observación*

- Estimula las Ideas.
- Ayuda al supervisor a comprender del trabajo.
- Estimula el intercambio de ideas.
- Ayuda al supervisor a conocer a sus operarios.

#### **2.1.1.2 Método de discusión**

Requiere varios supervisores que dominen el trabajo a realizarse. En la discusión se establecen las etapas básicas y luego los riesgos asociados a cada una.

Cada supervisor aprovecha su propia experiencia; enseguida, la discusión gira en torno al desarrollo de soluciones.

#### *2.1.1.2.1 Ventajas de la discusión.*

- Combina las experiencias y las ideas.
- Mejora la aceptación del A.S.T.
- Este método no espera que se tenga que realizar el trabajo para preparar el A.S.T (hay algunos que se efectúan con muy poca frecuencia).

#### **2.1.1.3 El método de recordar y comprobar**

El supervisor ejecuta un A.S.T. preliminar basado en su recuerdo del trabajo. Esta versión A.S.T. se comprueba luego mediante la observación y o discusión con los operarios que ejecutan el trabajo o con otros supervisores.

Su ventaja principal es la flexibilidad. Puede hacerse en trabajos que no son posibles observar frecuentemente. Sólo produce resultados aceptables cuando el supervisor realiza una buena labor de comprobación de la versión preliminar.

El método de recordar y comprobar no debe utilizarse en ningún caso, si alguno de los otros dos métodos es factible.

Como procedimiento general se puede establecer el desarrollo del A.S.T. por el método de observación directa de la realidad y complementar dicho A.S.T. por medio de los otros dos métodos.

En el ANEXO 1 se indica la planilla tipo de gran utilidad para sistematizar el Análisis de Seguridad en el Trabajo.

### **2.1.2 PAPEL DEL TRABAJADOR EN EL DESARROLLO DEL A.S.T.**

- Los trabajadores en conjunto representan una gran experiencia.
- Un supervisor debe tratar de beneficiarse con esta experiencia colectiva.
- Al desarrollar un A.S.T., el supervisor debería discutir el trabajo con sus operarios y una vez terminado, hacer una revisión con el grupo.
- Otra razón para estimular la participación de los trabajadores es que el éxito final de un A.S.T. depende de la acogida que tenga entre quienes realizan el trabajo. Los trabajadores estarán más inclinados a seguir el A.S.T., si sienten que han contribuido en su confección.
- Es necesario recordar que algunas ideas sugeridas por el grupo de trabajo serán excelentes, pero también habrán otras de dudoso valor. El supervisor debe aplicar su criterio, al aceptar ideas que incluirá en el A.S.T.

### **2.1.3 PAPEL DE LA SUPERVISIÓN EN UN PROGRAMA DE A.S.T.**

La eficiencia del programa de A.S.T. depende en gran medida del apoyo que le proporcione la Gerencia. Es responsabilidad del supervisor de línea, hacer el trabajo efectivo del A.S.T. pero a su vez es responsabilidad de la gerencia, entrenar, guiar y controlar los resultados.

La Gerencia debe:

- Seleccionar los trabajos convenientes para el programa de A.S.T.
- Establecer fechas para completar los A.S.T.



- Dar instrucciones a los supervisores de línea para efectuar los A.S.T.
- Proporcionar asesoría de un técnico en seguridad a los supervisores.
- Tener buena disposición para discutir problemas de A.S.T.
- Establecer controles para verificar el progreso del programa.
- Revisar los A.S.T. terminados.
- Disponer la distribución de los A.S.T.
- Velar por que se cumplan las normas establecidas en los A.S.T.

#### **2.1.4 ACCIDENTE LABORAL**

Se define como accidente laboral a todo suceso que se produzca en los trabajadores como por ejemplo una lesión funcional o corporal, permanente o temporal, inmediata o posterior, o la muerte resultante de una acción que pueda ser determinada o sobrevenida en transcurso del trabajo, por el hecho o con ocasión del trabajo<sup>10</sup>.

Así por ejemplo podemos citar algunos tipos de accidentes laborales:

- Lesión interna por esfuerzo violento, producto de la exposición a agentes físicos, mecánicos, químicos, biológicos, psicosociales, condiciones meteorológicas.
- Accidentes originados en actos de salvamento y en otros de naturaleza analógica, cuando tengan relación con el trabajo.
- Accidentes que sufra en el trayecto hacia y desde su centro de trabajo, siempre que ocurra durante su recorrido habitual y exista concordancia cronológica y topográfica.
- Los accidentes con ocasión del desempeño de los cargos electivos en organizaciones sindicales, siempre que concurren los requisitos de concordancia cronológica y topográfica.

---

<sup>10</sup><http://afrel.wordpress.com/2011/05/12/invalidez-tipos-de-discapacidad/>

### **2.1.4.1 Tipos de accidentes de laborales**

Entre los principales tipos de accidentes laborales tenemos:

#### *2.1.4.1.1 Accidentes materiales.*

Son aquellos que producen daños a la empresa, como por ejemplo:

- Maquinarias.
- Herramientas.
- Equipos.
- Instalaciones.
- Materia prima.
- Energía.

#### *2.1.4.1.2 Accidentes personales.*

Son aquellos que producen daños lesiones permanentes o temporales a las personas, dichas lesiones pueden ser:

- Leves.
- Graves.
- Fatales.

### **2.1.5 ENFERMEDADES OCUPACIONALES**

Son estados patológicos contraídos o agravados con ocasión del trabajo o exposición al medio de trabajo, imputables a la acción de agentes físicos y mecánicos, condiciones disergonómicas, meteorológicas, agentes químicos, biológicos, factores psicosociales y emocionales.

Se manifiestan por lesión orgánica, trastornos enzimáticos o bioquímicos, trastornos funcionales o desequilibrio mental, temporales o permanentes, es así que de esta manera las más comunes son:

- Trastornos músculo esqueléticos.
- Hipoacusia ocupacional.
- Intoxicaciones agudas por plaguicidas y metales pesados.
- Enfermedades dermatológicas.
- Enfermedades respiratorias.

### **2.1.6 DISCAPACIDADES**

La discapacidad se mide de modo que se pueda saber en qué grado afecta a la capacidad de la persona a la hora de llevar a cabo su función en el trabajo en el que está, o sea , y no basa exactamente en el tipo de enfermedad o lesión que se tenga, sino en hasta qué punto le impide trabajar.

En principio, no se tiene en cuenta si la incapacidad vino por accidente laboral o enfermedad común o profesional. Solamente se tiene en cuenta a la hora de valorar la cuantía de la prestación que le corresponde.

#### **2.1.6.1 Discapacidad temporal**

Es la discapacidad que imposibilita al trabajador para cumplir con sus actividades laborales por un tiempo determinado.

#### **2.1.6.2 Discapacidad parcial o permanente**

Es la discapacidad que genera en el trabajador una reducción parcial y definitiva, menor del 67% de su capacidad física o intelectual para el trabajo.

#### **2.1.6.3 Discapacidad total permanente para el trabajo**

Es la discapacidad que produce en el trabajador una disminución mayor o igual al 67% de su capacidad, que le impidan el desarrollo de las principales actividades laborales, siempre que se pueda dedicarse a otra actividad laboral distinta.

#### **2.1.6.4 Discapacidad absoluta o permanente para cualquier tipo de actividad laboral**

Es la discapacidad que produce en el trabajador una disminución total y definitiva mayor o igual al 67% de su capacidad, que lo inhabilita a realizar cualquier tipo de oficio o actividad laboral y lo obliga a auxiliarse de otras personas para realizar los actos elementales de la vida diaria.

## **2.2 ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD**

### **2.2.1 CONCEPTO DE SEGURIDAD**

La seguridad industrial es un área multidisciplinaria que se encarga de minimizar los riesgos en la industria. Parte del supuesto de que toda actividad industrial tiene peligros inherentes que necesitan de una correcta gestión<sup>11</sup>.

El estudio de la seguridad en la industria, es el proceso que da lineamientos generales para el manejo de los riesgos laborales. Cuando se diseña y construye un equipo o se instala un proceso productivo, la seguridad en su operación debe ser considerada como un rasgo integral y normal. El proveer dispositivos de seguridad es uno de los pasos necesarios al adaptar el equipo a los seres humanos.

El rápido aumento de la mecanización de los procesos industriales, junto con el desarrollo extendido de la retroalimentación o controles autoreguladores con el objeto de hacer los procesos más automáticos, en conjunto con los nuevos ordenadores, se denomina normalmente automatización.

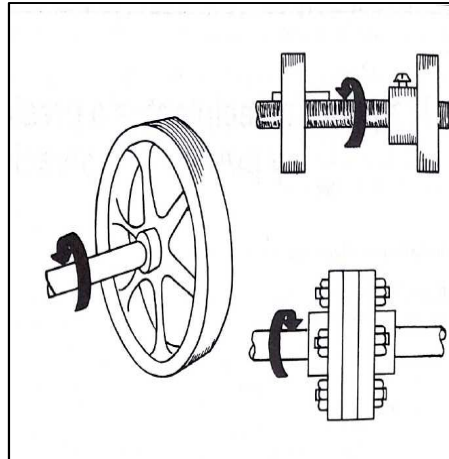
Al aumentar el empleo de la automatización, la industria tiene una gran oportunidad para reducir los riesgos accidentales, ya que buena parte de la operación es realizada por máquinas las cuales reemplazan la mano de obra del hombre. Por otra parte, la automatización introduce un elemento de rigidez en la estructura operativa.

Las fuentes más comunes de riesgos mecánicos son aquellas en las cuales los componentes que están en movimiento, no se encuentran debidamente protegidos y señalizados como por ejemplo puntas de ejes, transmisiones por correa, engranajes, proyección de partes giratorias, transmisiones por cadena y

---

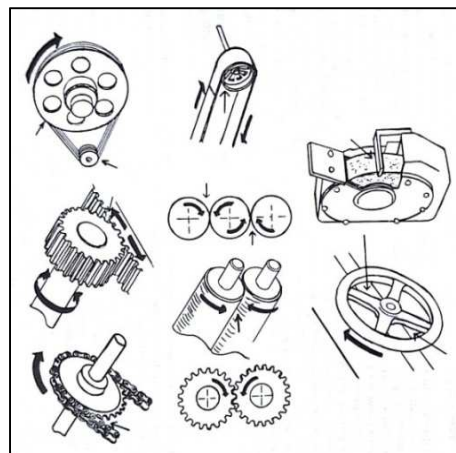
<sup>11</sup><http://seguridadindustrialysaludocupacional.com/%C2%BFque-es-la-seguridad-industrial/>

piñón, o también como es el caso de máquinas y equipos cuyo funcionamiento dependa de algún tipo de energía, que la velocidad de su movimiento circular sea alta y que la fuerza generada por esta sea la suficiente para que por descuido o mal manejo de la misma, esta pueda aprisionar al trabajador de sus partes físicas, de su vestimenta de trabajo atrayéndolo de esta forma hacia a la máquina antes que pueda liberarse. Así se puede observar en la figura 2.1.



**Fig. 2.1 Formas de Giro de Piezas Móviles**

Puntos de corte, en los que el mecanismo que se encuentre en movimiento pase frente a un objeto estacionario o móvil produciendo un efecto de tijera sobre cualquier cosa sujeta por ellos, es así como lo muestra la figura 2.2.



**Fig. 2.2 Puntos de Corte en Piezas Giratorias**

Cualquier componente de una máquina que se mueva con rapidez y con la energía necesaria para golpear, aplastar o de cualquier manera producir daño al trabajador u operario, en los lugares de operación en los que la máquina realiza su trabajo sobre el producto que va a ser creado, la explosión en los recipientes a presión, riesgos en los volantes en movimiento, los componentes que son consecuencia de ejes, correas, engranajes y otros riesgos semejantes se eliminan protegiendo los puntos correspondientes.

Esto exige, en general, que el lugar de operación de los trabajadores, esté adecuadamente protegido, señalizado, cerrado o cubierto en cualquier otra forma, de tal modo que ninguna persona pueda distraerse y ponerse en contacto con el punto de peligro.

### **2.2.2 REQUERIMIENTOS BÁSICOS PARA UNA PROTECCIÓN MECÁNICA**

Entre los principales requerimientos para una protección mecánica tenemos principalmente los siguientes<sup>12</sup>:

- Debe ser lo necesariamente resistente, para que no pueda sufrir daños por causas externas o causar interferencia en la operación de la máquina, en cualquiera de estos casos probablemente el operador deberá retirar la protección y no preocuparse de hacerla reparar para volver a colocar en su lugar.
- Debe permitir la fácil realización de las tareas de mantenimiento, sin necesitar un trabajo excesivo para desmantelar y volver a instalar la protección.
- Debe ser montada en forma adecuada. El montaje debe ser rígido, para evitar vibraciones desagradables o interferencia con partes en movimiento. El montaje, por otra parte, debe ser lo suficientemente resistente para que no sufra fallas como consecuencia del uso.
- Debe ser diseñada de forma que no incluya partes desmontables, las mismas que cuando son retiradas y volver a ser colocarlas en su respectivo lugar de operación limiten la efectividad de la protección.

---

<sup>12</sup> GRIMALDI-SIMONDS, (1989), "La seguridad industrial", Ed. Alfaomega, México, pág. 356.

- Debe tener facilidad de inspección, pudiendo establecerse un procedimiento de mantenimiento como parte del mantenimiento general del taller, asegurándose así la continuidad en su eficiencia.
- Es esencial diseñar con gran cuidado las protecciones, debido que una protección incompleta puede ser más riesgosa que el no contar con una protección en absoluto. Si el operario reduce las precauciones con una máquina que creyere estar perfectamente protegida, este pudiera ser víctima de su propia confianza.
- La protección debe ser de preferencia de una sola pieza; si es necesario, por ejemplo, dar medios para inspección visual en determinados puntos, deberá contarse con vidrio incrustado en alambre, rejilla metálica, o ventanillas de plástico transparente.
- El empleo de partes removibles en la protección es en general poco aconsejable, porque pueden ser quitadas y mal colocadas, dejando partes expuestas sin resguardo alguno. Aun cuando el especialista en seguridad debe estar preparado para recomendar los procedimientos correctos para proteger el equipo con que se cuenta en la planta, el control real de riesgos está elaborado para que la máquina sea diseñada originalmente con las partes peligrosas protegidas.
- Cuando existe peligro para el operario y la protección de una máquina debe ser instalada por no haber sido prevista en su diseño inicial para evitar daños humanos, y superpuesta a la misma como una adición incidental, esta cuenta generalmente con poca aceptación.

Cuando el dispositivo protector viene como parte integral del diseño de la máquina, puede ser construido de forma que tenga atracción visual, resulte conveniente en su uso, y haya menos probabilidades de ser eliminado.

Por otra parte, cuando se tienen en cuenta los riesgos posibles en el diseño de una nueva máquina, puede resultar conveniente eliminar dichos riesgos mediante un cambio de diseño, en lugar de depender de dispositivos suplementarios para protegerse contra ellos.

### 2.2.3 PROTECCIÓN EN CERCO O BARRERA PARA EQUIPOS DE TRANSMISIÓN MECÁNICA

Los medios ideales para proteger a los operadores de los peligros inherentes en el punto de operación, consisten en diseñar máquinas de tal manera que sus puntos de operación resulten inaccesibles al operador, y el material el cual se vaya a trabajar en la máquina fuese alimentado en forma automática. Los métodos aceptados para el control de los riesgos en el punto de operación son los siguientes:

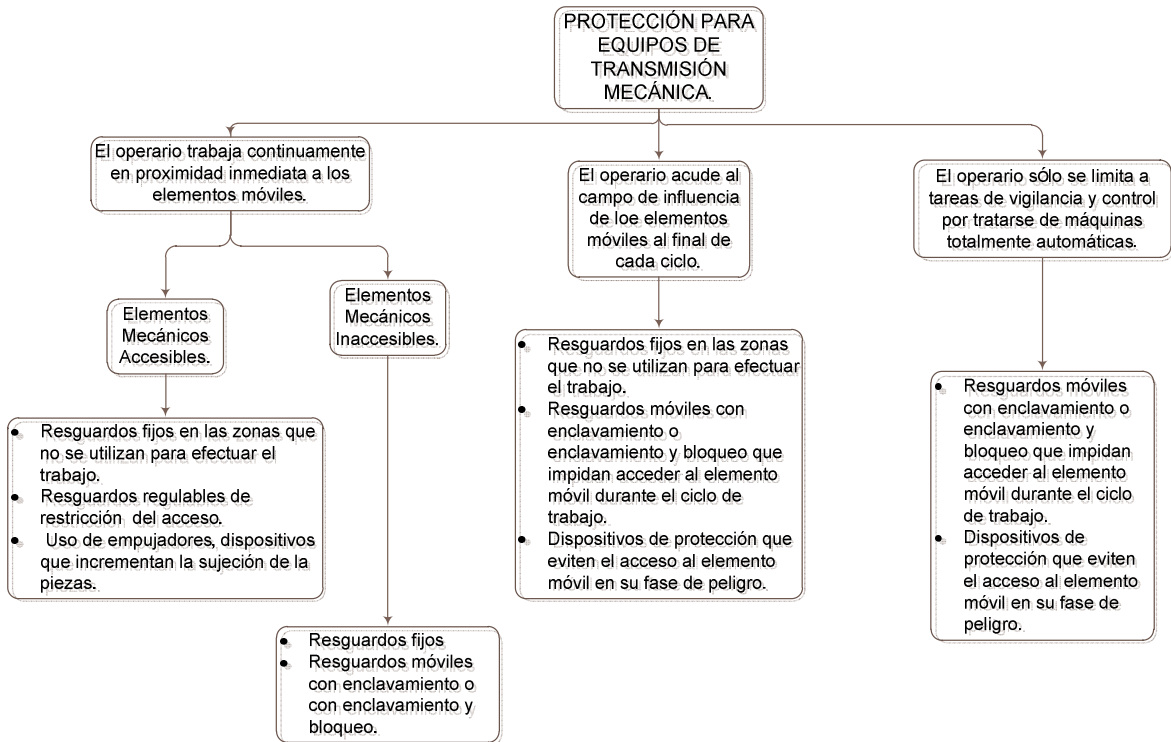
- Cuando exista la posibilidad de que una persona se ponga en contacto con partes mecánicas en movimiento, resultará necesario aislar los puntos de peligro, cubriendo estos puntos con seguridad y señalizándolos, de forma que nadie pueda establecer una proximidad peligrosa con ellos.
- En general las partes en movimiento son consideradas peligrosas cuando pueden ser alcanzadas lateralmente, por encontrarse a dos, uno metros, o menos sobre la superficie del piso.
- Estas protecciones no solamente deben evitar el contacto de la persona con las partes de transmisión mecánica, sino que deben proveer una seguridad en caso de avería de la máquina, y evitar que sus partes se desprendan y puedan golpear al personal. Se cuenta con especificaciones para la construcción de estos dispositivos de protección, con el objeto de que estos sean seguros, resistentes y con una buena efectividad en cuanto a protección de los operarios.
- Aun cuando se especifica el espesor que deben tener los materiales para la protección, cuando se trate de superficies seccionales grandes, éstas tendrán poca resistencia, a menos que se aumente el grosor de la protección o que se instale una armadura adecuada para soportar el material protector<sup>13</sup>.

A continuación en la figura 2.3 se muestra un esquema de las protecciones requeridas según el trabajo que realicen los operarios.

---

<sup>13</sup> IDEM 12, pág. 358





**Fig. 2.3 Protección para Equipos de Transmisión Mecánica**

Fuente: [http://www.cec.uchile.cl/~com-parit/images/comite/np\\_enot\\_97...](http://www.cec.uchile.cl/~com-parit/images/comite/np_enot_97...)

La seguridad industrial, por lo tanto, requiere de la protección de los trabajadores con las vestimentas necesarias, y su monitoreo médico, la implementación de controles técnicos y la formación vinculada al control de riesgos.

Cabe destacar que la seguridad industrial siempre es relativa, ya que es imposible garantizar que nunca se producirá ningún tipo de accidente. De todas formas, su misión principal es trabajar para prevenir los siniestros.

Un aspecto muy importante de la seguridad industrial es el uso de estadísticas, que le permite advertir en qué sectores suelen producirse los accidentes para tomar las debidas precauciones.

La innovación tecnológica, el recambio de maquinarias, la capacitación de los trabajadores y los controles habituales son algunas de las actividades vinculadas a la seguridad industrial.

No puede obviarse que, muchas veces, las empresas, instituciones, etc. deciden no invertir en seguridad para ahorrar costos, lo que pone en riesgo la vida de los trabajadores. De igual forma, el estado tiene la obligación de controlar la que las empresas tengan establecidas normas de seguridad para los trabajadores, algo que muchas veces no sucede por negligencia o corrupción<sup>14</sup>.

#### **2.2.4 TIPOS DE RIESGOS LABORALES Y SUS CARACTERÍSTICAS**

Riesgo laboral es toda situación en el trabajo que tiene la posibilidad de ocasionar perjuicios. La prevención de riesgos laborales es la acción que busca promover la seguridad y salud de los trabajadores mediante la identificación, evaluación y control de los peligros y riesgos asociados a un proceso productivo, además de fomentar el desarrollo de actividades y medidas necesarias para prevenir los riesgos derivados del trabajo<sup>15</sup>. De forma global, los riesgos laborales pueden presentarse de dos formas:

##### **2.2.4.1 Objetivamente**

Es decir propio de la tarea que se realiza como por ejemplo al realizar trabajos en niveles altos como edificaciones, manipuleo de cables eléctricos, lo cual no se puede eliminar completamente, pero si minimizar o controlar con la utilización de equipos de protección personal adecuados para el tipo de trabajo que esté por realizarse.

##### **2.2.4.2 Subjetivamente**

Este tipo de riesgo se produce cuando existe en trabajadores u operarios temores e inseguridades individuales y grupales, más allá de las medidas de seguridad adoptadas.

Centrando el análisis un poco más en los riesgos objetivos, pero sin olvidar la importancia de la confianza hacia la labor desempeñada, podemos clasificar los riesgos como riesgos comunes y riesgos tecnológicos.

---

<sup>14</sup><http://definicion.de/seguridad-industrial/>

<sup>15</sup><http://www.gestiopolis.com/organizacion-talento/los-riesgos-laborales-riesgos-electricos.htm>

### 2.2.4.3 Riesgos comunes

Son aquellos riesgos que se producen en una forma natural es decir que el trabajador no puede evitarlos tanto en las tareas del trabajo como en vida cotidiana, por ejemplo caídas del mismo nivel.

### 2.2.4.4 Riesgos tecnológicos

.Es la probabilidad de que un objeto, material o proceso peligroso, una sustancia tóxica o peligrosa o bien un fenómeno debido a la interacción de estos, ocasione un número determinado de consecuencias a la salud, la economía, el medio ambiente y el desarrollo integral de un sistema.

Los riesgos tecnológicos pueden presentarse en una amplia gama de variedades, debe tenerse presente que no hay dos accidentes idénticos. Por ello los riesgos se clasifican según la variedad de la amenaza:

- Riesgo por Incendio o explosión. Presente sobre todo en plantas industriales y áreas de almacenamiento.
- Riesgo por escapes o derrames. Más común en plantas industriales y transporte de materiales peligrosos, ya sea por medio de tubería o por medio de vehículos automotores.
- Riesgo de intoxicación y exposición a radiaciones ionizantes. En procesos industriales y manejo inadecuado de desechos.

A continuación en la figura 2.4, se presentan determinados tipos de riesgos, los cuales siendo comunes o tecnológicos pueden representar si se materializan significativos daños y pérdidas, tanto al hombre como a materiales y herramientas, incluyendo instalaciones.

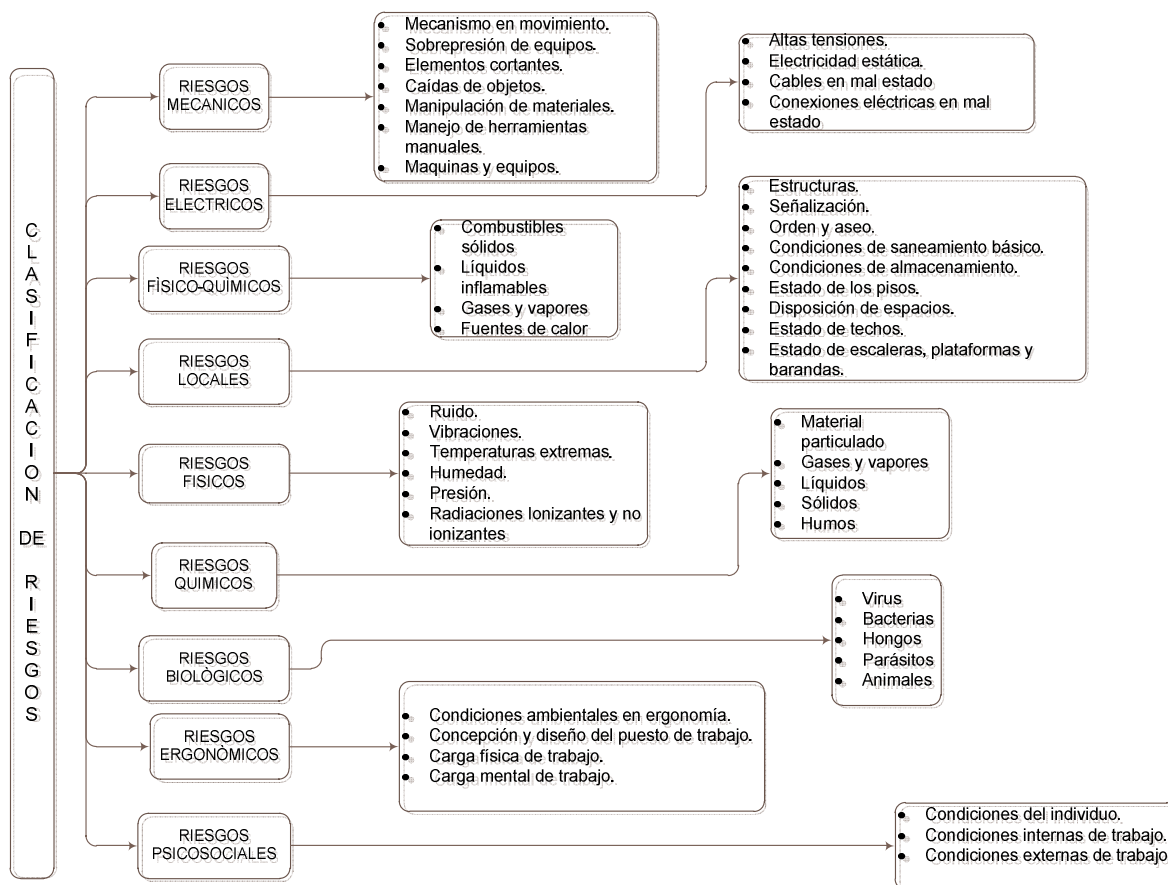


Fig. 2.4 Clasificación de Riesgos

## 2.2.5 SEÑALIZACIÓN

La señalización se ha convertido en la fuente de información más necesaria en la vida urbana y de su interpretación se producirá una respuesta correcta o provocará caos y accidentes, como por ejemplo el semáforo en la vía pública. En el ámbito laboral se dan situaciones de peligro en las que conviene que el trabajador reciba información relativa a la seguridad la que se denomina señalización de seguridad.

Dentro de los riesgos eléctricos, los encargados de la operación de los sistemas eléctricos tienen gran responsabilidad con la actuación eficaz del personal bajo su mando, los mismos que se rigen al uso de la señalización para informar que determinado equipo o instalación se encuentra energizada y por tanto existe un peligro potencial.

### **2.2.5.1 Concepto de señalización de seguridad**

Por señalización se entiende el conjunto de estímulos que condicionan la actuación de aquel que los recibe frente a unas circunstancias que se pretenden resaltar. Más concretamente, señalización de seguridad es aquella que suministra una indicación relativa a la seguridad de personas y/o bienes.

### **2.2.5.2 Requisitos que debe cumplir**

Para que toda señalización sea eficaz y cumpla su finalidad en la prevención de accidentes, debe:

- Atraer la atención de quienes son los destinatarios de la información.
- Dar a conocer la información con suficiente antelación para poder ser cumplida, además ha de ser clara y con una única interpretación.
- Informar sobre la forma de actuar en cada caso concreto.
- Posibilidad real de su cumplimiento.

### **2.2.5.3 Utilización de la señalización**

Su empleo es complementario de las medidas de seguridad adoptadas, tales como el uso de resguardos o dispositivos de seguridad: protecciones personales, salidas de emergencia, etc., y su puesta en práctica no dispensará, en ningún caso, la adopción de las medidas de prevención que correspondan.

La correcta señalización resulta eficaz como técnica de seguridad complementaria, pero no debe olvidarse que, por si misma, nunca elimina el riesgo.

### **2.2.5.4 Clases de señalización**

La señalización, empleada como técnica de seguridad puede clasificarse en función del sentido por el que se percibe en:

- Óptica.
- Señales de seguridad.
- Avisos de seguridad.

- Colores de señalización.
- Balizamiento.
- Alumbrado de emergencia.
- Acústica.
- Olfativa.
- Táctil.

#### **2.2.5.5 Señales de seguridad**

Son aquellas que resultan de la combinación de una forma geométrica, un color de seguridad y un símbolo o pictograma, atribuyéndoseles un significado determinado en relación con la información relativa a la seguridad que se quiere comunicar de una forma simple y rápida, y cuya comprensión ha de ser universal.

Además de las señales descritas existe la señal adicional o auxiliar, que contiene exclusivamente un texto y que se utiliza conjuntamente con las señales de seguridad mencionadas, y la señal complementaria de riesgo permanente, que se empleará en aquellos casos en que no se utilicen formas geométricas normalizadas para la señalización de lugares que suponen riesgo permanente de choque, caídas, etc. tales como pilares, protección de huecos, puntos salientes de equipos móviles, muelles de carga, escalones, etc.

##### *2.2.5.5.1 Formas geométricas de las señales de seguridad*

Todos sabemos que algunas personas tienen anomalías que les impiden percibir ciertos colores. Para paliar tales inconvenientes se emplean las señales con unas formas prefijadas a las que al igual que a los colores de seguridad se les asignan unos significados.

##### *2.2.5.5.2 Símbolos o pictogramas*

La forma geométrica y el color de seguridad de las señales se complementan con unos dibujos esquemáticos que se disponen en el interior de los mismos para describir una situación determinada y que sirven para concretar su significado.

Los símbolos deben ser lo más simple posible, debiendo eliminarse los detalles que no sean esenciales para la comprensión de la señal.

### 2.2.5.6 Colores de seguridad

Los colores de seguridad es aquel al cual se le atribuye un significado concreto en relación con la seguridad, como se observa en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Colores Asignados para Seguridad<sup>16</sup>**

COLOR DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO	APLICACIONES
Rojo.	Parada. Prohibición.	Señales de parada. Señales de prohibición. Dispositivo de desconexión de urgencia.
Amarillo.	Atención. Zona de peligro.	Señalización de riesgos. Señalización de umbrales, pasillos de poca altura, obstáculos, etc.
Verde.	Situación de seguridad. Primeros auxilios.	Señalización de pasillos y salidas de socorro. Rociadores de socorro. Puesto de primeros auxilios y salvamento.
Azul.	Obligación Indicaciones.	Obligación de usar protección personal. Emplazamiento. Emplazamiento de teléfonos y talleres.

<sup>16</sup> Fuente: <http://www.cihmas.com.ar/colores-de-seguridad-en-la-industria/>

## 2.2.6 SEGURIDAD Y ELECTRICIDAD

En el ambiente de trabajo moderno, se corren muchos más riesgos de los que aparentemente presentan las máquinas por el hecho de presentar movimientos y potencia, sino que también el uso de la corriente eléctrica conlleva un riesgo mayor.

El control de riesgos eléctricos en la industria no resulta fácil, pero tampoco es imposible, dado a que en la actualidad tenemos técnicas que nos permiten controlar todas las eventuales condiciones inseguras que se pueden presentar, teniendo siempre en primer lugar el daño en el organismo humano cuando es expuesto a este tipo de energía.

### 2.2.6.1 Riesgos eléctricos

El riesgo eléctrico se puede definir como la posibilidad de circulación de corriente eléctrica a través del cuerpo.

#### 2.2.6.1.1 Riesgos eléctricos según el tipo de contacto

Los choques eléctricos pueden ocurrir de dos formas que como efectos preventivos se pueden clasificar en contactos directos e indirectos.

- Contacto directo: La persona entra en contacto con una parte activa de la instalación.
- Contacto indirecto: La persona entra en contacto con algún elemento que no forma parte del circuito eléctrico y que en condiciones normales no deberá tener tensión.

#### 2.2.6.1.2 Protección contra contactos directos

- Alejamiento de las partes activas: Consiste en alejar las partes activas de la instalación a una distancia tal de no llegar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan, que sea imposible un contacto fortuito con las manos, o por la manipulación de objetos conductores, cuando éstos se utilicen habitualmente cerca de la instalación.



- Aislamiento o recubrimiento de las partes activas de la instalación: Consiste en recubrir las partes activas por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo, y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1 mA. La resistencia del cuerpo humano será considerada como 2.500 ohmios.
- Interposición de obstáculos: Consiste en la interposición de obstáculos, pantallas, barreras que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos de protección deben estar fijados de forma segura y resistir a los esfuerzos mecánicos usuales que pueden presentarse en su función.

#### *2.2.6.1.3 Protección contra contactos indirectos*

Los sistemas de protección se agrupan en dos clases: A y B.

- Los sistemas de protección de clase A, reducen el riesgo por si mismos impidiendo el contacto entre masas y elementos conductores y haciendo que los contactos no sean peligrosos.
- Los sistemas de clase B, se consideran como sistemas activos y desconectan o cortan la alimentación cuando se detectan condiciones peligrosas, estos tipos de sistemas se basan en la puesta a tierra directa o la puesta a neutro de las masas de los receptores, asociando un dispositivo de corte automático que asegura la desconexión de la instalación en un tiempo lo más rápido posible.

#### **2.2.6.2 Protección personal para la prevención de riesgos eléctricos**

Como ya es conocido por todo el mundo el material de protección, individual o personal deberá ser la última barrera entre el riesgo y el operario.

A continuación se hace referencia a las principales protecciones de este tipo de riesgo.

- Uso de gafas y pantallas faciales para proteger al trabajador de los riesgos del calor intenso, las radiaciones y los impactos de partículas.
- Uso de guantes aislantes para la protección de manos y brazos.

- Uso de cascos dieléctricos para la protección de la cabeza.
- Uso de calzado aislante para proteger al trabajador de los efectos del paso de la corriente por el cuerpo.

Algunos efectos del paso de corriente por el cuerpo humano son:

- Contracción de los músculos del tórax, que imposibilita la respiración hasta el extremo de poder causar la muerte por asfixia, si se prolonga el paso de corriente por el cuerpo.
- Parálisis normal del sistema nervioso, lo que también puede interrumpir la respiración.
- Dislocación del ritmo normal del corazón. La circulación sanguínea se interrumpe y sobreviene la muerte, porque el corazón no puede recobrase espontáneamente.
- Suspensión del funcionamiento del corazón, por contracción de los músculos del tórax. En este caso el corazón puede volver a latir normalmente al separar la víctima del circuito eléctrico.

### **2.2.7 RIESGOS POTENCIALES EN LOS PROCESOS DE ELABORACIÓN CERÁMICA**

En todo proceso de elaboración cerámica ya sea este simple o complejo existen riesgos, los cuales afectan directamente al normal desempeño de las máquinas como de sus operarios, a continuación se detalla cada proceso, y los riesgos que conlleva cada uno de estos.

#### **2.2.7.1 Proceso de elaboración cerámica**

La materia prima llega de la mina en su estado natural, es decir:

- Cuarzo: es un mineral de la clase 4 (óxidos), según la clasificación de Strunz, compuesto de dióxido de silicio, también llamado sílice,  $\text{SiO}_2$ . Incoloro en estado puro, puede adoptar numerosas tonalidades si lleva impurezas es decir es alocromático.  
Su dureza es tal que puede rayar los aceros comunes.

Es muy abundante en las rocas graníticas, se presenta en cristales a veces de tamaños considerables, hexagonales, coronados por una pirámide trigonal.

- Feldespato: Los feldespatos son un grupo de minerales tectos y aluminosilicatos que corresponden en volumen a tanto como el 60% de la corteza terrestre.
- Arcilla: La arcilla está constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratado, procedentes de la descomposición de minerales de aluminio.

En conjunto estos materiales forman la mezcla para la fabricación de cerámicos, siguiendo en una primera etapa diferentes procesos de molienda para cada uno debido a su procedencia y naturaleza, ocasionando a los operarios máquinas y equipos, posibles riesgos como los que se mencionan en cada proceso:

#### *2.2.7.1.1 Riesgos potenciales en la Chancadora*

Este equipo es utilizado para la reducción del tamaño de la materia prima para la fabricación de cerámicas, la cual ingresa de aproximadamente entre 2 a 4 pulgadas y sale de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{1}{4}$  de pulgada.

Los riesgos que se pueden encontrar en esta máquina son mínimos pero si se producen pueden provocar accidentes y lesiones, siendo los siguientes:

- Atrapamiento de la vestimenta o partes del cuerpo del operario debido a que el motor y principalmente la polea del mismo estén descubiertos y sin señalización de advertencia o precaución sobre sus elementos móviles.
- Riesgo similar al caso anterior debido a que la rueda de inercia con la que funciona esta máquina, no posee protección.

#### *2.2.7.1.2 Riesgos potenciales en el molino de disco*

La materia prima ingresa de un tamaño aproximado de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{1}{4}$  de pulgada y se obtiene un material en un tamaño de micras.

Los riesgos potenciales que se pueden presentar en esta máquina son:

- Lesiones por descuido debido a que la protección de molienda no se encuentre en su sitio, arrojando hacia el exterior partículas que causarían daños a los operarios.
- Atrapamiento, si bien el motor está relativamente alejado del operador, pero descubierto y su movimiento de giro podría causar lesiones al ser manipulado sin las debidas precauciones.

#### *2.2.7.1.3 Riesgos potenciales en el molino de cono*

Igualmente que el proceso anterior, el material ingresa de un tamaño aproximado de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{1}{4}$  de pulgada y se obtiene un material en un tamaño de micras.

Los riesgos potenciales que se pueden presentar en esta máquina son:

- Principalmente riesgos eléctricos ya que esta máquina no presenta ningún tipo de protección eléctrica. Está rodeada de cables y sistemas eléctricos que tienen protección mínima o nula, como es el caso de un cajetín que tiene como tapa un trozo de madera para no tener acceso a un interruptor, lo que puede producir shock eléctrico causando lesiones como por ejemplo quemaduras.
- Atrapamiento debido a que el motor del molino de cono, como en casi todas las máquinas, está al alcance del operador sin protección alguna.

#### *2.2.7.1.4 Riesgos potenciales en el molino de bolas*

Esta máquina funciona con un efecto de cascada y dependiendo del tiempo de operación de la misma, se obtendrá material de diferentes medidas, es decir que depende de las características que dé el operador al material.

Los riesgos potenciales que se pueden presentar en esta máquina son:

- Riesgos eléctricos, debido a que este proceso lo realizan dos máquinas, las cuales se encuentran ubicadas en los alrededores de un grifo de agua, motivo por el cual los operarios pueden sufrir una descarga eléctrica.
- Atrapamiento de la vestimenta, lesiones en el operario y daños en el equipo, debido a que estas máquinas se encuentran ubicadas en el piso del laboratorio, no tienen soporte alguno, en ambos casos no existe ninguna protección o símbolos de advertencia para el rodillo giratorio el

mismo que al ser conectado a la red funcione sin previo aviso y sin que el operario lo requiera.

### **2.2.7.2 Proceso de purificación de arcilla**

Como se mencionó en el capítulo anterior, estos materiales se purifican mediante procesos de floculación y defloculación.

Cuando el material ya ha pasado por el proceso de molienda, se prosigue con el proceso de purificación, para el cual, se toman procedimientos diferentes para los tres tipos de materiales.<sup>17</sup>

Consta de un tanque alimentador de suspensión, de donde baja por gravedad al tanque defloculador para producir la defloculación mediante la dosificación del agente defloculante (amoníaco), además hay que tratar de producir suficiente turbulencia para que tanto el agente defloculante como la suspensión a procesar, entren en íntimo contacto.

Seguidamente la suspensión tratada entra por la parte central del sedimentador, esta corriente en lo posible deberá disipar la energía cinética que posee en la mayor parte del área del estanque, además la alimentación de dicha corriente se la debe diseñar capaza que se reduzca la turbulencia al mínimo; y se añade en ese momento el agente floculante (HCl).

Luego se extraen las impurezas y la suspensión arcillosa, ésta última por medio de un rebosadero.

Para la salida de esta suspensión arcillosa se debe considerar la relación de la velocidad ascensional del líquido respecto a la velocidad de sedimentación de las partículas de arcilla, pues esto dará una idea de la pérdida de arcilla durante el proceso de sedimentación. En el equipo construido se demuestra que el porcentaje de partículas de arcilla que sedimenta es pequeño y aceptable para este tipo de purificadores.

Por otro lado deben extraerse los lodos con impurezas en una cantidad tal que la zona de compresión se mantenga constante, ya que bajas velocidades de

---

<sup>17</sup>FLOR Patricio, (2012), "Apuntes de Cerámica", EPN, Quito, Ecuador.

extracción obstruyen el sistema y altas velocidades destruyen su equilibrio. Para la transportación de los lodos producto de la sedimentación se ha diseñado el uso de un tornillo sin fin acoplado a un motor.

#### *2.2.7.2.1 Riesgos potenciales en el equipo de purificación*

El equipo utilizado en la Planta Piloto de Cerámica para la purificación de arcillas, carece en su diseño de las características esenciales de seguridad y presenta una gran cantidad de riesgos en su operación, así podemos citar los siguientes:

- Atrapamiento y lesiones a los operarios, ya que todos los elementos mecánicos que implican los motores, cadenas de transmisión están descubiertos y no poseen ninguna protección lo cual representa riesgos latentes.
- Riesgos eléctricos, debido a que controles eléctricos están cerca de las fuentes de agua y no poseen ningún tipo de aislamiento.

#### **2.2.7.3 Purificación de Cuarzo**

En la purificación de este tipo de materiales a nivel industrial se emplean varios procesos tanto mecánicos como químicos, siempre buscando un equilibrio costo-calidad.

La impureza más perjudicial para la electrocerámica en estas arenas, es el hierro en forma de hematita, magnetita, limonita o pirita, biotita o ilmenita, moscovita, sericita, rutilo y óxido de hierro en general.

El tratamiento de purificación depende del tipo y calidad de impurezas: cuarzo que contenga hasta 1.5% de óxido férrico, se puede remover con separadores magnéticos de alta intensidad. Si los minerales de hierro son de alta densidad como sulfuros o silicatos, se los separa en mesas vibratorias. Finalmente por flotación se separan minerales de hierro de diferentes densidades tengan o no tengan magnetismo.

#### *2.2.7.3.1 Riesgos potenciales en el proceso de purificación de cuarzo*

En la Planta Piloto se cuenta con un separador magnético destinado para la purificación de cuarzo. En general es una máquina que requiere señalización, posee un grado mínimo de riesgos por su diseño siendo estos:

- Riesgos eléctricos, lesiones al operador y daños en el equipo ya que existe cableado suelto de los molinos alrededor del separador magnético así como también la caja de control de interruptores generales de la planta piloto está ubicada sobre el mismo.
- Atrapamiento de la vestimenta, lesiones en el operario y daños en el equipo ya que la tapa para acceso al motor no posee ninguna seguridad ni señalización, haciendo que sea de fácil acceso cuando está en marcha el motor.

#### **2.2.7.4 Purificación de Feldespato**

En este material la principal impureza que se tiene que eliminar es el hierro, y en la Planta se usa principalmente el método de Flotación, que es un proceso de separación de materiales de distintos orígenes, que se efectúa desde pulpas acuosas y por medio de burbujas de aire y sobre la base de las propiedades de mojabilidad, es decir propiedades hidrofóbicas e hidrofílicas des estos materiales.

El procedimiento se da de la siguiente manera:

- Llenado.
- Acondicionamiento.
- Adición de reactivos.
- Aireación.
- Recolección.

Luego de este procedimiento, se hace una dosificación y mezcla de los componentes para pasar a la siguiente etapa que es el filtro prensa Batch, el cual homogeniza y reducir la humedad de la mezcla aproximadamente de un 20% a un 12.5%.

#### *2.2.7.4.1 Riesgos potenciales en el proceso de purificación de feldespatos*

En Planta se cuenta con una Celda de Flotación para este proceso, en la cual el único riesgo que se encontró fue la falta de señalización en los controles.

#### **2.2.7.5 Proceso para la obtención de piezas cerámicas advertencias de seguridad**

Realizado el proceso descrito anteriormente, la mezcla pasa al extrusor, lo que hace que tome la forma cilíndrica, y reduzca su humedad al 10% aproximadamente.

El cilindro formado, pasa al torno, donde se hace un desbaste para que adquiera la forma deseada. El proceso de desbaste que se hace en esta etapa, provoca partículas que pueden quedarse suspendidas en el aire y que pueden ser inhaladas por el operario.

Con la pieza obtenida, se procede a colocarla en la estufa, procedimiento con el cual el material se seca superficialmente. Terminado este proceso, el material puede bañarse en barniz, para finalmente ser cocido en el horno.

Este procedimiento se lo utiliza para asegurar que todas las reacciones del material que se encuentra en la mezcla se produzcan, de lo contrario el cerámico ya formado sería débil y quebradizo.

#### *2.2.7.5.1 Riesgos potenciales en el proceso para la obtención piezas cerámicas*

Los riesgos en el filtro prensa Batch se resumen a lesiones por caídas ya que durante la dosificación y mezcla, se derrama agua por el proceso de prensado, mojando el piso y haciendo que este pueda quedar resbaloso provocando caídas.

Este proceso implica el uso de elementos giratorios del extrusor y del torno, lo que puede provocar riesgo de atrapamiento en vestimenta así como partes del cuerpo que manipulan estas máquinas. Además, se mantiene el problema de contactos eléctricos descubiertos.

Al ser procesos que dependen del calor generado por los hornos, pueden provocar riesgos de quemaduras en los operarios o daños en las máquinas por incendios, dado que las compuertas del horno y la estufa no tienen un sello



electrónico para que se evite abrirlas cuando la temperatura es alta, siendo esta una zona prioritaria para la seguridad, así los principales tipos de riesgos que se pueden presentar en el uso de los hornos son:

- Quemaduras en la extracción de piezas, exposición a calor, y los relacionados con el tipo de combustible.

Prevención: Cumplimiento de las correspondientes normativas respecto a calderas y hornos.

- Exposición a polvo de sílice, sobre todo en los procesos previos a la cocción por los materiales de relleno a base de arena o sílex, que se pulveriza con agua.

Prevención: Evitar los procesos en seco.

Evitar la generación de polvos en los procesos como la preparación de materia prima, transporte y prensado de la pasta, conformación y secado, el uso de esmaltes que pueden contener hasta un 40% de sílice.

Aislamiento del local de trabajo y aplicación de sistemas de ventilación y de evacuación local, existencia de una planta de filtración de polvo, mecanización del transporte de productos.

Limpieza del local como son los suelos, estantes, salientes, métodos de comprobación periódica de las concentraciones de polvo ambiental, uso de ropa de trabajo específica y de equipos de protección respiratoria.

- Riesgo tóxico por el uso de disolventes y otros productos químicos: ácido clorhídrico, amoníaco y uso de sustancias que causan dermatitis y lesiones en piel, como por ejemplo dermatitis por la resina de los moldes, etc.

Prevención: Controles médicos, sobre todo de la función respiratoria, para la prevención de neumoconiosis, de los riesgos de intoxicación por plomo, y demás riesgos tóxicos en relación con el puesto de trabajo.

Todas estas recomendaciones deber ser observadas y atendidas en forma inmediata por el personal de la Planta, para evitar posibles riesgos.

## 2.2.8 SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD REQUERIDAS EN LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICOS

En la Planta Piloto, se han tomado las siguientes consideraciones para colocar advertencias de seguridad, dado que son prácticamente 4 áreas en las que se trabajan.

### 2.2.8.1 Área de almacenamiento de materia prima e insumos

Se recomienda la colocación de las señales y la utilización del equipo básico de seguridad mostrado en las figura 2.5 (a), y figura 2.5 (b) en el área de descargo de materia prima y en todas las áreas de la planta piloto, ambas señales deberán ser situadas en la parte superior de los reservorios en un espacio visible para los operarios y personas que ingresen a la planta.



**Fig. 2.5: (a) Protección Visual; (b) Protección Respiratoria**

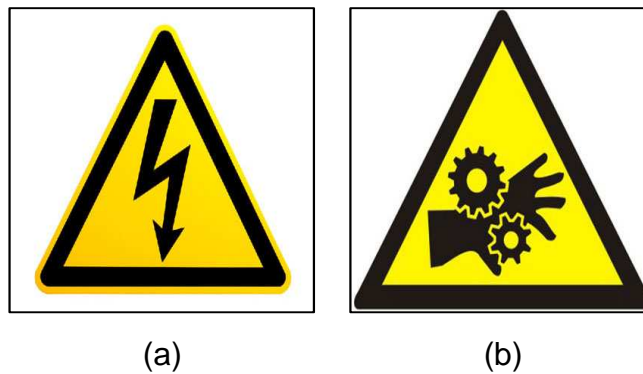
Es necesario la colocación de la señal cuyo propósito es la evacuación del personal que se encuentre en la planta en caso de emergencia denominada “Salida de Emergencia”, no solo en las áreas de elaboración de cerámica sino también en las áreas de la planta piloto donde se determine y sea conveniente su uso, principalmente en el corredor del área de almacenamiento de materia prima ya que el acceso al planta piloto se encuentra ubicado cerca a esta. Este tipo de señalización podemos observar en la figura 2.6.



**Fig. 2.6 Salida de Emergencia**

### 2.2.8.2 Área de Purificación

La zona de purificación siendo la más crítica, debido a los problemas descritos anteriormente como son, circuitos en mal estado y tomas de agua junto a los molinos y debido al alto grado de riesgo que existe en la maquinaria como la purificadora de arcilla la misma tiene elementos como cadenas, motores y engranes sin protección alguna, implicando un alto riesgo de atrapamiento, se considera necesaria señal de las figura 2.7 (a) y figura 2.7 (b).



**Fig. 2.7: (a) Riesgo Eléctrico, (b) Atrapamiento.**

### 2.2.8.3 Área de Filtrado

Ya que en el proceso de filtrado se drena el agua de la mezcla y esta cae al piso haciéndolo resbaladizo, se debe usar la señal de riesgo eléctrico similar de la figura 2.7 (a), incluyendo además las señales de seguridad la figura 2.8 (a) y la figura 2.8 (b).



**Fig. 2.8: (a) Superficie Resbaladiza, (b) Uso Obligatorio de Calzado de Seguridad**

#### 2.2.8.4 Área de secado y conformado

Las instrucciones de funcionamiento deben ser acatadas por todos los que operen o trabajen con el extrusor y el torno ya que solo el personal capacitado debe montar, operar y dar mantenimiento. Este trabajo incluye por ejemplo:

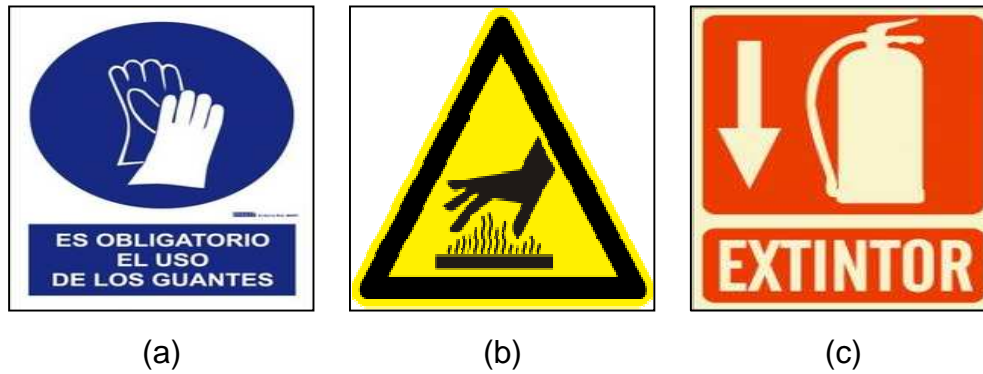
- Operación.
- Mantenimiento.
- Inspección y reparación.

En esta sección es recomendable el uso de la señal de riesgo de atrapamiento, indicada en la figura 2.7 (b).

Por otra parte, las piezas que son retiradas del horno así como también de la estufa, no tienen diferencia visual con una que ya se encuentre fría, lo que puede provocar por descuido o desconocimiento, que manipule el operario una pieza que se encuentre a alta temperatura, para evitar este tipo de riesgos se recomienda la utilización de la señal de precaución de la figura 2.9 (a).

Si el operario utiliza el horno y la estufa sin la debida protección puede provocarse lesiones o quemaduras, para evitar esta situación es recomendable la colocación de la señal de uso obligatorio de guantes así como la mostrada en la figura 2.9 (b).

Es necesaria la colocación de extintores y su respectiva señalización como la mostrada en la figura 2.9 (c), especialmente en esta zona ya que se pueden presentar incendios y otros factores de riesgo.



**Fig. 2.9 (a) Uso obligatorio de guantes; (b) Superficie caliente; (c) Extintor**

### **2.3 ELABORACIÓN DEL A.S.T.**

Para realizar el análisis de seguridad en el trabajo, se tomó en cuenta a las máquinas que por su importancia para la planta piloto de cerámica y en algunos casos al no estar adecuadas para las condiciones de trabajo y seguridad requeridas.

- Extrusor.
- Molino de bolas.
- Purificador de arcilla.
- Horno programable.

## 2.3.1 ELABORACIÓN DEL A.S.T. DEL EXTRUSOR

Tabla 2.2 A.S.T. del Extrusor

PASOS	TIPO DE RIESGO	MEDIDAS
<b>PREPARACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gases y partículas.</li> <li>• Atrapamiento.</li> <li>• Contacto eléctrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EPIs, ventilación extractiva.</li> <li>• Protección alrededor.</li> <li>• Puesta a tierra.</li> </ul>
<b>MEZCLADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caídas.</li> <li>• Contacto eléctrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piso mejorado antideslizante.</li> <li>• Puesta a tierra.</li> </ul>
<b>EXPULSIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atrapamiento.</li> <li>• Contacto eléctrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección alrededor.</li> <li>• Puesta a tierra.</li> <li>• Piso mejorado antideslizante.</li> </ul>
<b>ACABADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atrapamiento.</li> <li>• Contacto eléctrico.</li> <li>• Caídas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección alrededor.</li> <li>• Puesta a tierra.</li> <li>• Piso mejorado antideslizante.</li> </ul>
<b>INCENDIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Letal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir contactos eléctricos.</li> </ul>

Fuente: Ávila – Rodríguez.

## 2.3.2 ELABORACIÓN DEL A.S.T. DEL MOLINO DE BOLAS

Tabla 2.3 A.S.T. del Molino de Bolas

PASOS	TIPO DE RIESGO	MEDIDAS
<b>PREPARACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partículas.</li> <li>• Caídas.</li> <li>• Contacto eléctrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EPIs, ventilación extractiva</li> <li>• Piso mejorado antideslizante</li> <li>• Puesta a tierra.</li> </ul>
<b>ENCENDIDO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atrapamiento.</li> <li>• Caídas</li> <li>• Contacto eléctrico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección alrededor.</li> <li>• Botón de encendido.</li> <li>• Piso mejorado antideslizante</li> <li>• Puesta a tierra</li> </ul>
<b>FILTRACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atrapamiento</li> <li>• Contacto eléctrico</li> <li>• Partículas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección alrededor</li> <li>• Puesta a tierra</li> <li>• EPIs, ventilación extractiva</li> </ul>
<b>ACABADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partículas</li> <li>• Contacto eléctrico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EPIs, ventilación extractiva</li> <li>• Puesta a tierra</li> </ul>
<b>INCENDIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Letal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir contactos eléctricos.</li> </ul>

Fuente: Ávila – Rodríguez

### 2.3.3 ELABORACIÓN DEL A.S.T. DE LA PURIFICADORA DE ARCILLA

Tabla 2.4 A.S.T. de la Purificadora de Arcilla

PASOS	TIPO DE RIESGO	MEDIDAS
<b>PREPARACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partículas.</li> <li>• Contacto eléctrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EPIs, ventilación extractiva.</li> <li>• Puesta a tierra.</li> </ul>
<b>ENCENDIDO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atrapamiento.</li> <li>• Contacto eléctrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección alrededor.</li> <li>• Puesta a tierra.</li> </ul>
<b>PROCESO DE PURIFICACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atrapamiento.</li> <li>• Contacto eléctrico.</li> <li>• Partículas.</li> <li>• Caídas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección alrededor.</li> <li>• Puesta a tierra.</li> <li>• EPIs, ventilación extractiva.</li> <li>• Piso mejorado antideslizante.</li> </ul>
<b>ACABADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caídas.</li> <li>• Contacto eléctrico.</li> <li>• Atrapamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piso mejorado antideslizante.</li> <li>• Puesta a tierra.</li> <li>• Protección alrededor.</li> </ul>
<b>INCENDIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Letal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir contactos eléctricos.</li> </ul>

Fuente: Ávila – Rodríguez.



## 2.3.4 ELABORACIÓN DEL A.S.T. PARA EL HORNO

Tabla 2.5 A.S.T. del Horno

PASOS	TIPO DE RIESGO	MEDIDAS
<b>PREPARACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quemaduras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección personal, guantes.</li> </ul>
<b>BARNIZADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vapores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EPIs, ventilación extractiva.</li> </ul>
<b>SECADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quemaduras.</li> <li>• Vapores.</li> <li>• Incendios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección personal, guantes.</li> <li>• EPIs, ventilación extractiva.</li> </ul>
<b>RETIRADO DE PIEZAS LISTAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quemaduras.</li> <li>• Quemaduras a terceros.</li> <li>• Vapores.</li> <li>• Incendios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección personal, guantes.</li> <li>• Colocar piezas calientes con señalización.</li> <li>• EPIs, ventilación extractiva.</li> <li>• Evitar contacto con materiales inflamables.</li> </ul>
<b>INCENDIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Letal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir contactos eléctricos.</li> </ul>

Fuente: Ávila – Rodríguez.

## 2.4 FINE DE SEGURIDAD

En cualquier actividad industrial existen riesgos profesionales que, según la Ley de prevención de riesgos laborales, deben ser eliminados o minimizados por los empresarios para asegurar la seguridad de los trabajadores durante su actividad laboral.

Para eliminar los riesgos, en primer lugar deben ser encontrados y analizados, para finalmente tomar las medidas correctoras pertinentes.

A la hora de analizar el tamaño de los riesgos y la viabilidad económica de las medidas a tomar utilizaremos el método Fine, cuyos criterios están en el Anexo 1.

El método Fine, analiza cada riesgo en base a tres factores determinantes de su peligrosidad:

### 2.4.1 CONSECUENCIA

Se las representa con la letra (C) y son condiciones que normalmente se esperan en caso de producirse el accidente, como por ejemplo, lesiones a las personas, daños a los equipos, al proceso o a la propiedad.

**Tabla 2.6 Consecuencia**

<b>RESULTADO MÁS PROBABLE DE UN ACCIDENTE POTENCIAL.</b>	<b>FACTOR A USAR.</b>
Varias muertes.	50
Muerte.	25
Lesiones extremadamente graves.	15
Lesiones con baja.	5
Heridas o golpes.	1

### 2.4.2 EXPOSICIÓN AL RIESGO

Se lo representa con la letra (E) y se considera como el tiempo o la frecuencia con la que el personal se encuentra expuesto al riesgo de accidente.

**Tabla 2.7 Exposición**

<b>EXPOSICIÓN A LA SITUACIÓN DE RIESGO.</b>	<b>FACTOR A USAR.</b>
Continuamente.	10
Frecuentemente.	6
Ocasionalmente.	3
Raramente.	1
Remotamente.	0.5

### 2.4.3 PROBABILIDAD

Se la representa con la letra (P) y es la posibilidad de que los acontecimientos de la cadena se completen en el tiempo, originándose las consecuencias no deseadas.

**Tabla 2.8 Probabilidad**

<b>PROBABILIDAD DE QUE LA SECUENCIA DEL ACCIDENTE SE COMPLETE.</b>	<b>FACTOR A USAR.</b>
Resultado más probable y esperado.	10
Es completamente posible.	6
Sería una secuencia rara.	3
Sería una secuencia remotamente posible.	1
Nunca ha sucedido en muchos años.	0.5

Estos factores se emplean para conseguir un valor numérico o Grado de Peligrosidad (G.P.)

#### 2.4.4 GRADO DE PELIGROSIDAD

El grado de peligrosidad es un indicador de la gravedad de un riesgo reconocido, calculado con base a sus consecuencias ante la probabilidad de ocurrencia y en función del tiempo o la frecuencia de exposición al mismo y se lo calcula mediante la ecuación 2.1.

$$GP = C \times E \times P \quad \text{Ec. 2.1}$$

Con el valor resultante de la ecuación 2.1 podremos determinar el tipo de actuación sobre el riesgo y su clasificación:

**Tabla 2.9 Clasificación del Riesgo**

INDICE.	CLASIFICACIÓN DE RIESGO.
<b>GP &gt; 200</b>	Alto, muy grave, paralización de la actividad y corrección inmediata.
<b>200 &gt; GP &gt; 70</b>	Importante, corrección urgente.
<b>70 &gt; GP &gt; 20</b>	Moderado, no es urgente pero necesario corregir.
<b>20 &gt; GP</b>	Tolerable, no corrección.

Tomando como antecedentes lo antes expuesto, se analizará el grado de peligrosidad de cada uno de los riesgos que se explicaron anteriormente.

#### 2.4.5 ELABORACIÓN DEL FINE DE SEGURIDAD

##### 2.4.5.1 Fine de seguridad del extrusor

- **RIESGO:** Cuando el extrusor está en funcionamiento, el operario está en riesgo de que el tornillo sin fin del extrusor lo atrape.
- **FORMA:** Heridas, cortes por piezas móviles.
- **AGENTE:** Tornillo sin fin del extrusor.

- **CAUSAS DEL RIESGO**
  - No tener un diagrama de la máquina o advertencia de seguridad.
  - Operario cansado o con poca concentración.
- **GRADO DE PELIGROSIDAD**
  - Consecuencia = 15 (lesiones con baja).
  - Exposición = 6 (frecuentemente).
  - Probabilidad = 1 (nunca ha sucedido).

Por tanto, el valor que se obtendrá del grado de peligrosidad será:

$$GP = (15 \times 6 \times 1) = 90$$

Entonces, se provoca un riesgo de clasificación medio, que precisa necesariamente de atención y que en la actualidad los riesgos están controlados, pero nada impide que estos puedan causar lesiones en el futuro.

**MEDIDAS CORRECTIVAS:** Para evitar que se produzcan lesiones por el uso del extrusor se recomienda colocar advertencias de seguridad, en las máquinas con partes móviles como el extrusor, se debe proteger con defensas fijas y enclavamientos.

#### 2.4.5.2 Fine de seguridad del molino de bolas

- **RIESGO:** El molino tiene una gran proximidad con tomas de corriente y con grifo de agua, lo que puede causar electrocución.
- **FORMA:** Contacto directo con electricidad.
- **AGENTE:** .Molino de bolas.
- **PARTE AGENTE DEL MATERIAL:** Interruptores y tomas de corriente.
- **CAUSAS DEL RIESGO:**
  - Uso del grifo de agua en proceso de molienda.
  - Falta de un interruptor de arranque para evitar contacto directo con el toma corriente.
- **GRADO DE PELIGROSIDAD:**
  - Consecuencia = 1 (heridas o lesiones).
  - Exposición = 10 (continuamente).
  - Probabilidad = 1 (nunca ha sucedido).

Por tanto, el valor que se obtendrá del grado de peligrosidad será:

$$GP = (1 \times 10 \times 1) = 10$$

De acuerdo a la tabla FINE de riesgos, es un riesgo muy bajo cuya corrección es opcional pero recomendable.

**MEDIDAS CORRECTIVAS:** Es importante la colocación de señales de seguridad y de los respectivos aislamientos eléctricos, así como también la ubicación adecuada del molino ya que se encuentra en el piso del laboratorio.

#### 2.4.5.3 Fine de seguridad de la purificadora de arcilla

- **RIESGO:** Cuando la purificadora está puesta en marcha, existe la posibilidad de que las piezas mecánicas como engranes o cadenas provoquen atrapamiento.
- **FORMA:** Heridas, cortes por piezas móviles.
- **AGENTE:** Cadenas y poleas.
- **CAUSAS DEL RIESGO:**
  - No tener protección en cadenas y poleas.
  - Operario cansado o con poca concentración.
  - No existen advertencias de seguridad.
- **GRADO DE PELIGROSIDAD:**
  - Consecuencia = 15 (lesiones con baja).
  - Exposición = 10 (continuamente).
  - Probabilidad = 1 (nunca ha sucedido).

Por tanto, el valor que se obtendrá del grado de peligrosidad será:

$$GP = (15 \times 10 \times 1) = 150$$

De acuerdo con la tabla FINE, se tiene un riesgo de clasificación medio, que precisa necesariamente de atención y que en la actualidad los riesgos están controlados, pero nada impide que estos puedan causar lesiones en el futuro.

- **MEDIDAS CORRECTIVAS:** Se requiere protección como guarda cadenas y cubre poleas para que estos estén cubiertos, ya que al ser un proceso

que necesita de maniobra constante, no es recomendable la colocación de guardas.

#### 2.4.5.4 Fine de seguridad del horno

- **RIESGO:** Al momento de sacar las piezas ya terminadas, estas no parecen estar calientes por lo que pueden confundirse y ser tomadas sin protección.
- **FORMA:** Quemaduras.
- **AGENTE:** Piezas a elevada temperatura.
- **CAUSAS DEL RIESGO:**
  - No trabajar con guantes con aislante térmico.
  - Trabajar con piezas frías y calientes al mismo tiempo.
- **GRADO DE PELIGROSIDAD:**
  - Consecuencia = 5 (heridas o golpes).
  - Exposición = 6 (frecuentemente).
  - Probabilidad = 1 (nunca ha sucedido).

Por tanto, el valor que se obtendrá del grado de peligrosidad será:

$$GP = (5 \times 6 \times 1) = 30$$

De acuerdo a la tabla FINE de riesgos, es un riesgo muy bajo cuya corrección es opcional pero recomendable.

- **MEDIDAS CORRECTIVAS:** Según el resultado del FINE, es un riesgo mínimo, el cual se soluciona de una manera total con el uso de vestimenta de protección adecuada como por ejemplo guantes de protección térmica, mascarilla para evitar la inhalación de gases.

Los resultados obtenidos en la elaboración del FINE de seguridad para cada máquina se los puede verificar en el tabla mostrada en el ANEXO 1.

## CAPÍTULO 3

### MANTENIMIENTO GENERALIDADES Y DEFINICIONES

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

El mantenimiento Industrial es un factor importante en la elaboración y fabricación de diferentes procesos de producción, en instalaciones industriales, el mismo que conjuntamente con el constante adelanto científico tecnológico ha logrado su evolución y mejoramiento continuo, y de su adecuada aplicación obedece el funcionamiento óptimo de las instalaciones y maquinarias, así como también el registro control y ciclo de vida de las mismas<sup>18</sup>.

En su evolución, se consideran cuatro diferentes generaciones, las mismas que se detallan a continuación.

- **Primera Generación:** Esta etapa se desarrolla desde la primera guerra mundial hasta la segunda guerra mundial (1914-1945), se caracteriza por la utilización del mantenimiento correctivo; es decir se esperaba que se produzca la falla, con el propósito de corregirla. Es así que el concepto de fiabilidad va apareciendo y los departamentos de mantenimiento buscan no solo solucionar las fallas que se producen en los equipos, sino, sobre todo, intervienen para prevenirlas.
- **Segunda Generación:** Se mantiene hasta fines de los años setenta e inicio de los ochenta, se caracterizó por la aplicación de la estrategia de mantenimiento preventivo. En esta generación se supone una nueva figura en los departamentos de mantenimiento, cuya función es estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar fallas.
- **Tercera Generación:** Surgen los mantenimientos predictivo, proactivo y la gestión del mantenimiento asistido por ordenador.
- **Cuarta Generación:** Esta etapa comprende a partir del año 1990 en adelante, en la cual, se implementan sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y en sí de la organización y ejecución

---

<sup>18</sup> DÍAZ Juan, (2004) “*Técnicas del Mantenimiento Industrial*”, España, Pág. 3.



del mantenimiento, además se establecen grupos de mejora y seguimiento en las acciones.

## **3.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE MANTENIMIENTO**

### **3.2.1 DEFINICIÓN**

El mantenimiento industrial, es una actividad encaminada a conservar los equipos e instalaciones en óptimas condiciones de operación y funcionamiento, durante un período predeterminado y al menor costo, contribuyendo así, a lograr los objetivos de la organización y brindando satisfacción a las expectativas de los clientes, proveedores, empleados y dueños de la empresa.

### **3.2.2 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO**

Los objetivos del mantenimiento deben estar relacionados con los objetivos de la empresa, los mismos que deben ser específicos y estar presentes en las acciones que realice el área de mantenimiento, estos objetivos son:

#### **3.2.2.1 Máxima producción**

Garantizar la óptima disponibilidad y mantener la fiabilidad de los sistemas, instalaciones, máquinas y equipos, efectuando la acción en el menor tiempo posible<sup>19</sup>.

#### **3.2.2.2 Mínimo costo**

Disminuir al máximo las fallas y aumentar la vida útil de las máquinas e instalaciones, con la finalidad de que la inversión en mantenimiento se maneje dentro del presupuesto de los costos anuales.

#### **3.2.2.3 Calidad requerida**

Conservar el funcionamiento regular de los equipos y eliminar los daños que afectan la calidad del producto.

#### **3.2.2.4 Conservación de la energía**

---

<sup>19</sup>Torres Leandro, (2005), "Mantenimiento su Implementación y Gestión", Editorial Universitarias, Argentina, Pág. 23.

Controlar el rendimiento de los equipos, así como eliminar los paros y las puestas en marcha continuos y mantener en buen estado las instalaciones auxiliares.

### 3.2.2.5 Conservación del medio ambiente

Mantener en óptimas condiciones los equipos que pueden producir fugas contaminantes y evitar averías en equipos que producen poluciones.

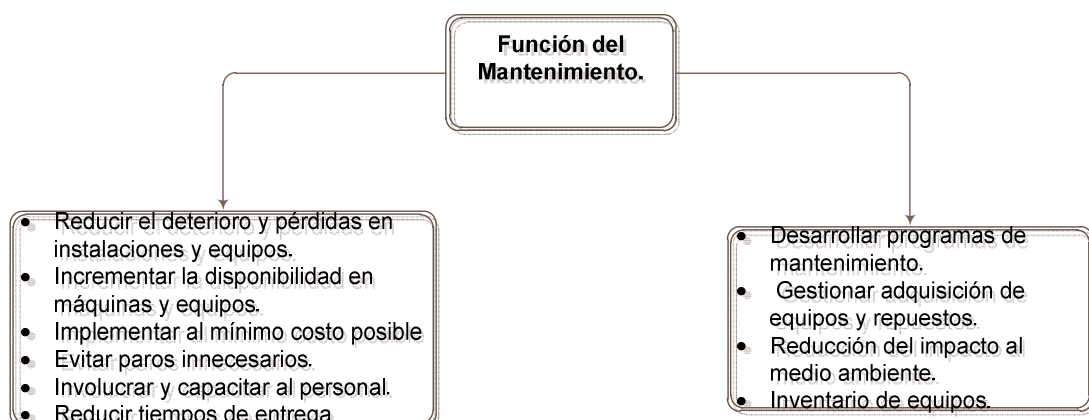
### 3.2.2.6 Higiene y seguridad

Mantener las protecciones de seguridad en los equipos y adiestrar en las normas para evitar los accidentes.

## 3.3 FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO

En nuestro medio, el sector industrial, la competitividad ha tomado un alto nivel, y se hace necesario una mejora e inspección en los parámetros de calidad, así como también control en la disminución de los tiempos de entrega.

De esta manera, entendemos que la función del mantenimiento a implementar, es conseguir el máximo nivel de efectividad en el sistema productivo de servicios con bajos índices contaminación de medio ambiente, la mayor seguridad y producción al menor costo posible. Así se puede observar en la figura 3.1.



**Figura 3.1 Función del Mantenimiento.**

Fuente: Ávila –Rodríguez.

### 3.3.1 VARIABLES DEL MANTENIMIENTO

Para poder interpretar la forma en la que actúa el mantenimiento, se hace necesario que veamos y analicemos las distintas variables de significación que repercuten en el desempeño de los sistemas.

#### 3.3.1.1 Disponibilidad

Es la proporción de tiempo durante el cual un equipo estuvo en condiciones de ser usado.

$$D = \frac{T_{mef}}{T_{mef} + T_{mdr}} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde:

$T_{mef}$ , tiempo medio entre fallos.

$$T_{mef} = \frac{\text{Total de horas de operación del equipo}}{\text{Total de número de paradas correctivas.}} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$T_{mdr}$ , es el tiempo total de reparación.

$$T_{mdr} = \frac{\text{Total de horas invertidas correctivas}}{\text{Total de número de paradas correctivas.}} \quad \text{Ec. 3.3}$$

#### 3.3.1.2 Mantenibilidad

La mantenibilidad, es la probabilidad de que un sistema, máquina, equipo pueda ser reparado bajo una condición especificada en un período de tiempo dado, en tanto su mantenimiento sea realizado de acuerdo con ciertas metodologías y recursos determinados con anterioridad.

$$M = \frac{T_{mef}}{T_{mef} - T_{mdr}} \quad \text{Ec. 3.4}$$

#### 3.3.1.3 Calidad

Debemos destacar el lugar primordial que ocupa la calidad. El mantenimiento debe tratar de evitar las fallas, restablecer el sistema lo más rápido posible,

dejándolo en condiciones óptimas de operar a los niveles de producción y calidad exigida.

$$C = \frac{\text{número de unidades válidas}}{\text{número total de unidades fabricadas}} \quad \text{Ec. 3.5}$$

$$C = \frac{\text{producción real} - \text{producción rechazada}}{\text{producción real}} \quad \text{Ec. 3.6}$$

#### 3.3.1.4 Rendimiento

Contempla la pérdida de eficiencia de un determinado equipo como una disminución de su capacidad de producción frente a la producción esperada.

$$R = \frac{\text{número total de unidades}}{\text{tiempo de operación} * \text{capacidad nominal}} \quad \text{Ec. 3.7}$$

$$R = \frac{\text{producción real}}{\text{producción planificada}} \quad \text{Ec. 3.8}$$

#### 3.3.1.5 Fiabilidad

Es la probabilidad de que las instalaciones, equipos rindan satisfactoriamente sin fallar durante un período determinado y en condiciones definidas.

$$F = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad} \quad \text{Ec.3.9}$$

#### 3.3.1.6 Seguridad

La seguridad, está referida al personal, instalaciones, equipos, sistemas y máquinas, no puede obviarse, con miras a dar cumplimiento a las demandas requeridas.

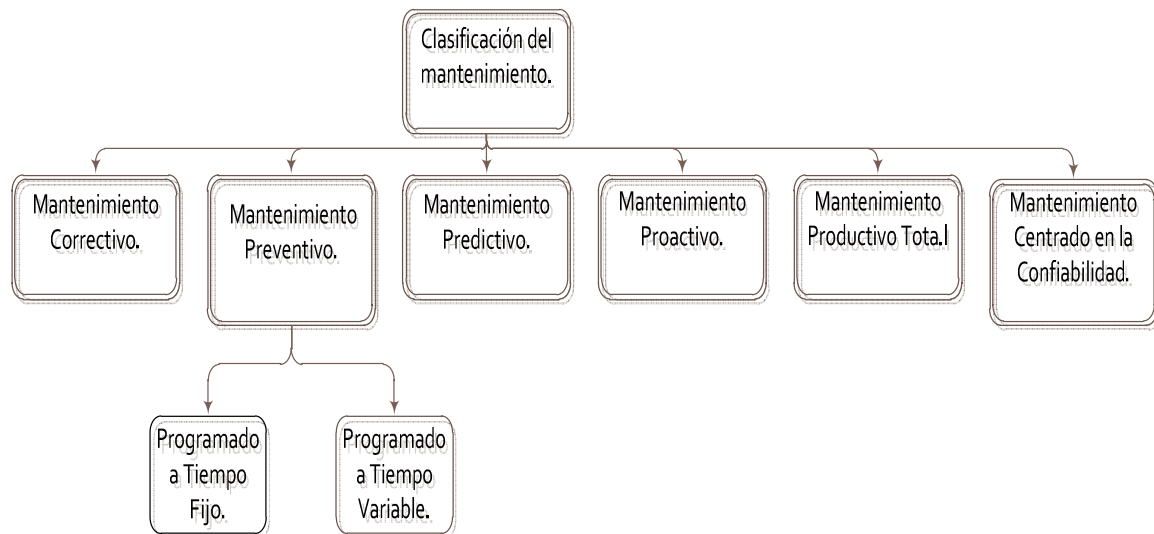
#### 3.3.1.7 Tiempo de entrega

El tiempo de entrega y el cumplimiento de los plazos previstos son variables que tienen también su importancia, en el mantenimiento.

### 3.4 CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

La actividad productiva de cada empresa depende estrechamente del tipo de mantenimiento que se emplee. A continuación en la figura 3.2 se presenta una

clasificación general del mantenimiento en función de los objetivos que cada uno persigue respecto a daños o fallas que se presenten.



**Fig. 3.2 Clasificación del Mantenimiento**

Fuente: Ávila - Rodríguez.

### 3.4.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo para restablecer la operatividad del sistema. Se da porque en algunos casos es imposible prevenir el fallo, lo que hace que este mantenimiento sea la única opción<sup>20</sup>.

En otros casos este tipo de mantenimiento se lo debe realizar por falta de mantenimiento preventivo, lo que es la causa de la falla, por falta de una estrategia de mantenimiento.

El proceso de mantenimiento correctivo se inicia con el fracaso y un diagnóstico de la falta de determinar por qué el fracaso apareció. El proceso de diagnóstico puede incluir la inspección física de un sistema, el uso de un equipo de diagnóstico para evaluar el sistema, las entrevistas con los usuarios del sistema, y una serie de otras medidas.

<sup>20</sup> IDEM 19 pág., 123.

El personal que se encarga de reportar las averías, fallas de las máquinas y equipos es el propio operario, y el personal de mantenimiento es el encargado de reparar dichas averías.

Es importante determinar qué causó el problema, a fin de tomar las medidas adecuadas, y ser conscientes de que múltiples fallas de componentes o de software puede haber ocurrido de forma simultánea.

El gran problema que tiene este proceso es que el fallo se encuentra cuando el operario necesita el equipo, al ponerlo en marcha o durante su uso.

#### **3.4.1.1 Características del mantenimiento correctivo**

- Está basado en la intervención rápida, después de ocurrida la avería.
- Conlleva la discontinuidad de los flujos de producción y logísticos.
- Tiene una gran incidencia en los costos de mantenimiento por producción no efectuada.
- Tiene un bajo nivel de organización.
- Se denomina también mantenimiento accidental.

#### **3.4.1.2 Ventajas del mantenimiento correctivo**

- Cuando se realiza este mantenimiento, se conoce su estado y funcionamiento.
- Puede ser realizado por un grupo de operarios que estén preparados para ello, no se necesita una gran infraestructura ni un programa de mantenimiento, ya que este se realiza sobre la marcha.
- Es el indicado en maquinaria que ya es antigua, ya que en estos casos es mejor saber que pieza falla y no todas las que puedan fallar.

#### **3.4.1.3 Desventajas del mantenimiento correctivo**

- Se producen paradas y daños imprevisibles en la producción que afectan a la planificación, algunas veces de manera incontrolada.
- Se suele producir una baja calidad en las reparaciones debido a la rapidez en la intervención, y a la prioridad de reponer antes que reparar definitivamente.
- El precio puede ser muy costoso, lo cual podría afectar a la hora de comprar los repuestos de recursos en el momento que se necesiten.

### 3.4.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo es una técnica de dirección que provee los medios para la conservación de los elementos físicos de una empresa, en condiciones de operar con una máxima eficiencia, seguridad, economía y con una afectación mínima al medio ambiente<sup>21</sup>.

El mantenimiento preventivo se ha diseñado con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas e inclusive partes.

#### 3.4.2.1 Clasificación del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se puede clasificar de la siguiente forma:

##### 3.4.2.1.1 *Programado a tiempo fijo.*

Las operaciones de mantenimiento se pueden realizar en intervalos de tiempo regulares, determinados por el número de horas, ciclos, días de operación, etc.

##### 3.4.2.1.2 *Programado a tiempo variable.*

Los trabajos de mantención se coordinan principalmente con el departamento de producción, motivo por el cual no se puede establecer una fecha fija.

#### 3.4.2.2 Características del mantenimiento preventivo

- El mantenimiento preventivo trata de disminuir al mínimo la probabilidad de falla evitando así la degradación de maquinaria equipo e instalaciones, mediante la intervención prevista, preparada y programada antes de la aparición probable de una falla<sup>22</sup>.
- Trata de planificar una estrategia de mantenimiento a la organización, la misma que debe detectar y corregir el origen de las posibles fallas técnicas, evitando reparar las consecuencias de las mismas una vez que ya se han producido.

---

<sup>21</sup> JÁCOME Luis, (2010), "*Ingeniería de Mantenimiento*", EPN, Quito- Ecuador, Pág. 12-

<sup>22</sup> IDEM 19 Pág. 124-130.

- A pesar de que el nivel de mantenimiento preventivo sea alto, subsistirán inexorablemente fallas residuales de carácter aleatorio.
- Ayuda a llevar un ambiente laboral bueno, ya que las tensiones que se dan al momento de una falla pueden deteriorar las relaciones humanas entre los operarios.
- Se debe operar con una política de mantenimiento eficaz, que pueda prever el costo directo del mantenimiento, que permita:
  - La gestión de documentación técnica.
  - Preparar intervenciones preventivas.
  - Acordar con producción paradas programadas.

#### **3.4.2.3 Ventajas del mantenimiento preventivo**

Las principales ventajas que se podrían presentar en la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo son<sup>23</sup>:

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo de parada innecesaria de equipos y máquinas.
- Disminución de permanencia de repuestos en bodega y por lo tanto reducción de costos, pues se considera los de mayor y menor consumo.
- Mayor duración de equipos e instalaciones.
- Menor costo de las operaciones.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades.

#### **3.4.2.4 Desventajas del mantenimiento preventivo**

Las principales desventajas que se podrían presentar en la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo son:

- Cambios innecesarios.
- Problemas iniciales de operación.
- Costo en inventarios.
- Mano de obra.

---

<sup>23</sup> IDEM 21, Pág. 12



- Mantenimiento no adecuado.

### **3.4.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Es el conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico continuo o con la monitorización de un sistema, que permiten una intervención correctiva inmediata como consecuencia de la detección de algún síntoma de fallo<sup>24</sup>.

El mantenimiento predictivo se basa en el hecho de que la mayoría de los fallos se producen lentamente y previamente, en algunos casos, arrojan indicios evidentes de un futuro fallo, bien a simple vista o bien mediante la monitorización, es decir, mediante la elección, medición y de algunos parámetros relevantes que representen el buen funcionamiento del equipo analizado, es decir que con este método tratamos de seguir la evolución de futuros fallos.

Por ejemplo, estos parámetros pueden ser:

- Temperatura.
- Presión.
- Velocidad lineal.
- Velocidad angular.
- Resistencia eléctrica.
- Ruidos y vibraciones.
- Viscosidad.

#### **3.4.3.1 Ventajas del mantenimiento predictivo**

- Garantiza la confección de formas internas de funcionamientos o compras de nuevos equipos<sup>25</sup>.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico y operacional muy útil en estos casos.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.

---

<sup>24</sup><http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-máquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf>

<sup>25</sup> IDEM 19, Pág. 137-138.

- Permite conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Permite tomar decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente que órgano es el que falla.
- Requiere una plantilla de mantenimiento más reducida.

#### **3.4.3.2 Desventajas del mantenimiento predictivo**

- La implantación de un sistema de este tipo requiere una inversión inicial importante, los equipos de detección de fallas, analizadores de vibraciones y otros tienen un costo elevado.
- Se justifica en las máquinas o instalaciones donde los paros imprevistos ocasionan grandes pérdidas, o donde las paradas innecesarias requieren grandes costos.
- Se debe destinar un personal calificado para realizar la lectura periódica de datos en los equipos a utilizar en este tipo de mantenimiento.

#### **3.4.3.3 Técnicas del mantenimiento predictivo**

Existen diversas técnicas aplicadas al mantenimiento predictivo las cuales enunciamos a continuación<sup>26</sup>:

##### *3.4.3.3.1 Análisis de lubricantes.*

El análisis de lubricantes se ejecuta dependiendo de la necesidad, según:

- Análisis Iniciales: se realizan a productos de aquellos equipos que presenten dudas provenientes de los resultados del estudio de lubricación, y permiten correcciones en la selección del producto, motivadas a cambios en condiciones de operación.
- Análisis Rutinarios: aplican para equipos considerados como críticos o de gran capacidad, en los cuales se define una frecuencia de muestreo, siendo el objetivo principal de los análisis la determinación del estado del aceite, nivel de desgaste y contaminación entre otros.

---

<sup>26</sup> [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_mecanica/mantenimientopredictivo](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/mantenimientopredictivo).

- Análisis de Emergencia: se efectúan para detectar cualquier anomalía en el equipo y lubricante.

#### 3.4.3.3.2 *Análisis por ultrasonido*

Este método estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano.

Ultrasonido pasivo: Es producido por mecanismos rotantes, fugas de fluido, pérdidas de vacío, y arcos eléctricos. Pudiéndose detectarlo mediante la tecnología apropiada.

El Ultrasonido permite:

- Detección de fricción en máquinas rotativas.
- Detección de fallas y/o fugas en válvulas.
- Detección de fugas de fluidos.

#### 3.4.3.3.3 *Análisis de vibraciones*

El interés de las Vibraciones Mecánicas llega al Mantenimiento Industrial de la mano del Mantenimiento Preventivo y Predictivo, con el interés de alerta que significa un elemento vibrante en una Máquina, y la necesaria prevención de las fallas que traen las vibraciones a mediano plazo.

El interés principal para el mantenimiento deberá ser la identificación de las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas en el elemento o máquina, la determinación de las causas de la vibración, y la corrección del problema que ellas representan.

#### 3.4.3.3.4 *Análisis por termografía*

La termografía Infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial - ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación, están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de Termovisión por Infrarrojos.

### 3.4.4 MANTENIMIENTO PROACTIVO

El mantenimiento proactivo está basado en los métodos predictivos, pero, para identificar y corregir las causas de los fallos en las máquinas, es necesaria una implicación del personal de mantenimiento<sup>27</sup>.

Estos sistemas sólo son viables si existe detrás una organización adecuada de los recursos disponibles, una planificación de las tareas a realizar durante un periodo de tiempo, un control exhaustivo del funcionamiento de los equipos que permita acotar sus paradas programadas y el coste a él inherente, y una motivación de los recursos humanos destinados a esta función, acordes al sostenimiento de la actividad industrial actual.

El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el Plan Estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores o informes hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores.

#### 3.4.4.1 Ventajas del mantenimiento proactivo

- Utiliza técnicas especializadas para monitorear la condición de los equipos basándose fundamentalmente en el análisis de aceite para establecer el control de los parámetros de causa de falla<sup>28</sup>
- Establece una técnica de detección temprana, monitoreando el cambio en la tendencia de los parámetros considerados como causa de falla, para tomar acciones inmediatas.
- Se enfoca en la identificación y corrección de las causas que originan las fallas en equipos, componentes e instalaciones industriales.

#### 3.4.4.2 Desventajas del mantenimiento proactivo

- Se incrementan los costos por la innecesaria inspección y desmontaje de máquinas.
- Implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el plan estratégico de la organización.

---

<sup>27</sup> [http://www.sinais.es/intro/mantenimiento\\_proactivo.html](http://www.sinais.es/intro/mantenimiento_proactivo.html)

<sup>28</sup> <http://mantenimientoindustrial17.blogspot.com/2008/09/mantenimiento-predictivo-yproactivo.html>

### **3.4.5 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

El Mantenimiento productivo total se define como la actividad cuyo objetivo es mantener la eficiencia de las instalaciones y las maquinarias en el tiempo, para mejorar la productividad a través del involucramiento activo del personal<sup>29</sup>.

El instituto de planeamiento del mantenimiento de Japón define al mantenimiento productivo total como un sistema orientado a lograr:

- Cero accidentes.
- Cero defectos.
- Cero pérdidas.

#### **3.4.5.1 Ventajas del mantenimiento productivo total**

- Ayuda al dimensionamiento adecuado de las plantillas de personal.
- Crea capacidades competitivas desde la fábrica.
- Crea un ambiente de aprendizaje permanente.
- Elimina radicalmente las fuentes de contaminación y polución
- Mejora la disponibilidad y fiabilidad de los equipos.
- Mejora la calidad del producto final.
- Previene y elimina las causas potenciales de accidentes.

#### **3.4.5.2 Desventajas del mantenimiento productivo total**

- Debe ser evidente al compromiso de la gerencia, para la implementación de este sistema, caso contrario los promotores terminan desacreditados y hasta fuera de sus empleos.
- Exige tiempo para capacitación, reuniones periódicas, en resumen implica un costo extra para la entidad productiva.
- El proceso de implementación requiere de varios años.
- Requiere de evaluaciones constantes, para observar el cambio programado.
- Se requiere un cambio de cultura general, para que tenga éxito este cambio, no puede ser introducido por imposición, requiere el

---

<sup>29</sup> IDEM, Pág. 177-179.

convencimiento por parte de todos los componentes de la organización de que es un beneficio para todos.

### **3.4.6 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)**

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad puede ser definido como una estrategia global de un sistema usando métodos de análisis estructurados que permiten asegurar la fiabilidad inherente al sistema<sup>30</sup>.

#### **3.4.6.1 Ventajas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad**

Las ventajas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad son las siguientes:

- Asegura y aumenta la eficiencia del equipo en materia de seguridad de funcionamiento.
- Disminuye los costos directos e indirectos relacionados con el mantenimiento.
- Mejora la calidad del producto y el cumplimiento de normas de seguridad y de medio ambiente.
- Mejora la comunicación entre el personal de mantenimiento y operación.
- Optimiza las actividades de carácter preventivo.

#### **3.4.6.2 Desventajas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad**

Las desventajas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad son las siguientes:

- Si bien el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad presenta una serie de beneficios, su implementación requiere de una planificación extensiva y un involucramiento de todos los actores dentro de una organización, esto requiere de mayores recursos y tiempos de preparación para su posterior ejecución.

## **3.5 ESTRATEGIAS DEL MANTENIMIENTO**

El proceso de las actividades de mantenimiento, se encuentra en relación directa con todas las estrategias que hayan sido definidas y establecidas por los altos

---

<sup>30</sup> MOUBRAY John, (2002), "*Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*", North Carolina, USA, Pág. 7.

niveles directivos de la empresa, cada una de las cuales presenta ciertas desventajas. Entre las distintas formas de enfrentar el mantenimiento en las instalaciones industriales citamos algunas ya nombradas anteriormente como es el mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, etc.<sup>31</sup>

### **3.5.1 APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS DEL MANTENIMIENTO**

No existen fórmulas preconcebidas para establecer cuál es la estrategia que se debe elegir. Cualquiera de los tipos de mantenimientos existentes o estrategias, por sí solo, no satisface completamente los objetivos fundamentales del mantenimiento.

Lo más aconsejable es combinarlos, de forma tal que se ajusten principalmente a las características de los equipos e instalaciones que se quiere mantener, de su importancia o nivel de criticidad dentro del proceso productivo, de su complejidad, de los costos y de la organización de mantenimiento.

#### **3.5.1.1 Aplicación del mantenimiento correctivo**

Se debe aplicar la estrategia “operar hasta la falla” o de mantenimiento correctivo en aquellos casos en los cuales:

- Las partes y repuestos de los equipos son de bajo costo y se puede mantener un stock elevado en el almacén.
- La parada del equipo no produce pérdidas de producción.
- La disponibilidad del equipo no se ve afectada sensiblemente.
- El mantenimiento es relativamente fácil de ejecutar.

#### **3.5.1.2 Aplicación del mantenimiento preventivo**

Al momento de aplicar el mantenimiento preventivo, se deben regular las actividades previstas, con el propósito de prevenir fallas o, en su defecto, para detectarlas en su estado inicial, antes de que estas se incrementen y puedan conducir a la parada del equipo por falla.

Es así, que de esta manera la actividad de planificación, como parte del conjunto de funciones que debe cumplir la gerencia de mantenimiento, juega un

---

<sup>31</sup> [http://www.lacatedra.com/isid/lacatedra/file.php/1/Biblioteca\\_libroplan2007.PDF](http://www.lacatedra.com/isid/lacatedra/file.php/1/Biblioteca_libroplan2007.PDF)

papel fundamental en un sistema de mantenimiento, encaminado en forma efectiva a lograr resultados que produzcan la mejor impresión a nivel de los máximos responsables de la empresa.

Sin embargo para la aplicación o reorganización de un sistema de mantenimiento preventivo, bajo conceptos de disponibilidad, seguridad y economía, es necesario, recurrir a una serie de etapas, tomando en cuenta que cada industria presenta características específicas, y que los mayores problemas que se presentan es debido a la falta de metodología dentro de las organizaciones de mantenimiento.

De igual forma, la escasa o ninguna información sobre registros y datos históricos del funcionamiento de los equipos, constituye una de las deficiencias más comunes que es necesario superar o eliminar. Esto nos da a conocer, entre otros aspectos, que las organizaciones carecen de una información y cultura de mantenimiento orientadas a la disponibilidad y seguridad de las instalaciones.

#### **3.5.1.3 Aplicación del mantenimiento preventivo a plazo fijo**

Se debe aplicar la estrategia mantenimiento preventivo a plazo fijo en aquellos casos en los cuales:

- La suspensión del funcionamiento de los equipos ocasiona graves y costosas afectaciones a la producción.
- La confiabilidad de los equipos disminuye sensiblemente.
- Las partes y repuestos no son excesivamente costosas.
- El tiempo necesario para sustituir partes es breve o moderadamente largo y el trabajo de remplazo se lo puede realizar durante las paradas del tiempo.

#### **3.5.1.4 Aplicación del mantenimiento predictivo**

Se debe aplicar la estrategia del mantenimiento predictivo o el monitoreo con condición en aquellos casos en los cuales:

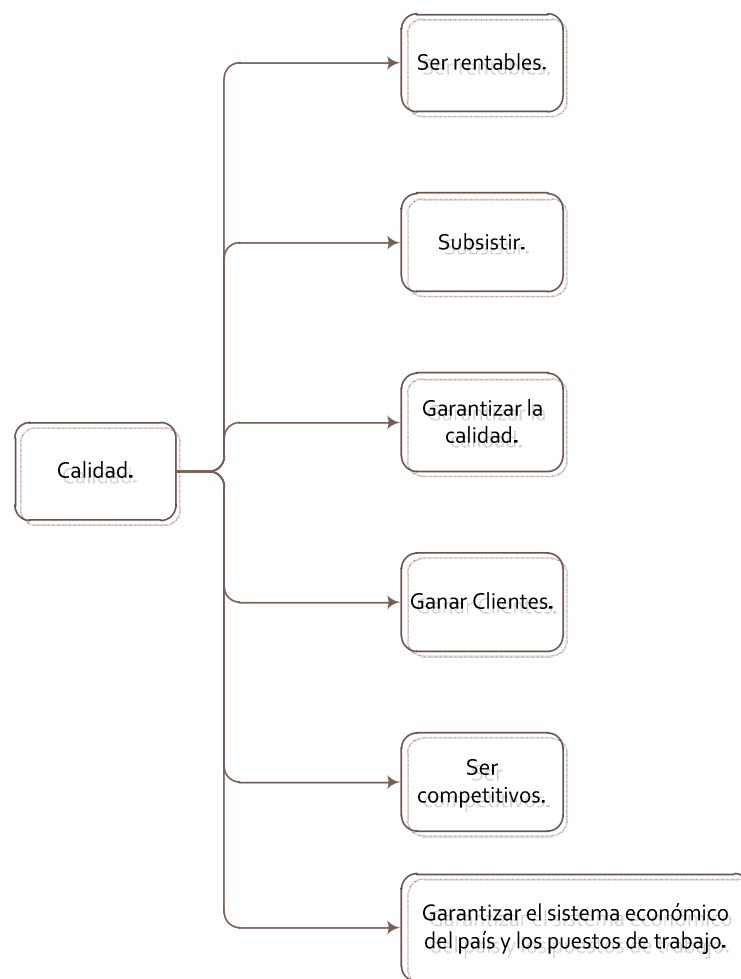
- Las instalaciones contienen equipos de producción continua y de alto costo de remplazo.



- La falla de los equipos genera afectaciones costosas en la producción.
- Los repuestos son de precios elevados.

### 3.5.2 CALIDAD ENFOCADA DESDE EL MANTENIMIENTO

El sistema de calidad, figura 3.3, engloba todos los procesos necesarios para proporcionar un servicio eficaz, desde el estudio del mercado y comercialización hasta la presentación. Los conceptos y principios del sistema de calidad de las normas ISO/EN son aplicables a todo tipo de servicio, independiente del tamaño de la empresa, todas deben regirse a un mismo principio<sup>32</sup>.



**Fig. 3.3 Calidad enfocada desde el mantenimiento**

Para lograr la calidad requerida es necesario poner atención tanto a las relaciones interpersonales con los clientes como en las relaciones interpersonales dentro de la empresa, de aquí nace el criterio cliente externo y cliente interno.

<sup>32</sup> NAVARRETE Enrique, TRETO Orestes, (2005), "Gestión y Calidad del Mantenimiento".

Dar satisfacción al cliente significa conocer sus expectativas, necesidades, gustos y preferencias mediante un método acorde a las normas.

El cliente interno tiene diferentes aspectos a considerar:

- Relación entre departamentos de la empresa.
  - ¿Quién vende y quién compra?
  - ¿Qué servicios vende de un departamento a otro?
  - ¿Cómo los vende?
  - ¿Cómo mejorar el servicio?
- Relación entre personas que componen un departamento de la empresa.
  - ¿Cómo es la comunicación entre las personas?
  - ¿Cuáles son sus conductas y motivaciones?
  - ¿Cómo están dando o recibiendo el servicio en relación a otros compañeros?

El caso que nos ocupa, la actividad del mantenimiento, es del tipo de cliente interno, que su objetivo es satisfacer las demandas de las distintas áreas de la empresa, incluyéndose el mismo, precisamos entonces darle respuesta a todos y cada uno de ellos; para eso debemos darle respuesta a las preguntas anteriormente citadas.

- Todos los servicios que realice el departamento de mantenimiento y su costo debe ser cargado a quien realizó, a través del centro de costo, luego de haber confirmado el cliente la satisfacción por el trabajo realizado.
- El área de mantenimiento debe trabajar como una empresa de servicio, bajo la filosofía Cliente Proveedor.
- Evitar las reclamaciones de los clientes que le realiza el trabajo para mejorar su servicio a los clientes, logrando así la confiabilidad y fiabilidad en los trabajos que realice.
- Mantener las mejores relaciones interpersonales en el departamento, logrando un clima de afecto y respeto.
- Velar por la superación constante del personal de mantenimiento, como forma de cualificar el personal y mejorar la calidad de su servicio.

- Garantizar un eficaz, rápido y completo servicio a quien lo solicita.

### 3.5.3 ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

A inicios de los años 1980 las industrias occidentales tenían como objetivo común obtener a partir de una inversión dada, el máximo de esta rentabilidad. Sin embargo cuando el cliente comenzó a convertirse en un elemento importante en muchas de las decisiones tomadas en el área de mantenimiento tenían que ver con necesidades cada vez mayores del cliente que exigía calidad en el producto o servicio proporcionado<sup>33</sup>.

Este nuevo factor de calidad elevó la competitividad de las industrias, lo que hizo que el área de producción alcanzara una alta productividad, para ello se necesitaba alcanzar y conservar una alta productividad, para lo cual se necesitaba conseguir mayores eficiencias en los equipos y maquinarias, es así como se crea un departamento que asegure que la productividad de la planta no se vea afectada por algún tipo de averías o alguna para imprevista del equipo.

Para la industria el área de mantenimiento no se considera un área productiva, ya que de ésta, no se obtiene un bien tangible, o algo que genere a la empresa un capital directo.

Los factores que afectan directamente la manera de administrar los recursos físicos, así como también la administración general de la empresa, todo enfocado a permanecer en el lugar donde se ha querido estar o mejorar esta posición son:

- Competencia a nivel mundial.
- Altos estándares de calidad.
- Requisitos de certificación del sistema de calidad.
- Conceptos de justo a tiempo.
- Incremento en la capacidad y productividad de equipos y maquinaria.
- Reducción en tiempos de ciclo de fabricación.
- Reducción de costos de fabricación.
- Seguridad personal e industrial.
- Integración total de trabajadores.

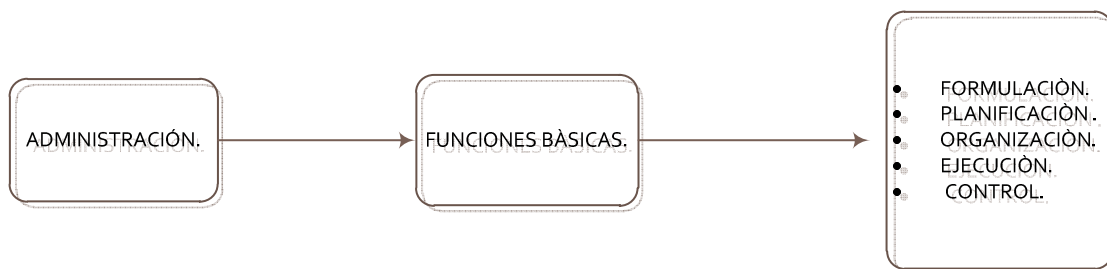
---

<sup>33</sup> [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lil/arias\\_s\\_II/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lil/arias_s_II/capitulo2.pdf)

- Cultura de limpieza y disciplina.
- Relación entre administración y sindicato.
- Programas de asimilación de tecnología

El mantenimiento vincula un conjunto de actividades que son el reflejo práctico de las estrategias elegidas para conservar los equipos en las mejores condiciones de funcionamiento, y lograr sobresalientes índices en la gestión del mantenimiento<sup>34</sup>.

La administración del mantenimiento, figura 3.4, es un proceso que incluye un conjunto de funciones básicas, cuyo cumplimiento, desde el momento en el cual se formalizan los objetivos, se debe llevar hasta la consecución de metas trazadas, por medio del establecimiento y ejecución de planes, de la organización de recursos, y del control de las acciones cumplidas para lograr los objetivos previamente trazados.



**Fig. 3.4 Administración del Mantenimiento**

### 3.5.3.1 Requisitos para la administración del mantenimiento

Diversas ideas administrativas clave proporcionan las bases para una administración efectiva de mantenimiento, a continuación nombramos las principales.<sup>35</sup>

- La responsabilidad de mantenimiento recae sobre el gerente.
- La actitud y capacidad administrativa del ingeniero de mantenimiento son factores críticos para la efectividad de mantenimiento.

<sup>34</sup> [http://www.lacatedra.com/isid/lacatedra/file.php/1/Biblioteca\\_libroplan2007.PDF](http://www.lacatedra.com/isid/lacatedra/file.php/1/Biblioteca_libroplan2007.PDF)

<sup>35</sup> IDEM 20.

- La clave para el uso óptimo de los recursos, es la planificación de un sistema formal de administración de mantenimiento.
- Un control efectivo de la administración de mantenimiento exige que se establezcan metas realistas de cumplimiento, poner atención a las variaciones significativas y tomar acciones correctivas inmediatas.
- Los reportes administrativos precisos y puntuales son esenciales para la administración de mantenimiento.
- La planificación del mantenimiento es el proceso continuo de equilibrar los recursos de mano de obra, materiales, dinero y equipamiento con las necesidades de la Planta.

### **3.5.3.2 Propósitos de la administración de mantenimiento**

Entre los principales propósitos a conseguir en una eficiente administración de mantenimiento podemos enunciar los siguientes:

- Implementar y actualizar un sistema de mantenimiento programado.
- Proporcionar un control efectivo de la gestión de mantenimiento.
- Determinar la información detallada para identificar las áreas problema que necesiten atención específica.
- Proporcionar un nivel adecuado de mantenimiento acorde a las exigencias de la Planta.
- Releva al supervisor de mantenimiento las tareas administrativas diarias que interfieran el liderazgo del equipo de trabajo.

## **3.6 PRINCIPALES CAUSAS DE FALLAS**

Toda instalación destinada a producir un bien o un servicio, debe ser mantenida en condiciones que le permitan seguir en funcionamiento, para que de esta forma se pueda conseguir un producto de determinada calidad y a un costo lo más bajo posible. La persona encargada del mantenimiento de cualquier tipo de instalación debe ofrecer la reparación de los desperfectos que surjan y las modificaciones necesarias para que estos no aparezcan<sup>36</sup>.

---

<sup>36</sup> IDEM 19, pág. 24.

No podemos conformarnos con detectar una falla y repararla, lo importante es descubrir el origen del desperfecto prever que no se repita en el futuro. Es una tarea de aprendizaje, utilizando la experiencia propia y ajena, que nos va permitiendo predecir cualquier inconveniente en la producción.

### **3.6.1 DEFINICIÓN**

Se puede definir como falla al deterioro o desperfecto en las instalaciones, máquinas o equipos que no permite su normal funcionamiento.

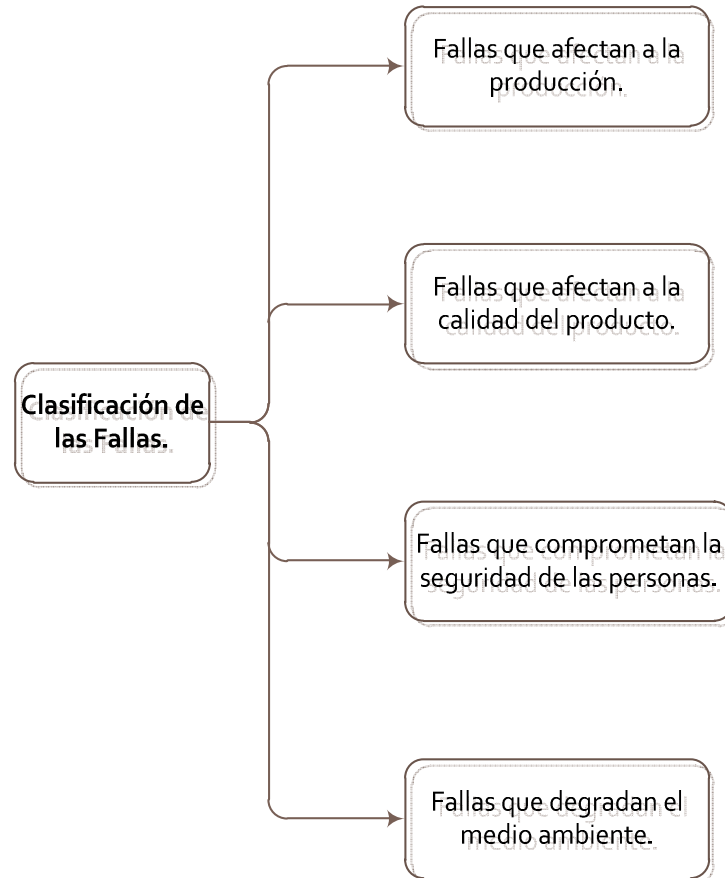
Las instalaciones, máquinas o equipos son diseñados para alcanzar ciertos niveles de producción, y también deben entregar un producto con una calidad esperada. Cualquier circunstancia que haga descender el nivel de calidad debe ser considerada como falla.

Es importante tener en cuenta que si el estado de algún equipo pone en riesgo la seguridad de personas o el buen funcionamiento de la instalación, también estamos ante una falla. El ambiente es esencial para cualquier actividad humana, y mantenerlo descontaminado debe ser un objetivo que en un proceso de fabricación no se puede perder de vista.

El normal funcionamiento de una instalación implica mantener el nivel productivo, la calidad del producto, la seguridad de las personas y la calidad del medio ambiente.

### **3.6.2 CLASIFICACIÓN**

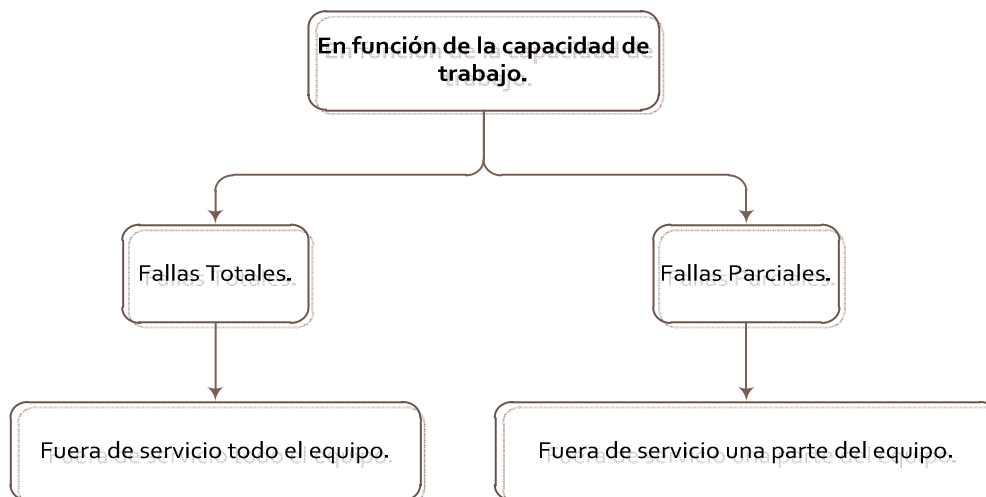
Los distintos aspectos que una actividad productiva implica, nos permiten clasificar las fallas como se observa en la figura 3.5.



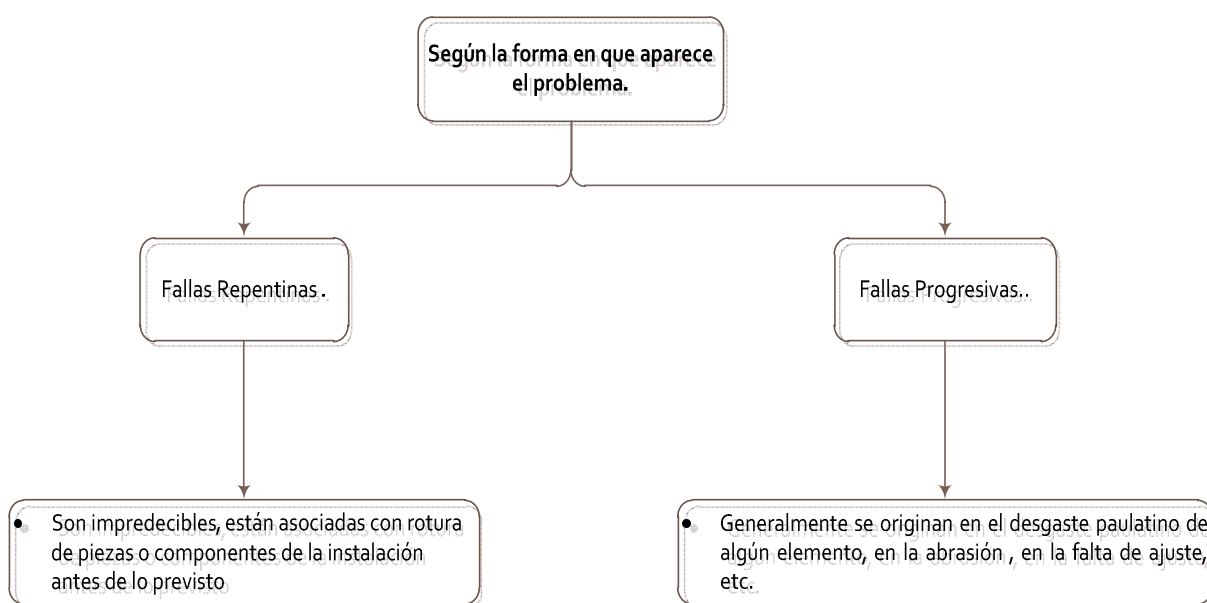
**Fig. 3.5 Clasificación de las Fallas**

Los dos primeros tipos de fallas afectan al producto en su calidad y/o cantidad y los otros dos afectan el entorno. En la realidad se producen fallas que combinan los casos de la clasificación anterior, como también se pueden dar otras clasificaciones si tomamos diferentes conceptos como parámetro.

Esta clasificación es importante desde el punto de vista de la producción, pero desde la perspectiva del mantenimiento, pueden ser interesantes otros tipos de clasificaciones, como se puede observar en la figura 3.6 y en la figura 3.7.



**Figura 3.6 Clasificación de las fallas en función de la capacidad del trabajo**



**Fig. 3.7 Clasificación de las fallas según la forma en la que aparece el problema**

### 3.6.3 ORIGEN DE LAS FALLAS.

En este punto se analizará la mayor parte de causas que originan las fallas.



### 3.6.3.1 El mal diseño o error de cálculo en las máquinas o equipos

Se dan casos en los cuales el propio fabricante, por desconocer las condiciones en las que trabajará, realiza un diseño no adecuado de las máquinas o equipos. Se puede estimar este error en un 12% del total de las fallas.

Este tipo de situación es muy difícil de revertir, y es probable que tengamos que asumir un alto índice de desperfectos.

En muchas ocasiones los diseños con ángulos rectos de 90° generan grandes concentradores de esfuerzo y en consecuencia el agrietamiento prematuro de las piezas. En la figura 3.8 se observa una falla por error de diseño.



**Fig. 3.8 Falla por error de diseño**

Fuente: [http://www.metalactual.com/revista/13/procesos\\_diseno.pdf](http://www.metalactual.com/revista/13/procesos_diseno.pdf)

### 3.6.3.2 Defectos de fabricación de las instalaciones, máquinas o equipos

Si en la fabricación se descuida el control de la calidad de los materiales, o de los procesos de fabricación de las piezas que los conforman; las instalaciones, máquinas o equipos pueden poseer defectos que se subsanan reemplazando la pieza defectuosa así lo muestra la figura 3.9.

Durante el diseño es muy importante seleccionar el material adecuado según los requerimientos técnicos y su funcionalidad, de lo contrario la pieza sufrirá un desgaste prematuro.

Este tipo de error se puede encontrar en un 10 % del total de las fallas.



**Fig. 3.9 Falla por defectos de fabricación**

Fuente: [http://www.metalactual.com/revista/13/procesos\\_diseno.pdf](http://www.metalactual.com/revista/13/procesos_diseno.pdf)

### 3.6.3.3 Mal uso de las instalaciones máquinas o equipos

Es el más frecuente de los casos de fallas, y se producen por la falta de conocimiento al instante de operarlas, o por ser utilizadas para realizar trabajos para los cuales no fueron diseñadas. Este tipo de error alcanza un 40% del total de las fallas. Este tipo de falla se puede apreciar en la figura 3.10.



**Fig. 3.10 Falla por Sobrecarga en tensión y torsión**

Fuente: [http://www.metalactual.com/revista/13/procesos\\_diseno.pdf](http://www.metalactual.com/revista/13/procesos_diseno.pdf)

### 3.6.3.4 Desgaste natural o envejecimiento por el uso

Debido al paso del tiempo y al trabajo cotidiano de las instalaciones, máquinas o equipos, estos alcanzan niveles de desgaste, de abrasión, de corrosión, etc., figura 3.11. A este tipo de error se estima un 10% del total de las fallas.



**Fig. 3.11 Desgaste natural de un eje.**

Fuente: [http://www.metallactual.com/revista/13/procesos\\_diseno.pdf](http://www.metallactual.com/revista/13/procesos_diseno.pdf)

### **3.6.3.5 Fenómenos naturales y otras causas**

Las condiciones atmosféricas pueden influir en el normal funcionamiento de las instalaciones, máquinas o equipos, y junto con otro tipo de fallas pueden ocasionar rupturas y paradas imprevistas de la producción, se estima con un error del 27% del total de las fallas.

### **3.6.4 MEDIOS PARA EL ANÁLISIS DE FALLOS**

Antes de investigar un problema, es fundamental asegurarse que se lo comprende perfectamente.

Esto supone definir los síntomas del problema y comprender el proceso que lo provoca, así se evita desperdiciar esfuerzos innecesariamente. Cuando se comprende y se define un problema se ha avanzado bastante en su resolución.

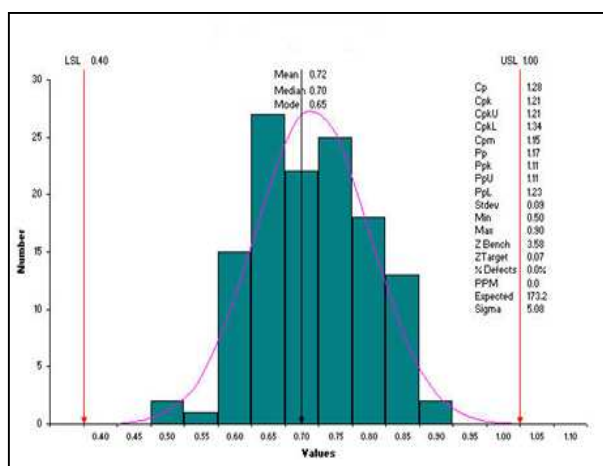
Existen diversos medios para el análisis de fallos entre los cuales podemos especificar los más utilizados para este análisis.

#### **3.6.4.1 Histograma**

Un histograma, figura 3.12, es un gráfico de barras verticales que representa la distribución de un conjunto de datos, el mismo que nos ayudará a comprender la tendencia central, dispersión y frecuencias relativas de los diferentes valores.

Muestra grandes cantidades de datos dando una visión clara y sencilla de su distribución<sup>37</sup>.

En este caso mediante un histograma puede determinarse en qué grado el proceso está produciendo buenos resultados y hasta qué punto existen desviaciones respecto a los límites fijados en las especificaciones. Proporciona, mediante el estudio de la distribución de los datos, un excelente punto de partida para generar hipótesis acerca de un funcionamiento insatisfactorio.



**Fig. 3.12 Histograma de Frecuencia**

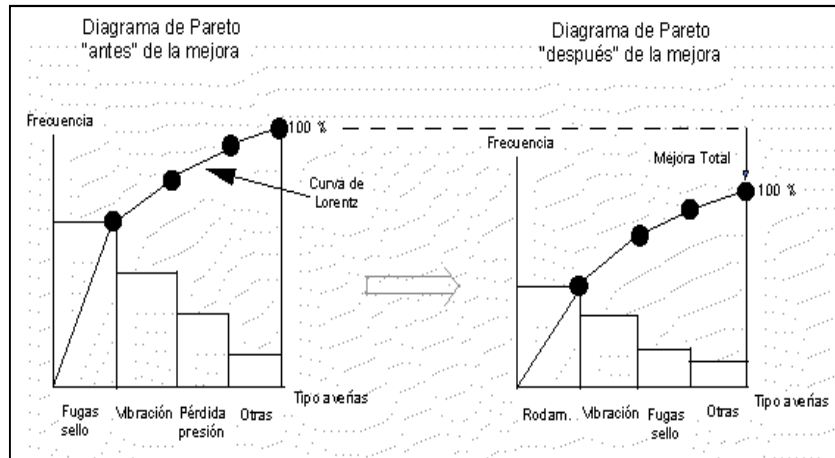
### 3.6.4.2 Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto, figura 3.13, es un instrumento que permite graficar por orden de importancia, el grado de contribución de causas que estamos analizando o el conjunto de problemas que queremos estudiar. Se trata de clasificar los problemas, causas vitales y triviales<sup>38</sup>. Así se puede observar en la figura 3.13.

Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos.

<sup>37</sup>AGUINAGA A., (2005), "*Mantenimiento y Confiabilidad*", EPN, Quito, Ecuador, Pag.34.

<sup>38</sup> IDEM 19, Pág. 31.



**Fig. 3.13 Diagrama de Pareto Comparativo Antes y Después de la Mejora**

#### 3.6.4.2.1 Pasos para construir el Diagrama de Pareto

1. En el primer paso se decide la clase de problema que será investigado. Se define el cubrimiento del análisis, si se realiza a una máquina completa, una línea o un sistema de cierto equipo. Se decide qué datos serán necesarios y la forma de como clasificarlos. Este punto es fundamental, ya que se pretende preparar la información para facilitar su estratificación posterior.
2. Preparar una hoja de recogida de datos. Si la empresa posee un programa informático para la gestión de los datos, se preparará un plan para realizar las búsquedas y la clasificación de la información que se desea. Es en este punto cuando se puede realizar la estratificación de la información sugerida anteriormente.
3. Clasificar en orden de magnitud la información obtenida. Se recomienda indicar con letras (A, B, C,...) los temas que se han ordenado.
4. Dibujar dos ejes verticales izquierdo y derecho y otro horizontal.
  - 1) Eje vertical.
    - En el eje vertical a la izquierda se marca una escala desde 0 hasta el total acumulado.
    - En el eje vertical de la derecha se marca una escala desde 0 hasta 100%.
  - 2) Eje horizontal.

- Se divide este eje en un número de intervalos de acuerdo al número de clasificaciones que se pretende realizar.
  - Se escribe el tipo de avería que se ha presentado en el equipo que se estudia.
- 3) Construir el diagrama de barras.
  - 4) Marcar con un punto los porcentajes acumulados y unir comenzando desde cero cada uno de estos puntos con líneas rectas obteniendo como resultado la curva acumulada. A esta curva se le conoce como la curva de Lorentz.
  - 5) Escribir notas de información del diagrama como título, unidades, nombre de la persona que elaboró el diagrama, período comprendido y número total de datos.

Para resumir decimos que un diagrama de Pareto es el primer paso para eliminar las averías importantes del equipo. En todo estudio los siguientes aspectos se deben tener en cuenta:

- Toda persona involucrada deberá colaborar activamente.
- Concentrarse en la variable que mayor impacto produzca en la mejora.
- Establecer una meta para la mejora.

Con la cooperación de todos se podrán obtener excelentes resultados. Uno de los objetivos del Diagrama de Pareto es el de mostrar a todas las personas las áreas prioritarias en que se deben concentrar todas las actividades y el esfuerzo del equipo.

El Diagrama de Pareto presenta claramente la magnitud relativa de los problemas y suministra a los técnicos una base de conocimiento común sobre la cual trabajar. Una sola mirada basta para detectar cuales son las barras del diagrama que componen el mayor porcentaje de los problemas. La experiencia demuestra que es más fácil reducir a la mitad una barra alta que reducir una barra de reducida altura a cero.

### 3.6.4.3 Diagrama de Ishikawa

Denominado también diagrama causa-efecto, este diagrama se utiliza para representar la relación entre algún efecto y todas las causas posibles que lo pueden originar.

Todo tipo de problema, como el funcionamiento de un motor o una lámpara que no enciende, puede ser sometido a este tipo de análisis.

Generalmente, se lo presenta con la forma del espinazo de un pez, de donde toma el nombre alternativo diagrama de espina de pescado, también se lo llama de diagrama Causa – Efecto o diagrama de Ishikawa que es quién lo impulsó.

Aunque en su desarrollo y uso posterior se presenta en distintas variantes, el eje o espina principal del diagrama se entiende como el resultado o efecto más importante.

Las espinas transversales representan las causas, se puede comenzar con las llamadas *5M* como factores causales básicos: mano de obra o trabajo, materia prima, maquinaria, métodos, medio ambiente.

Nuevas espinas de menor jerarquía representan causas en el siguiente nivel, las cuales conviene agruparlas por tipos, al modo de ejemplo las originadas por motivos eléctricos, otras por elementos mecánicos, etc. Cada grupo se dispone en un subeje.

La construcción de este diagrama presenta un esquema gráfico que permite efectuar un análisis de las causas que influyen sobre el efecto objeto de estudio.

El análisis causa-efecto puede dividirse en tres etapas:

- Definición del efecto que se desea estudiar.
- Construcción del diagrama causa-efecto.
- Análisis causa-efecto del diagrama construido.

#### 3.6.4.3.1 Construcción del diagrama Ishikawa

La construcción del diagrama Ishikawa, figura 3.14 se inicia escribiendo el efecto que se desea estudiar en el lado derecho de una hoja de papel. A ello debe seguir la búsqueda de todas las posibles causas que sobre él influyen.

Para esa búsqueda se pueden seguir tres métodos, que se diferencian por la forma en que se realiza y son los siguientes:

- Método de la Clasificación de las Causas.
- Método por Fases del Proceso.
- Método por Enumeración de las Causas.

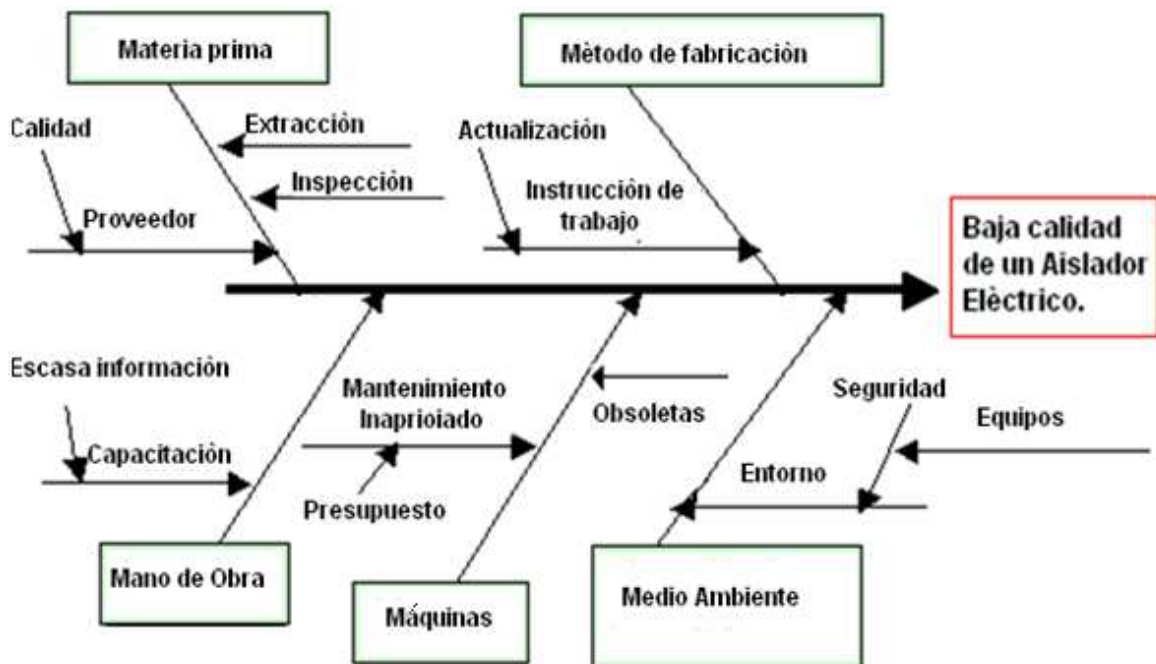


Fig. 3.14 Diagrama de Ishikawa

Fuente: Ávila – Rodríguez.

#### 3.6.4.4 Diagrama de dispersión

A veces interesa saber si existe algún tipo de relación entre dos variables. Por ejemplo, puede ocurrir que dos variables estén relacionadas de tal manera que al aumentar el valor de la una variable, se incremente el valor de la otra.

En este caso hablaríamos de la existencia de una correlación positiva. También podría ocurrir que al producirse la una en un sentido, la otra derive en el sentido



contrario; por ejemplo, al aumentar el valor de la variable x, se reduzca el valor de la variable y, entonces se estaría ante una correlación negativa<sup>39</sup>.

Si los valores de ambas variables se revelan independientes entre sí, se afirma que no existe correlación.

Se trata de una herramienta especialmente útil para estudiar e identificar las posibles relaciones entre los cambios observados en dos conjuntos diferentes de variables, además suministra los datos para confirmar la hipótesis de las variables que se encuentran relacionadas y proporciona un medio visual para probar la fuerza de una posible relación.

#### **3.6.4.5 Análisis de árbol de fallos**

El método de análisis del “Árbol de Fallos”, se trata de un método deductivo de análisis que parte de la previa selección de un suceso no deseado que se puede evitar, sea este un accidente de gran magnitud como por ejemplo una explosión, fuga, derrame, etc., o ya sea un suceso de menor importancia como por ejemplo el fallo de un sistema de corriente, etc., para averiguar en ambos caso el origen de los mismos.

A continuación, de manera sistemática y lógica se presentan las combinaciones de las situaciones que pueden dar lugar a la producción del evento a evitar, conformando niveles sucesivos de tal manera que cada suceso esté generado a partir de sucesos del nivel inferior, siendo el nexo de la unión entre niveles la existencia de operadores o puertas lógicas.

El árbol de fallos se desarrolla en sus distintas ramas hasta alcanzar una serie de sucesos básicos, los mismos que son denominados así porque no precisan de otros anteriores a ellos para ser explicados.

También alguna rama puede terminar por alcanzar un suceso no desarrollado en otros, sea por falta de información o por la poca utilidad de analizar las causas que lo producen.

Los nudos de las diferentes puertas y los sucesos básicos no desarrollados deben estar claramente identificados.

---

<sup>39</sup> IDEM 37, Pág. 37

Los sucesos básicos no desarrollados que se encuentran en la parte inferior del árbol de fallos se caracterizan por los siguientes aspectos:

- Son independientes entre ellos.
- Las probabilidades de que acontezcan pueden ser calculadas o estimadas.

#### **3.6.4.6 Matriz de priorización de criterios de Holmes**

La matriz de priorización es una herramienta para el análisis, comparación y solución de problemas, que contribuye a establecer prioridades en la toma de decisiones<sup>40</sup>. Se basa en ubicar las actividades en una tabla, para luego efectuar una comparación entre cada una de estas, con una clasificación previamente elegida.

Al finalizar la colocación de datos en la tabla se procede a sumar cada una de las ponderaciones con las que ha sido clasificada cada operación, para luego obtener los respectivos porcentajes, aquellos que sean mayores son los procesos de priorización.

Para establecer la importancia entre los diferentes equipos y poder determinar la prioridad que será requerida por cada máquina, es conveniente estudiar cada equipo con respecto al conjunto de instalaciones con que cuenta la empresa.

Este análisis es conveniente realizarlo según los siguientes parámetros como son producción, calidad, mantenimiento, medio ambiente, seguridad.

A continuación se nombra algunas de las utilidades de la matriz de priorización.

- Decidir o seleccionar entre alternativas de dificultades.
- Decidir o seleccionar entre alternativas de causas.
- Decidir o seleccionar entre alternativas de soluciones.
- Decidir o seleccionar entre alternativas de pasos de implementación.

##### *3.6.4.6.1 Elementos de la Matriz de Priorización*

Una matriz de priorización está constituida por los siguientes elementos:

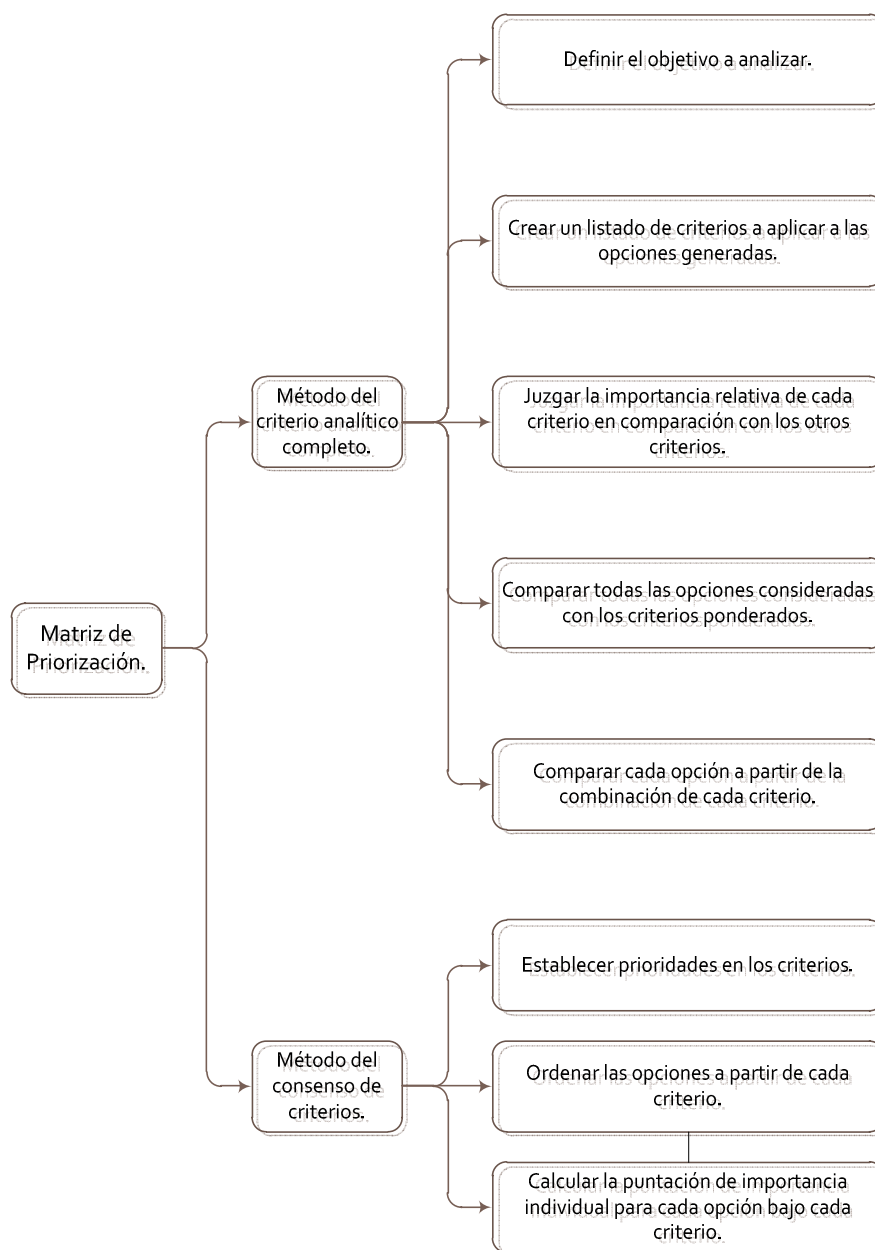
- Estrategias: Las cuales están formadas por variables controladas que son las alternativas u opciones que se pueden seguir.

---

<sup>40</sup>[http://www.profes.net/rep\\_documentos/Propuestas\\_Bachillerato/matriz\\_priorización\\_1.pdf](http://www.profes.net/rep_documentos/Propuestas_Bachillerato/matriz_priorización_1.pdf)

- Estados de naturaleza: Son las variables no controladas, representan las situaciones o los sucesos en los que no se puede influir y se condicionan a la decisión que se tome.
- Probabilidades: Son las posibilidades que se produzca cada estado de la naturaleza.
- Resultados: Son las conclusiones esperadas en cada una de las estrategias, dado un estado concreto de la naturaleza.

En la fig. 3.15 se muestra los pasos para la realización de una matriz de priorización.



**Fig. 3.15 Criterios para la elaboración de la matriz de priorización**

### 3.6.4.7 Análisis de Modo de Fallos y Efectos (A.M.F.E.)

Un análisis de modo de fallos y efectos (A.M.F.E.) es un procedimiento de análisis de fallos potenciales en un sistema de clasificación, determinado por la gravedad o por el efecto de los fallos en el sistema<sup>41</sup>.

Es utilizado habitualmente por empresas manufactureras en varias fases del ciclo de vida del producto, y recientemente se está utilizando también en la industria de servicios.

En un A.M.F.E., se otorga una prioridad a los fallos dependiendo de cuan serias sean sus consecuencias, la frecuencia con la que ocurren y con qué dificultad pueden ser localizadas.

La finalidad de un A.M.F.E. es eliminar o reducir los fallos, comenzando por aquellos con una prioridad más alta. Puede ser también utilizado para evaluar las prioridades de la gestión del riesgo.

#### 3.6.4.7.1 *Proceso para la elaboración de un A.M.F.E.*

El proceso para conducir un A.M.F.E se desarrolla en tres fases principales en las cuales las acciones adecuadas deben ser definidas, pero antes de comenzar con un A.M.F.E es importante completar un trabajo previo que asegure que información sobre la resistencia y la historia del producto son incluidas en el análisis.

Para comenzar, es necesario describir el sistema y su función, ya que un buen entendimiento del mismo simplifica su análisis. De esta forma un ingeniero puede comprobar que usos del sistema son adecuados y cuáles no. Es importante considerar los usos tanto intencionados como no intencionados. Los usos no intencionados son un tipo de entorno hostil.

A continuación debe crearse un diagrama de bloques del sistema. Este diagrama ofrece una visión general de los principales componentes o pasos en el proceso, y como estos están relacionados entre sí. Esto recibe el nombre de relaciones lógicas, alrededor de las cuales puede desarrollarse un A.M.F.E. La creación de un sistema de codificación para identificar las diferentes partes o procesos es muy recomendable y útil.

Antes de comenzar el A.M.F.E. debe crearse una hoja de trabajo con las necesidades y que contenga la información importante sobre el sistema como

---

<sup>41</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_modal\\_de\\_fallos\\_y\\_efectos](http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_modal_de_fallos_y_efectos)

fecha de revisión o nombre de los componentes. En esta hoja de trabajo todos los ítems o funciones o el título deben ser listados de una forma lógica, basada en diagramas de bloques.

#### 3.6.4.7.2 *Medidas de ensayo y control*

- **Gravedad:** Determinar todos los modos de fallos basados en los requerimientos funcionales y sus efectos.

Ejemplos de modos de fallos son: cortocircuitos eléctricos, corrosiones o deformaciones. Ejemplos de efectos de fallos son: rendimiento bajo, ruido y daños a un usuario. Cada efecto recibe un número de severidad (G) que van desde el 1 (sin peligro) a 10 (crítico).

Estos números ayudarán a los ingenieros a priorizar los modos de fallo y sus efectos. Si la severidad de un efecto tiene un grado 9 o 10, se debe considerar cambiar el diseño eliminando el modo de fallo o protegiendo al usuario de su efecto. Un grado 9 o 10 está reservado para aquellos efectos que causarían daño al usuario.

- **Frecuencia:** En este paso es necesario observar la causa del fallo y determinar con qué frecuencia ocurre. Esto puede lograrse mediante la observación de productos o procesos similares y la documentación de sus fallos.

La causa de un fallo está vista como un punto débil del diseño.

Todas las causas potenciales de modo de fallos deben ser identificadas y documentadas utilizando terminología técnica. Ejemplos de causas son: voltaje excesivo o condiciones de funcionamiento inadecuadas.

Un modo de fallos recibe un número de probabilidad (F) que puede ir del 1 al 10. Las acciones deben ser desarrolladas si la incidencia es alta (>4 para fallos no relacionados con la seguridad y >1 cuando el número de severidad del paso 1 es de 9 o 10). Este paso se conoce como el desarrollo detallado del proceso del A.M.F.E.

- **Detectabilidad:** Cuando las acciones adecuadas se han determinado, es necesario comprobar su eficiencia y realizar una verificación del diseño. Debe seleccionarse el método de inspección adecuado. En primer lugar un ingeniero debe observar los controles actuales del sistema que impidan los

modos de fallos o bien que lo detecten antes de que alcance al consumidor.

Posteriormente deben identificarse técnicas de testeo, análisis y monitorización que hayan sido utilizadas en sistemas similares para detectar fallos. De estos controles, un ingeniero puede conocer que posibilidad hay de que ocurran fallos y como detectarlos. Cada combinación de los dos pasos anteriores recibe un número de detección (D).

Este número representa la capacidad de los test planificados y las inspecciones de eliminar los defectos y detectar modos de fallos.

Tras estos tres pasos básicos se calculan los índices de prioridad del riesgo (IPR).

#### 3.6.4.7.3 *Índice de prioridad del riesgo*

Los índices de prioridad del riesgo no son una parte importante de los criterios de selección de un plan de acción contra los modos de fallo. Son un parámetro de ayuda en la evaluación de estas acciones.

Después de evaluar la gravedad, frecuencia y detectabilidad los índices de prioridad del riesgo se pueden calcular multiplicando estos tres índices con la ecuación 3.10, lo cual debe realizarse para todo el proceso o diseño.

$$I = G \times F \times D \quad \text{Ec. 3.10}$$

Una vez calculado, es fácil determinar las áreas que deben ser de mayor preocupación. Los modos de fallo que tengan un mayor índice de prioridad del riesgo deben ser los que reciban la mayor prioridad para desarrollar acciones correctivas.

Esto significa que no son siempre los modos de fallo con los índices de gravedad más altos los que deben ser solucionados primero.

Pueden existir fallos menos graves, pero que ocurran más a menudo y sean menos detectables.

#### 3.6.4.7.4 *Interpretación de resultados*

Al analizar los resultados del A.M.F.E. se deberá actuar en aquellos puntos prioritarios para la optimización del diseño del producto/servicio.

Estos puntos son los que tienen un NPR elevado y los de Índice de Gravedad más alto.

Las acciones que se realizan como consecuencia del análisis del resultado del A.M.F.E. sólo se pueden orientar a:

- Reducir la probabilidad de ocurrencia. Hay que cambiar el diseño del proceso o del producto.
- Aumentar la probabilidad de localización.

Una interpretación errónea puede provenir de:

- No haber identificado todas las funciones o prestaciones del objeto de estudio, o bien, no corresponden dichas funciones con las necesidades y expectativas del usuario o cliente.
- No considerar todos los modos de fallo potenciales por creer que alguno de ellos no podría darse nunca.
- Realizar una identificación superficial de causas posibles.
- Un cálculo de los índices de frecuencia y detectabilidad basados en probabilidades no suficientemente contrastadas con los datos históricos de productos o servicios semejantes.

#### 3.6.4.7.5 *Ventajas*

- Mejora de la calidad, fiabilidad y seguridad de un producto o proceso.
- Mejorar la imagen y competitividad de la organización.
- Reducir el tiempo y coste de desarrollo del sistema.
- Recopilación de información para reducir fallos futuros y capturar conocimiento de ingeniería.
- Identificación y eliminación temprana de problemas potenciales.

### 3.6.5 **COSTOS DE MANTENIMIENTO**

Tenemos que destacar la importancia que tiene en mantenimiento conseguir que los costos sean lo más bajos posible. Alcanzar un bajo costo de mantenimiento es de mucha importancia, ya que el costo de mantenimiento durante las reparaciones es una parte importante del precio final del producto, independientemente de la gestión de mantenimiento.<sup>42</sup>

---

<sup>42</sup> IDEM 19, Pág. 234.

### 3.6.5.1 Tipos de costos de mantenimiento

El mantenimiento involucra diferentes costos: directos, indirectos, generales, de tiempos perdidos y de posponer el mantenimiento<sup>43</sup>.

El costo de posesión de un equipo comprende cuatro aspectos:

- El costo de adquisición: los cuales están conformados de:
  - Costos administrativos de compra.
  - Impuestos.
  - Aranceles.
  - Transporte.
  - Seguros.
  - Comisiones.
  - Montaje.
  - Instalaciones. Etc.
- El costo de operación: Incluye los costos de:
  - Mano de obra.
  - Materia prima.
  - Todos los gastos directos de la producción.
- El costo de mantenimiento: que está compuesto por:
  - Mano de obra (directo).
  - Repuestos y Materiales (directo).
  - Herramientas (directo).
  - Administración (indirecto).
  - Generales.
  - Tiempo perdido de producción que incluye:
    - Producto perdido.
    - Horas extras de reparación.
- Costo de dar la baja al equipo: al hacerse obsoleto.

#### 3.6.5.1.1 Costos de mantenimiento directos

Están relacionados con el rendimiento de la empresa y son menores si la conservación de los equipos es mejor, influyen la cantidad de tiempo que se emplea el equipo y la atención que requiere; estos costos son fijados por la

---

<sup>43</sup> <http://www.emagister.com/curso-mantenimiento-industrial-1-3/mantenimiento-industrial-repuestos>



cantidad de revisiones, inspecciones y en general las actividades y controles que se realizan a los equipos, comprendiendo:

- Costos de mano de obra directa.
- Costos de materiales y repuestos.
- Costos asociados directamente a la ejecución de trabajos: consumo de energía, alquiler de equipos, etc.
- Costos de la utilización de herramientas y equipos.
- Los costos de los servicios se calculan por estimación proporcional a la capacidad instalada.

#### 3.6.5.1.2 *Costos de mantenimiento indirectos*

Son aquellos que no pueden atribuirse de una manera directa a una operación o trabajo específico. En mantenimiento, es el costo que no puede relacionarse a un trabajo específico. Por lo general suelen ser: la supervisión, almacén, instalaciones, servicio de taller, accesorios diversos, administración, etc.

Con el fin de contabilizar los distintos costos de operación del área de mantenimiento, es necesario utilizar alguna forma para prorratearlos entre los diversos trabajos, así se podrá calcular una tasa de consumo general por hora de trabajo directo, dividiendo este costo por el número de horas totales de mano de obra de mantenimiento asignadas.

#### 3.6.5.1.3 *Costos de tiempos perdidos*

Son aquellos que aunque no están relacionados directamente con Mantenimiento pero si están originados de alguna forma por éste; tales como:

- Paros de producción.
- Baja efectividad.
- Desperdicios de material.
- Mala calidad.
- Entregas en tiempos no prefijados (demoras).
- Pérdidas en ventas, etc.

Para ello, debe contar con la colaboración de mantenimiento y producción, pues se debe recibir información de tiempos perdidos o paro de máquinas, necesidad de materiales, repuestos y mano de obra estipulados en las ordenes de trabajo, así como la producción perdida, producción degradada.

Una buena inversión en mantenimiento no es un gasto sino una potencial fuente de utilidades. Las utilidades son máximas cuando los costos de producción son óptimos. Existe una relación que deben tener entre si los costos de Mantenimiento:

“Mano de obra, los repuestos, los insumos, utilización de herramientas y el tiempo perdido para que su suma sea mínima”.

Uno de los costos que no encaja en los diversos costos que han quedado descritos, es la determinación o predicción del costo que puede representar el posponer el mantenimiento.

#### 3.6.5.1.4 Costos generales

Son los costos en que incurre la empresa para sostener las áreas de apoyo o de funciones no propiamente productivas.

Para que los gastos generales de mantenimiento tengan utilidad como instrumento de análisis, deberán clasificarse con cuidado, a efecto de separar el costo fijo del variable, en algunos casos se asignan como directos o indirectos.

#### 3.6.5.2 Cálculo de costos.

##### 3.6.5.2.1 Costo del ciclo de vida (CCV)

$$CCV = CI + NY(CO + CM + CP) \quad \text{EC. 3.11}$$

**Tabla 3.1 Simbología costo ciclo de vida**

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
CCV	Costo del ciclo de vida.
CI	Costo de inversión.
CO	Costo anual de operación.
CM	Costo anual de mantenimiento.
CP	Costo anual de tiempos de parada.
NY	Número de años para el cálculo.

3.6.5.2.2 *Costo de inversión (CI)*

$$CI = CIM + CIB + CIF + CIR + CIH + CID + CIE \quad \text{EC. 3.12}$$

**Tabla 3.2 Simbología costo de inversión**

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
CI	Costos de inversión.
CIM	Inversión en equipos para producción, mecánicos, eléctricos e instrumentos.
CIB	Inversiones en edificios y vías.
CIF	Inversión en instalaciones eléctricas.
CIR	Inversión en repuestos.
CIH	Inversión en herramientas y equipos para mantenimiento.
CID	Inversión en documentación.
CIE	Inversión en entrenamiento de operarios.

3.6.5.2.3 *Costos anuales de operación.*

$$CO = COP + COE + COM + COT + CCE \quad \text{EC.3.13}$$

**Tabla 3.3 Simbología costo anual de operación**

SIMBOLOGÍA	SIGNIFICADO
COP	Costos del personal de operación.
COE	Costos de energía.
COM	Costos de materiales de operación.
COT	Costos de transporte.
CCE	Costos de entrenamiento continuo de los operadores.

#### 3.6.5.2.4 Costo anual de tiempos de parada

$$CS = NT * TPM * CCP \quad \text{EC. 3.14}$$

**Tabla 3.4 Simbología costo anual del tiempo de paradas**

SIMBOLOGÍA	SIGNIFICADO
NT	Número de veces por año que el equipo se para por mantenimiento.
MDT	Tiempo de parada promedio.
CPP	Costos de la pérdida de producción por hora.

#### 3.6.5.3 Presupuestos y su control

El presupuesto no sólo constituye un instrumento de gestión para el control de la eficacia del mantenimiento sino que, sobre todo, debe ser una herramienta de planificación si se aprovecha su confección para hacer una profunda reflexión sobre el servicio que debemos implantar.

Para garantizar un presupuesto confiable pueden utilizarse cifras de costo real, del estado pasado o del presente, y datos relativos a la maquinaria, a las gestiones de mantenimiento, a los costos de mano de obra y sus factores de recargo, a los precios presentes y futuros de los materiales en el mercado, al conocimiento de los procesos que hay que realizar y a los tiempos necesarios, aplicando un buen criterio a todos esos elementos.

El mantenimiento a fin de asegurar un correcto funcionamiento de un presupuesto debe verificar algunas normas:

- No debe ejecutarse en mantenimiento ninguna labor sino está presupuestado su costo.
- Todas las peticiones de trabajo deben ser aprobadas por un responsable del costo de los mismos del sistema al que realizará.

- Todos los costos de trabajo deben dirigirse periódicamente a los clientes con las observaciones necesarias.
- Debe remitirse por cada concepto un balance mensual conteniendo el importe de la facturación del mes y su desviación del presupuesto para permitir el conocimiento exacto de su presupuesto y gasto de mantenimiento.
- Cuando funciona un control presupuestario una posibilidad de reducir sensiblemente los trabajos realizados de emergencia o las modificaciones durante los trabajos, consiste en realizarlos con un factor de recargo.
- Los gastos de mantenimiento por mantenimiento y suministro de electricidad, aire comprimido, refrigeración, se dividen entre los diversos servicios de fabricación, con base a factores como el número de operarios o contribución en el proceso en tiempo o utilidad.
- El control contable ha permitido igualmente a ciertas empresas una lucha eficaz contra la falta de espacio, facturando la superficie ocupada por cada uno de sus propios servicios.
- El sistema de solicitud de servicio y órdenes de trabajo facilita la presentación de informes de costos por oficinas actividades, centros de costos, código contable del repuesto, componente intervenido, facilitan la elaboración de presupuestos, en este caso el factor incierto es la confiabilidad del registro de los documentos fuentes.

#### **3.6.5.4 Reemplazo de Equipos**

Aquí se trata de evaluar el periodo óptimo de reemplazo de equipos. Ello se justifica por el incremento en los costos de mantención y operación. El criterio a utilizar es la minimización del costo medio durante la vida del equipo. Factores tales como la depreciación y la inflación serán tomados en cuenta.

El problema de optimización inicial considera la minimización del costo global por unidad de tiempo considerando la compra, la reventa y los costos de operación y mantención del equipo considerado.

El objetivo principal, es determinar el momento de reemplazo de un equipo y las alternativas relevantes, servicio externo, alianzas, desde una perspectiva global tanto técnica como económica.

En consecuencia los aspectos relevantes a considerar son:

- Las dos funciones productivas asociadas al equipo: operación y mantenimiento.
- El conjunto de equipos del que forma parte.
- Las alternativas frente al reemplazo.

El análisis técnico-económico de la operación de un determinado proceso define un nivel de servicio expresado en unidades físicas, de tiempo o una combinación de ambas; además, entrega una estimación de los tiempos de espera asociados al proceso.

Las políticas de mantenimiento y de operación determinan la confiabilidad. Además, dichas políticas establecen los costos y tiempos de mantenimiento y reparación.

Si se tiene claramente determinado el parque óptimo, se podrá desarrollar el adecuado reemplazo de equipos, buscando minimizar el costo total cuando esto ocurra, así como establecer políticas de mantenimiento, inventario y confiabilidad.

Al analizar las alternativas oponentes se debe tener en cuenta el beneficio de adquirir tecnologías conocidas y el de probar nuevas. En este punto la decisión se debe tomar con participación de mantenimiento y operaciones.

#### **3.6.5.5 Gestión de los Repuestos**

Desde un punto de vista práctico, con el objetivo de fijar el stock de repuestos, la clasificación que podemos hacer puede ser la siguiente:

Tipo A: Piezas que es necesario tener en stock en la planta, pues un fallo supondrá una pérdida de producción inadmisibles. Este, a su vez, es conveniente dividirlo en tres categorías:

- Material que debe adquirirse necesariamente al fabricante del equipo. Suelen ser piezas diseñadas por el propio fabricante.
- Material estándar. Es la pieza incorporada por el fabricante del equipo y que puede adquirirse en proveedores locales.

- Consumibles. Son aquellos elementos de duración inferior a un año, con una vida fácilmente predecible, de bajo coste, que generalmente se sustituyen sin esperar a que den síntomas de mal estado. Su fallo y su desatención pueden provocar graves averías.

Tipo B: Piezas que no es necesario tener en stock, pero que es necesario tener localizadas. En caso de fallo, es necesario no perder tiempo buscando proveedor o solicitando ofertas. De esa lista de piezas que es conveniente tener localizadas deberemos conocer, pues, proveedor, precio y plazo de entrega.

Tipo C: Consumibles de consumo habitual. Se trata de materiales que se consumen tan a menudo que es conveniente tenerlos cerca, pues ahorra trámites burocráticos de compra y facilita la operatividad del departamento de mantenimiento.

Tipo D: Piezas que no es necesario prever, pues un fallo en ellas no supone ningún riesgo para la producción de la planta (como mucho, supondrá un pequeño inconveniente).

## **3.7 ETAPAS DE LA GESTIÓN EN EL MANTENIMIENTO**

### **3.7.1 INTRODUCCIÓN**

La Gestión de mantenimiento consiste en coordinar, dirigir y organizar los recursos materiales, humanos y flujos de información destinados al correcto funcionamiento, reparación y prolongación de la vida de los equipos disponibles, para que además de lograr el buen funcionamiento en las labores propias de mantenimiento se consiga una contención del gasto y la optimización de costos. Para que los trabajos de mantenimiento sean eficientes es necesaria la planificación, el control, la planeación del trabajo y la distribución correcta de la fuerza humana.

El mantenimiento representa un arma importante en seguridad laboral, ya que un gran porcentaje de accidentes son causados por desperfectos en los equipos que pueden ser prevenidos. También el mantener las áreas y ambientes de trabajo con adecuado orden, limpieza, iluminación, por lo tanto es parte del mantenimiento preventivo de los sitios de trabajo.

Por lo tanto la Gestión del Mantenimiento se orienta a la búsqueda de metas comunes que deben ser desarrolladas y entendidas con el fin de reducir las restricciones, cuya esencia establece el logro de la excelencia en la organización y sirve para enfocar el prestigio de la empresa.

El mantenimiento efectivo no ocurre por casualidad, existen diversos principios basados en el ciclo Deming que son de vital importancia en la gestión del mantenimiento, y que deben seguirse si una organización quiere lograr su misión.

### 3.7.2 CICLO DEMING PARA EL MANTENIMIENTO

El ciclo Deming, figura 3.16 es utilizado entre otras cosas para la mejora continua de la calidad dentro de una empresa. El ciclo consiste de una secuencia lógica de cuatro etapas repetidas que se deben de llevar a cabo consecutivamente.

Estas etapas son: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar. Dentro de cada uno de los pasos podemos identificar algunas actividades a llevar a cabo, a continuación en la figura 3.16 podemos observar claramente las etapas del ciclo Deming para la mejora continua.



**Fig. 3.16 Etapas del Ciclo Deming**

#### 3.7.2.1 PLANIFICAR

Es un periodo en el cual se divide el objetivo principal en objetivos parciales, metas, y la determinación de las actividades y tareas que se deben realizar para alcanzar los objetivos y metas planteados, esta etapa responde a preguntas como:



- ¿Qué hacer?
- ¿Cómo hacerlo?
- ¿Cuándo se inicia?
- ¿Cuándo se termina?

### **3.7.2.2 HACER**

Esta etapa se caracteriza por la elaboración práctica de las actividades planificadas y programadas.

### **3.7.2.3 VERIFICAR**

Es la etapa de verificación frecuente de los resultados obtenidos y su comparación con las metas, objetivos parciales o totales programados en la planificación mediante el seguimiento de las actividades realizadas o en realización.

Retroalimenta el proceso para modificar los planes o reformular las metas, en caso de detectarse pasos erróneos respecto a los objetivos originales formulados.

Con lo mencionado anteriormente podemos decir que el mantenimiento preventivo se planifica para regular actividades previstas, con el propósito de prevenir inconvenientes que puedan causar las paradas no programadas, detectar síntomas que pueden conducir a los equipos a fallar y evitar incrementos de los costos de operación de la empresa.

### **3.7.2.4 ACTUAR**

Si existen desviaciones o mejoras a realizar entre el modelo prefijado y los resultados, se debe proceder a corregir actuando sobre la planificación y la ejecución, estableciendo de esta manera la retroalimentación del sistema.

## **3.8 BANCO DE DATOS DE MANTENIMIENTO**

### **3.8.1 INVENTARIO Y CODIFICACIÓN**

Recordemos que la administración del mantenimiento se desenvuelve mediante el desarrollo, las funciones básicas de la actividad administrativa, que comprenden: formulación de objetivos, planificación, organización, ejecución y control

Dentro de cada una de estas funciones, se cumple un ciclo que requiere: plantear objetivos y metas, planificar, organizar, ejecutar y controlar las acciones de todos y cada uno de los individuos que participan en su desarrollo<sup>44</sup>.

Lo primero que debe tener claro el responsable de mantenimiento es el inventario de equipos, máquinas e instalaciones a mantener. El resultado es un listado de activos físicos de naturaleza muy diversa y que dependerá del tipo de industria.

El inventario es un listado codificado del parque a mantener, establecido según una lógica arborescente, que debe estar permanentemente actualizado.

Por pequeña que sea la instalación, ésta debe disponer de:

- Un inventario de equipos que es un registro o listado de todos los equipos, codificado y localizado.
- Un criterio de agrupación por tipos de equipos para clasificar los equipos por familias, plantas, instalaciones, etc.
- Un criterio de definición de criticidad para asignar prioridades y niveles de mantenimiento a los distintos tipos de equipos.
- La asignación precisa del responsable del mantenimiento de los distintos equipos así como de sus funciones, cuando sea preciso.

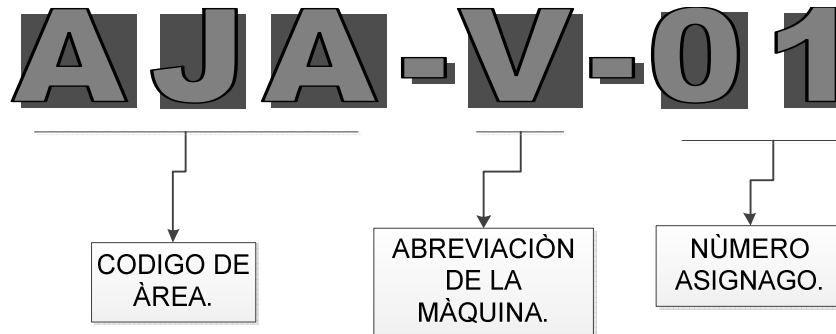
La práctica del mantenimiento sugiere fijar las máquinas a las que se puede elaborar un plan de mantenimiento preventivo. La información recolectada a través del inventario es de gran utilidad para:

- Conocer la cantidad, tipo, características técnicas y localización de los equipos.
- Conocer el estado actual de funcionamiento de cada uno de los equipos.
- Implementar un programa de mantenimiento.

---

<sup>44</sup> IDEM 18.

El formato para la codificación de máquinas se muestra en la figura 3.17



**Fig. 3.17 Formato para la Codificación de Máquinas de la Planta Piloto de Cerámica**

### 3.8.2 PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Para una planificación adecuada de mantenimiento es necesario tomar en cuenta la actitud y aptitud de los encargados de mantenimiento, debido a que ellos son los responsables de llevar a cabo las actividades que eventualmente serán las que hagan alcanzar o no los objetivos planteados.

En nuestro medio es común la falta de colaboración a una nueva visión para disminuir errores, ya que muchos operarios han creado paradigmas entorno al tiempo que se han desempeñado en sus funciones; por tanto es imprescindible optar por estrategias de manejo de personal, y además empaparse de cierta normativa legal, como son:

- Código del Trabajo.
- Reglamento de Higiene, Seguridad y Medio Ambiente del Trabajo.
- Reglamentación Interna.
- Organigrama Estructural de funciones.

#### 3.8.2.1 Funciones del personal de mantenimiento

En términos generales las funciones del personal de mantenimiento son:

- Asegurar la máxima disponibilidad de los equipos al menor costo posible.

- Registrar el resultado de su actividad para, mediante su análisis, permitir la mejora continua es decir la mejora de la fiabilidad, de la mantenibilidad, productividad.
- Estas funciones genéricas habrá que traducirlas en tareas concretas a realizar por cada uno de los puestos definidos en el organigrama de mantenimiento.

### **3.8.3 ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS**

Busca minimizar las fallas y las quejas de los clientes y del personal. Esta herramienta puede combinarse con otros métodos para obtener un análisis más profundo y exacto de la situación. Algunas herramientas complementarias son: lluvias de ideas, diagramas de causa y efectos y diagrama de Pareto<sup>45</sup>.

### **3.8.4 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PRIORITARIA**

Se debe recopilar la mayor cantidad de información que la entidad productiva posea y que sirva de interés para mantenimiento. Esta información se encuentra documentada en los Anexos 5, 6, 11.

- Catálogos de máquinas y/o equipos.
- Planos de la planta en general.
- Manual de operación de máquinas y/o equipos.
- Catálogos de piezas y partes de máquinas y/o equipos.
- Manuales técnicos.
- Diagramas operaciones de las máquinas y/o equipos.
- Documentos técnicos.
- Reportes estadísticos.

Una vez obtenida la información, se procederá a codificar y guardar. Es muy posible que la entidad productiva no posea gran parte de esta información,

---

<sup>45</sup> IDEM 33.

para lo cual la experiencia ha determinado ciertas iniciativas, que ayudarán a conseguirla<sup>46</sup>.

### **3.8.5 HOJAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS**

Estos documentos son formatos llenados por los operarios del mantenimiento, cuya elaboración es de responsabilidad de la gerencia de mantenimiento. Esta información se utilizará para la evaluación y posterior planificación del mantenimiento en la entidad productiva.

### **3.8.6 CREACIÓN DEL LIBRO DE REGISTRO DIARIO DE MANTENIMIENTO**

El libro de registro diario de mantenimiento, mostrado en el Anexo 3, es conocido mejor como el libro de bitácora, en donde se almacenan los informes del personal a cargo de mantenimiento, con la intención de controlar lo ejecutado. Esta información va a permitir responder a las siguientes preguntas:

- ¿Qué tipo de trabajos realizan los colaboradores de mantenimiento?
- ¿Qué tipo de equipos son los que operan?
- ¿Qué tiempo se empleó en los trabajos de mantenimiento?
- ¿Cómo se redactan los informes?
- ¿Días en los que existe mayor actividad de mantenimiento?

En síntesis, la información obtenida abrirá el camino hacia la meta propuesta, mostrando las siguientes características de los colaboradores del mantenimiento, que al fin y al cabo, son los reales responsables del buen funcionamiento de la programación, algunas de estas son:

- Categorizar al Colaborador.
- Actitud y aptitud de los colaboradores de mantenimiento.
- Calidad del trabajo.
- Carga de trabajo.
- Máquinas que ocupan más tiempo en ser reparadas.
- Horas improductivas de los equipos.

---

<sup>46</sup> IDEM 19.

### 3.8.7 ORDEN DE TRABAJO

La orden de trabajo, es el instrumento fundamental, alrededor del cual se mueve la actividad de mantenimiento y motoriza las acciones, y el elemento central del flujo de información que se origina hacia y desde el sistema de mantenimiento.

Según su uso finalidades, la orden de trabajo puede asumir diferentes nombres y formatos. En algunos casos adquiere las funciones de solicitud de intervención, para que se realice una acción de mantenimiento correctivo, o de mantenimiento preventivo programado, o tal vez de inspección o mantenimiento rutinario. También puede asumir el papel de orden de fabricación o recuperación de piezas para el taller, o servir de vehículo a disposiciones de carácter normativo, para la implementación de normas de seguridad e higiene industrial.

El proceso de obtención, generación y registro de la información asociada a una orden de trabajo, se activa y se desarrolla paralelamente a las etapas de procesamiento de la orden, desde su elaboración, hasta su ejecución y cierre.

La orden de trabajo puede tener origen a consecuencia de una solicitud de:

- Mantenimiento correctivo, generada por el área de producción, a causa de la falla de algún equipo.
- Mantenimiento correctivo. Generada por el área de mantenimiento, a raíz de la detección de fallas durante las inspecciones, pruebas, verificaciones, análisis de materiales, etc.
- Mantenimiento preventivo planificado y de las labores preparatorias necesarias para los mismos, generada por el área de mantenimiento.
- Instalación y puesta en marcha de nuevos equipos, modificación de algún equipo o instalación existente, generada por el área de ingeniería.
- Implementaron de normas, generada por el departamento de seguridad e higiene industrial.

A partir de los datos recogidos en la orden de trabajo, se obtiene no solo información técnica para realizar un seguimiento al comportamiento de los equipos y sus componentes de existir fallas y anomalías, sino también información económica que permite llevar el control de los costos de

mantenimiento como por ejemplo: horas hombre, material empleado, partes y piezas de repuesto consumidas, etc.

Dicha información será de suma utilidad en el momento de evaluar la gestión de mantenimiento, para solicitar recursos adicionales, o de reportar a los superiores acerca de la conducción de la gestión y de los costos asociados. En el ANEXO 2 se muestra un ejemplo de una ficha de orden de trabajo.

## **CAPÍTULO 4**

### **DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA PILOTO**

#### **4.1 OBSERVACIONES GENERALES**

La Planta Piloto de Cerámicos de la Facultad de Ingeniería Mecánica, está provista en sus instalaciones, de máquinas cuya importancia para elaboración y procesamiento cerámico es significativa, tomando en cuenta que las acciones correctivas durante operación y funcionamiento de gran parte de estas se han venido realizado en el instante que se han presentado las fallas o desperfectos, se ha contemplado la necesidad de establecer lineamientos para un adecuado mantenimiento y brindar un soporte técnico e ingenieril.

##### **4.1.1 INTRODUCCIÓN**

Es importante realizar un análisis sobre las condiciones en las cuales se encuentran las máquinas de cada área de la Planta Piloto de Cerámicos, realizando un estudio de los problemas y dificultades mediante el uso adecuado de las herramientas de análisis de fallos mencionadas en el capítulo anterior.

Con la participación activa del personal que se relaciona con la Planta Piloto, se puede elaborar una adecuada administración del mantenimiento, lo que beneficia directamente a la institución, reduciendo los tiempos entre paros, daños continuos en las máquinas, etc., y a la vez obteniendo una mejora en el rendimiento y la operación de los equipos.

##### **4.1.2 ORGANIZACIÓN**

Debido a que la Planta Piloto carece de una área de mantenimiento organizada y estructurada, se exteriorizan varias dificultades que afectan a la misma, como también la obtención de los productos, las cuales se detallan a continuación.

- Falta de un organigrama claramente definido en la planta, lo que dificulta la distribución de cada una de las tareas a realizarse por las personas encargadas de mantenimiento.



- No existe una correcta planificación para cada uno de los trabajos de operación y mantenimiento que se vayan a realizar.
- Debido a esta desorganización, hay información escasa o nula de antecedentes históricos de mantenimientos realizados a cada una de las máquinas que ayuden al área a la elaboración de un plan de mantenimiento.

#### **4.1.3 SITUACIÓN ACTUAL**

Inicialmente se solicitó al personal de la planta la información respectiva sobre catálogos y manuales de operación, mediante los cuales se pueda elaborar una estrategia para la solución de fallos producidos por las máquinas de la Planta Piloto.

Se realizó un estudio de las causas que originan los problemas que dificultan el normal desempeño y la correcta operación de las máquinas, lo cual dio lugar a determinar cuáles son las máquinas de mayor prioridad.

#### **4.1.4 EQUIPOS**

La información existente de algunas máquinas de la Planta Piloto es escasa, es decir no cuentan con catálogos o manuales los cuales puedan servir de guía para realizar un mantenimiento adecuado de las mismas, motivo por el cual se presentan las siguientes dificultades:

- En algunos casos, se realiza el mantenimiento de determinadas máquinas, sin poseer ningún tipo de información previa.
- No existe una codificación clara de cada una de las máquinas, lo que dificulta la identificación de las mismas por parte de personas que intervengan en el mantenimiento y que formen o no parte de la Planta Piloto.
- Algunas máquinas de la Planta Piloto fueron desarrolladas como temas de tesis, y la información sobre su correcta operación y mantenimiento es escasa.

- No existe información sobre los repuestos y datos que son necesarios para el personal de la planta al realizar una adecuada operación de mantenimiento.

#### **4.1.5 SEGURIDAD**

Como se dio a conocer en el capítulo dos, la Planta Piloto tiene muchas falencias en cuanto a un plan interno de seguridad al cual regirse y no cumple con los requisitos mínimos necesarios de contingencia para la prevención de accidentes, existiendo en la misma, problemas y situaciones como:

- Señalización de seguridad en el piso y paredes escasa o nula.
- No existen protecciones de seguridad en las máquinas.
- Escasez de implementos básicos de seguridad.

#### **4.1.6 PERSONAL DE LA PLANTA**

La Planta Piloto de Cerámica requiere de un organigrama estructurado, bien definido, sobre distribución adecuada de las operaciones confiadas al personal de misma, lo cual produce situaciones conflictivas nombradas a continuación:

- No existe la capacitación adecuada al personal de la planta para realizar las tareas de mantenimiento a cada una de las máquinas.
- No hay el suficiente conocimiento sobre las técnicas de mantenimiento que contribuyan con la normal operación de la planta.
- No hay la debida planificación de los mantenimientos.
- El presupuesto asignado no es proporcional a las necesidades del área.

#### **4.1.7 ENTORNO DE OPERACIONES**

El entorno de operaciones de la Planta Piloto de Cerámicos no presenta las adecuaciones necesarias, y la ubicación de las máquinas no es la adecuada para una elaboración eficiente de los productos que en ella se confeccionan.

#### **4.1.8 JORNADA DE OPERACIONES**

Al realizar las observaciones en las instalaciones de la planta, se pudo constatar que la jornada de operaciones de las máquinas es irregular con un promedio de

uso de 4 horas diarias durante los periodos semestrales de labores académicas, motivo por lo cual se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- No se realiza la simple inspección de los operarios, los cuales deben tener la capacidad para detectar cualesquier fallo próximo a suscitarse durante la jornada de operaciones de la planta.
- Los operarios encargados de las máquinas existentes en las instalaciones de la Planta Piloto, en algunos casos no realizan en forma adecuada las actividades de mantenimiento recomendadas por los manuales de la industria fabricante.

#### **4.1.9 TIEMPO DE PARO DE OPERACIONES**

El tiempo de espera de los trámites para la obtención de recursos de la Planta Piloto de Cerámica destinados a la compra de repuestos de las máquinas, la necesaria capacitación del personal destinado a realizar labores de mantenimiento, entre otros factores, son problemas que se presentan y evitan llevar un mantenimiento adecuado y a tiempo.

#### **4.1.10 REPUESTOS Y HERRAMIENTAS PARA MANTENIMIENTO**

Como se mencionó anteriormente al no existir un historial de mantenimiento que se haya elaborado para las máquinas de la Planta Piloto, actualmente se dificulta obtener un registro de repuestos y herramientas necesarios para la realización de las operaciones de mantenimiento, por este motivo que se elabora un formato mostrado en el Anexo 4 para la identificación de repuestos y herramientas utilizados en el mantenimiento de máquinas de la Planta.

#### **4.1.11 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

La planificación de mantenimiento, requiere de la recopilación de antecedentes e información que se obtenga acerca de las máquinas de la Planta Piloto de Cerámica para la elaboración del análisis y selección de una estrategia adecuada de mantenimiento la cual se adapte a las necesidades y requerimientos de la misma.

#### 4.1.11.1 Codificación de áreas

Para la elaboración de la matriz de codificación de las diferentes áreas, tanto de tratamiento de la materia prima, como de elaboración de cerámicos de la planta, se procedió a designarlas con letras mayúsculas de las iniciales de los nombres de cada área, así se lo muestra en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1 Codificación de áreas de elaboración de cerámicos de la Planta Piloto**

Código	Área
M	Materia Prima e Insumos.
P	Purificación de la Materia Prima.
F	Filtrado.
SF	Secado y Formado.

Fuente: Ávila – Rodríguez.

#### 4.1.11.2 Codificación de máquinas

Para la elaboración de la matriz de codificación de las máquinas de la Planta Piloto de Cerámica se procedió a designarlas con el código de las respectivas áreas elaborado en la tabla 4.1 como letras iniciales y cuyo significado es la ubicación del área a la cual pertenece la máquina, las subsiguientes letras son las iniciales de los nombres de las máquinas existentes en la respectiva área a la cual corresponda, así como también la numeración asignada a cada máquina está dada en forma ascendente, como se observa en la tabla 4.2, tabla 4.3 y tabla 4.4.

**Tabla 4.2 Codificación de las máquinas de la Planta Piloto de Cerámica área de purificación**

Área de Purificación			
Código de Área	Número	Nombre del Equipo	Código Final
P	1	Celda de Flotación.	P-CF-01
P	2	Molino de Bolas.	P-MB-02
P	3	Molino de Cono.	P-MC-03
P	3	Molino de Disco.	P-MD-04
P	5	Purificador de Arcilla.	P-PA-05
P	6	Purificador de Cuarzo.	P-PC-06
P	7	Pulverizador de Disco.	P-PD-07
P	8	Separador Magnético.	P-SM-08

Fuente: Ávila Rodríguez

**Tabla 4.3 Codificación de las máquinas de la Planta Piloto de Cerámica área de Filtrado**

Área de Filtrado			
Código de Área	Número	Nombre de la Máquina	Código
F	1	Filtro Prensa.	F-FP-01
F	2	Planta Piloto de Barbotina.	F-PB-02

Fuente: Ávila - Rodríguez

**Tabla 4.4 Codificación de las máquinas de la Planta Piloto de Cerámica área de Secado y Formado**

Área de Secado y Formado			
Código de Área	Número	Nombre de la Máquina	Código Final
SF	1	Estufa Programable.	SF-EP-01
SF	2	Extrusor.	SF-EX-02
SF	3	Horno de Cocción Programable.	SF-HC-03
SF	4	Torno Mecánico.	SF-TM-04

Fuente: Ávila – Rodríguez.

#### 4.1.11.3 Inventario de máquinas

El inventario de un gran número de las máquinas de la Planta Piloto de Cerámica se ha elaborado de acuerdo a los datos obtenidos de los catálogos y fichas técnicas de las mismas, esta información esta detallada en la tabla del ANEXO 5.

## 4.2 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Para obtener un adecuado proceso sobre la priorización de las máquinas existentes en las instalaciones de la planta, es necesario inicialmente vincular ciertos parámetros los cuales afectan al normal funcionamiento de las máquinas y a la producción de la planta, utilizando para este fin la matriz de priorización de criterios de Holmes.

El grado de importancia de los parámetros y la ponderación utilizada en la matriz de priorización, se muestra en la tabla 4.5

**Tabla 4.5 Importancia y grado de ponderación utilizados en la matriz de criterios de Holmes**

Ponderación	Importancia de los parámetros
0	Menor.
0,5	Igual.
1	Mayor.

Fuente: Ávila – Rodríguez.

### 4.2.1 ANÁLISIS DE PARÁMETROS

En esta etapa del análisis para la priorización de las máquinas se vio necesario analizar varios parámetros aleatorios, los cuales pueden perturbar su producción y el normal funcionamiento.

- **Período de Operación:** Los paros imprevistos de las máquinas pueden presentarse debido a múltiples aspectos, entre ellos el período de operaciones a las que están sometidas durante la etapa de producción, es decir un tiempo aproximado de funcionamiento de cada máquina de 4

horas diarias durante dos períodos semestrales de actividades académicas en el transcurso del año.

- **Complejidad de las máquinas:** Una máquina es un sistema complejo, el cual puede estar compuesto de elementos mecánicos, hidráulicos, eléctricos, electrónicos, etc., por esta razón los riesgos de fallas o incidencias son múltiples ya que tradicionalmente, los servicios de mantenimiento esperan que se produzcan las fallas para después proceder a repararlas, en lugar de prevenirlas.
- **Incidencia en la producción:** Las averías de la maquinaria son uno de los principales problemas de la industria, ya que la falta de disponibilidad recorta gravemente la capacidad de producción de las máquinas y con ello, aumenta el costo medio de la producción.
- **Mantenimiento correctivo:** La información obtenida de los operarios de la planta es una contribución significativa en el reconocimiento de las máquinas que han detenido sus funciones inesperadamente a raíz del uso, agotamiento de la vida útil u otros factores externos, de componentes, partes, piezas, materiales y en general, de elementos que constituyen la infraestructura de la planta, de este modo permitiendo su recuperación, restauración o renovación de ser necesario.
- **Medio de operación:** Las condiciones ambientales en la cuales opera una máquina es un factor muy importante el cual debemos tomar en cuenta ya que influye en la normal operación, y causa desperfectos que a corto o a largo plazo detendrán su funcionamiento. Por ejemplo un elevado grado de humedad produce corrosión en los mecanismos de las máquinas.
- **Vida útil:** Es un factor importante el cual influye en producción de la Planta Piloto, debido a que en muchos de los casos no se toma en cuenta la carga de años de una máquina, lo cual es función del desgaste de la misma por trabajo acumulado.
- **Seguridad:** Las condiciones de seguridad que ofrecen algunas de las máquinas existentes en las instalaciones de la planta son escasas, razón por la cual, este es un factor muy importante que se analizará en la elaboración de la matriz de priorización de criterios de Holmes.

- **Detectabilidad de la falla:** Se ha visto la necesidad de erradicar las causas de la falta de disponibilidad de las máquinas, siendo el objetivo para ello disminuir en el mayor grado posible los fallos, esta acción deberá comprender una reducción de los tiempos de reparación o una nueva puesta en servicio, a fin de evitar que los fallos inesperados resulten penalizadores.

Al elaborar la primera matriz de priorización de criterios, tabla 4.6, se tomó en cuenta los parámetros mencionados en el ítem 4.2.1, los mismos que están relacionados con la operación de las máquinas y la producción de la planta. Esto beneficia para la recopilación y obtención de datos necesarios para la posterior priorización y selección de las máquinas de la Planta Piloto.

**Tabla 4.6 Matriz de priorización de criterios de Holmes para definir parámetros**

Parámetros	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	Ponderación del criterio (%)	Orden
Período de operación	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	3	9,37	4
Complejidad de las máquinas.	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	3	9,37	4
<b>Incidencia en la producción.</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>18,75</b>	<b>1</b>
<b>Mantenimiento correctivo.</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>5</b>	<b>15,63</b>	<b>2</b>
Medio de operación.	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	3	9,37	4
Vida útil.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	4,5	14.6	3
Seguridad.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	4,5	14.6	3
Detectabilidad de la falla.	1	0,5	0	0,5	0,5	0	0	0,5	3	9.37	4
<b>Suma</b>									<b>32</b>	<b>100</b>	

Fuente: Ávila – Rodríguez.



Los datos obtenidos en la tabla 4.6, muestran que los parámetros que se deben tomar en cuenta para establecer una adecuada priorización de máquinas utilizando el criterio de la matriz de Holmes son: Incidencia en la producción; Mantenimiento correctivo; Vida útil, Seguridad.

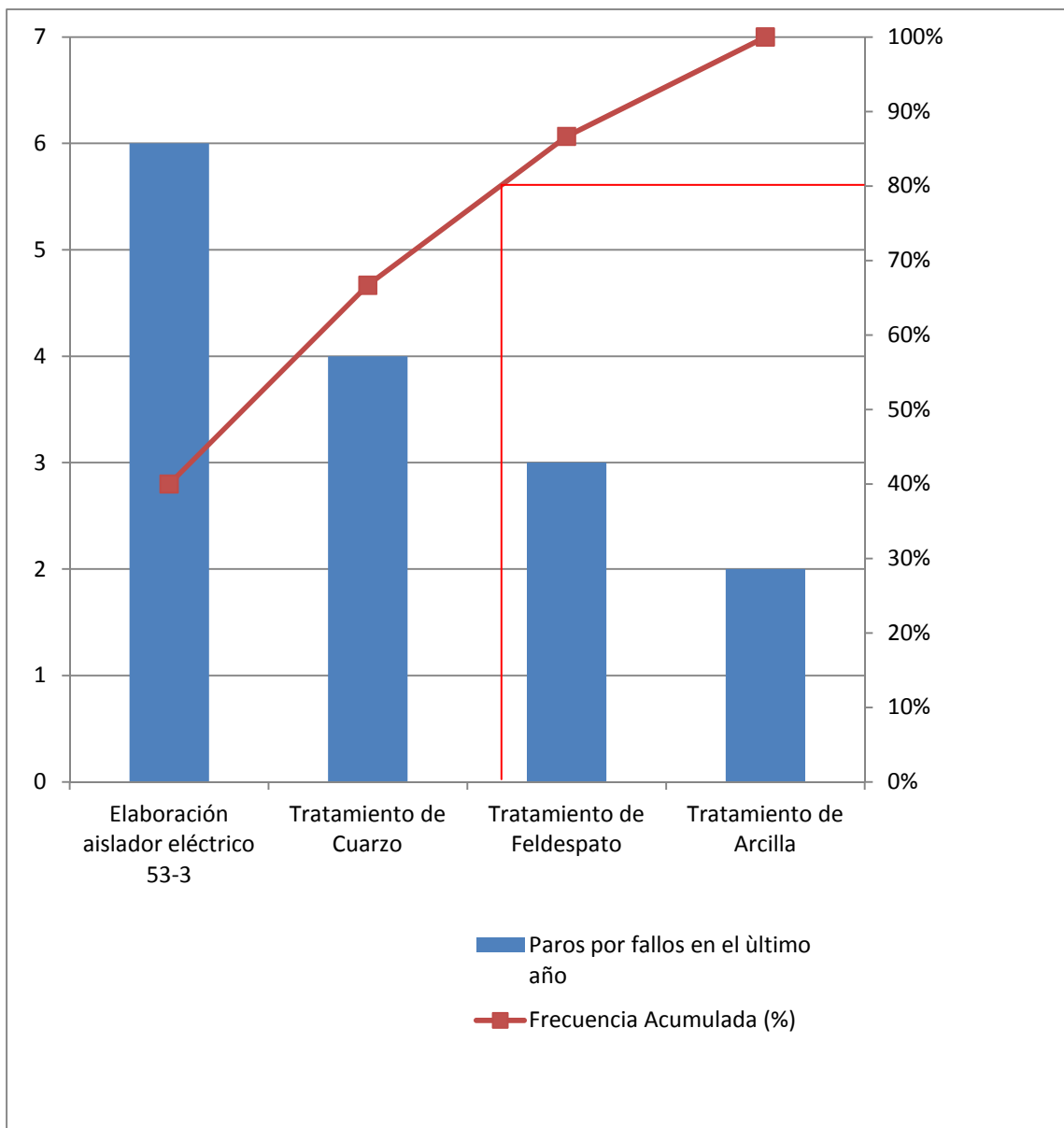
#### 4.2.2 ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE PARETO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE “POCOS VITALES”

Mediante la utilización del diagrama de Pareto, figura 4.1, técnica que permite identificar los problemas reales y de mayor importancia que deben ser atendidos inmediatamente, se inicia un análisis detallado identificando el número de fallos registrados en el último año en los procesos para la producción de piezas cerámicas y el cálculo de las respectivas frecuencias, detallados en la tabla 4.7

**Tabla 4.7 Identificación del número de Fallos y Frecuencias de Procesos**

N <sup>a</sup>	Procesos	Paros por fallos en el último año	Frecuencia (%)	Frecuencia Acumulada (%)
4	Elaboración Aislador eléctrico 53-3.	6	40	40
3	Tratamiento de cuarzo.	4	26,667	66,667
1	Tratamiento de Feldespato.	3	20	86,666
2	Tratamiento de Arcilla.	2	13,333	100
Total		15	100	

Fuente: Ávila – Rodríguez.



**Fig. 4.1 Diagrama de Pareto para la identificación de los “pocos vitales” en los diferentes procesos de producción de piezas cerámicas**

Centrándose en el análisis del Diagrama de Pareto se llegó a determinar que el 20% de los procesos de producción de piezas cerámicas ocasionan un 80% de los inconvenientes encontrados.

#### **4.2.3 IDENTIFICACIÓN DE MÁQUINAS UTILIZADAS EN LOS PROCESOS EN LOS CUALES SE DEBE PRESTAR MAYOR ATENCIÓN**

Con los resultados obtenidos en la figura 4.1 se procede a identificar las máquinas utilizadas en el proceso de elaboración del cuarzo, y en la fabricación

del aislador eléctrico 53-3, tabla 4.8 y tabla 4.9, posteriormente se elabora la matriz de priorización de criterios de Holmes, tabla 4.10, para la selección de máquinas.

**Tabla 4.8 Identificación de máquinas utilizadas en el proceso de tratamiento de cuarzo**

Número	Proceso	Máquina u otro elemento	Código
	Tratamiento del cuarzo		
1	Lavado del cuarzo.	Purificador de Cuarzo.	P-PC-06
2	Secado.	Al ambiente.	--
3	Molienda.	Molino de Bolas.	P-MB-02
4	Tamizado.	Tamiz N° 325.	--
5	Secado.	Estufa Programable.	SF-EP-01
6	Pulverizado.	Molino de Disco.	P-MD-04
7	Separación de hierro.	Separador magnético.	P-SM-08

Fuente: Ávila – Rodríguez.

**Tabla 4.9 Identificación de máquinas utilizadas en el proceso de elaboración del Aislador Eléctrico 53-3**

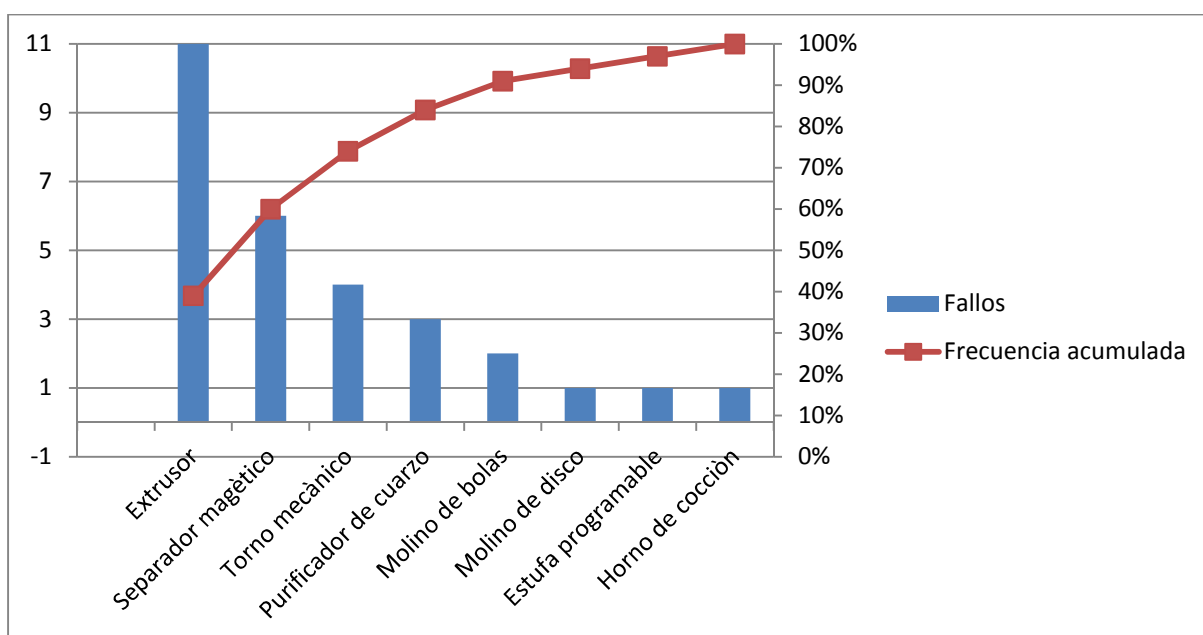
Número	Proceso	Máquina u otro elemento	Código
	Elaboración del Aislador Eléctrico 53-3		
1	Dosificación.	Formado de la Pasta.	--
2	Mezcla y homogenización.	Amasar.	--
3	Extrusión.	Extrusor.	SF-EX-02
4	Torneado.	Torno Mecánico.	SF-TM-04
5	Secado.	Horno de Cocción Programable.	SF-HC-03
6	Esmaltado.	Por inmersión.	--
7	Cocción.	Estufa Programable.	SF-EP-01

Fuente: Ávila – Rodríguez.

Identificadas las máquinas presentes tanto en el tratamiento de cuarzo, como también en el proceso de elaboración del aislador eléctrico 53-3, se procede a realizar un estudio mediante el diagrama de Pareto de las máquinas de la Planta Piloto las cuales requieren una mayor atención.

**Tabla 4.10 Identificación de Fallos y Frecuencias de Máquinas**

Nº	MÁQUINAS	Fallos	Frecuencia (%)	Frecuencia Acumulada (%)
1	Extrusor.	11	39	39
2	Separador magnético.	6	21	60
3	Torno mecánico.	4	14	74
4	Purificador de cuarzo.	3	10	84
5	Estufa programable.	2	7	91
6	Molino de disco.	1	3	94
7	Molino de bolas.	1	3	97
8	Horno de cocción.	1	3	100



**Fig. 4.2 Diagrama de Pareto para la identificación de los “pocos vitales” en las Máquinas de la Planta Piloto de Cerámica**

Con los resultados obtenidos en la figura 4.2, se procede a la elaboración de la matriz de priorización de criterios de Holmes para la selección de Máquinas para las cuales se elaborará el plan de mantenimiento.

#### 4.2.4 ELABORACIÓN DE LA MATRIZ DE PRIORIZACIÓN DE CRITERIOS DE HOLMES PARA LA SELECCIÓN DE MÁQUINAS

Esta etapa de análisis para la selección de máquinas de la Planta Piloto de Cerámica, se desarrolla utilizando la matriz de priorización de Holmes, correspondiente a las máquinas utilizadas en el proceso de tratamiento de cuarzo, tabla 4.10, y en el proceso de fabricación del aislador eléctrico 53-3, tabla 4.11.

Finalmente con los resultados obtenidos en la matriz de priorización de Holmes, se procede a la selección y estudio detallado de las máquinas a las cuales se implementará la estrategia de mantenimiento por la importancia en el proceso para el tratamiento del cuarzo y fabricación del aislador eléctrico 53-3.

**Tabla 4.11 Matriz de priorización para la selección de máquinas que intervienen en el proceso para el tratamiento de cuarzo**

MATRIZ Nº 1									
Nº	Máquinas	1	2	3	4	5	TOTAL	PORCENTAJE	ORDEN
1	Molino de disco.	0,5	0,5	1	0	0	2	16%	3
2	Molino de Bolas.	0,5	0,5	1	0	0	2	16%	3
3	Estufa programable.	0	0	0,5	0	0	0,5	4%	4
4	Purificador de cuarzo.	1	1	1	0,5	0	3,5	28%	2
5	Separador Magnético.	1	1	1	1	0,5	4,5	36%	1
<b>TOTAL</b>							<b>12,5</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Ávila – Rodríguez.

**Tabla 4.12 Matriz de priorización para la selección de máquinas que intervienen en el proceso de fabricación de un aislador eléctrico tipo 53-3**

<b>MATRIZ N°2</b>								
<b>Nº</b>	<b>MÁQUINAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>TOTAL</b>	<b>PORCENTAJE</b>	<b>ORDEN</b>
<b>1</b>	<b>Extrusor.</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3,5</b>	<b>43,75%</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Torno.</b>	<b>0</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2,5</b>	<b>31,25%</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Estufa. Programable.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>	<b>18,75%</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Horno de cocción.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>6,25%</b>	<b>4</b>
<b>TOTAL</b>						<b>8</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Ávila – Rodríguez.

#### **4.2.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y SELECCIÓN DE MÁQUINAS**

Después de un análisis y estudio detallados mediante el uso de la matriz de priorización de criterios de Holmes para la selección de máquinas de la Planta Piloto de Cerámicos, se llegó a determinar con los resultados obtenidos de la tabla 4.11, que el Separador Magnético obtuvo un máximo valor en la selección de máquinas que intervienen en el proceso para el tratamiento de cuarzo.

En la tabla 4.12 correspondiente a la matriz de priorización de criterios de Holmes para la selección de máquinas que intervienen en el proceso de fabricación de un aislador eléctrico tipo 53-3, los resultados obtenidos muestran que la máquina extrusora obtuvo el mayor valor de priorización.

Por consiguiente el programa de mantenimiento se realizara a las siguientes máquinas:

- Separador Magnético.
- Extrusora.

#### **4.2.6 PROCESO DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO**

Las causas de los paros imprevistos son diversas, y pueden ser ocasionadas por fallos debidos a las condiciones de operación a las cuales están sometidas las

máquinas, los mismos que pueden dar lugar al desgaste de las partes rotativas, fatiga en los materiales, corrosión, entre otros.

Para prevenir estas causas, es de vital importancia llevar a cabo una estrategia de mantenimiento acorde a la necesidad de las instalaciones de la Planta Piloto de Cerámica.

Una estrategia incluye el establecimiento de políticas y procedimientos necesarios para mantener el plan de mantenimiento en marcha, el personal necesario realizar las actividades de mantenimiento tales como el llevar a cabo correctamente los métodos de inspección, reparación y sustitución de ser necesario, así como también llevar los correspondientes registros de actividades.

Es necesario considerar que la Planta Piloto no cuenta con la documentación necesaria como bitácoras, órdenes de trabajo, que permitan obtener una adecuada administración de mantenimiento.

De los análisis efectuados en el Anexo 7 y Anexo 8 se concluye que la estrategia de mantenimiento la cual permitirá que las máquinas, instalaciones, procesos, etc., de la Planta Piloto de Cerámica tengan un mayor grado de confiabilidad, es la implantación de la estrategia de mantenimiento preventivo programado a tiempo fijo.

## **4.2.7 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE FALLOS**

### **4.2.7.1 Diagrama de Ishikawa**

En la figura 4.26 y figura 4.39, se muestra el diagrama de Ishikawa correspondiente a cada máquina seleccionada, este tipo de herramienta permite un análisis participativo y facilita un resultado óptimo en el entendimiento de las causas que originan un problema, con lo que puede ser posible la solución del mismo.

### **4.2.7.2 Árbol de Fallos**

En la figura 4.27y figura 4.40, se muestra el árbol de fallos correspondiente a cada máquina seleccionada, cuyo motivo principal del análisis es ayudar a identificar causas potenciales de falla de sistemas antes de que las fallas ocurran.

## 4.2.8 CODIFICACIÓN DE SISTEMAS, SUBSISTEMAS Y COMPONENTES

La codificación de máquinas es una herramienta importante, la cual nos ayuda a identificar y ubicar de una forma efectiva los sistemas, subsistemas y componentes los cuales puedan estar dentro de un proceso de mantenimiento y si fuere el caso de reemplazo, permitiendo de esta manera, tomar la decisión más acertada en cuanto esta esté soportada por una correcta información.

De esta manera, se procede a la etapa de elaboración de códigos de los sistemas y subsistemas de las máquinas de la Planta Piloto de Cerámica las cuales se seleccionaron en el ítem 4.2.2.

### 4.2.8.1 Codificación de Sistemas

En la codificación de sistemas se llevará un registro similar, como el ya utilizado para la codificación de maquinaria de la Planta Piloto de Cerámica.

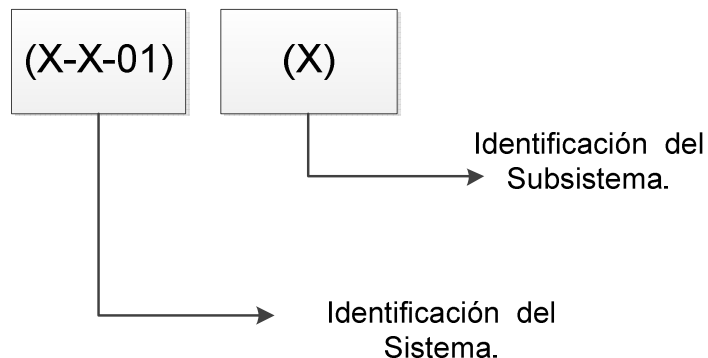
Por ejemplo, en el caso del sistema extrusor la codificación será:



**Fig. 4.3 Ejemplo de codificación de sistemas**

### 4.2.8.2 Codificación de Subsistemas

- Codificación a ser empleada.



**Fig. 4.4 Codificación de subsistemas**



- Ejemplo de Codificación del Subsistema del Extrusor.



**Fig. 4.5 Ejemplo de codificación de subsistemas**

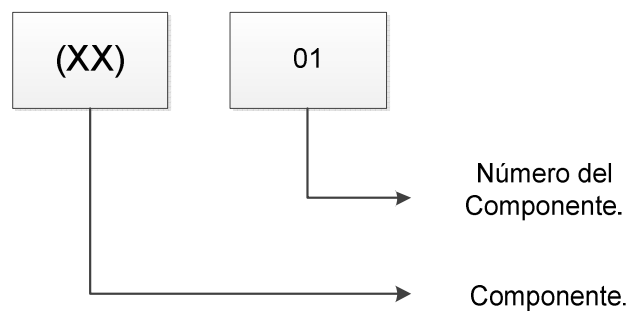
A continuación se muestra en la tabla 4.13 la simbología de códigos de subsistemas del Separador Magnético.

**Tabla 4.13 Codificación de subsistemas**

SEPARADOR MAGNÉTICO			
Subsistema Mecánico	Código	Subsistema Eléctrico	Código
	(P-SM-07) (M)		(P-SM-08) (E)

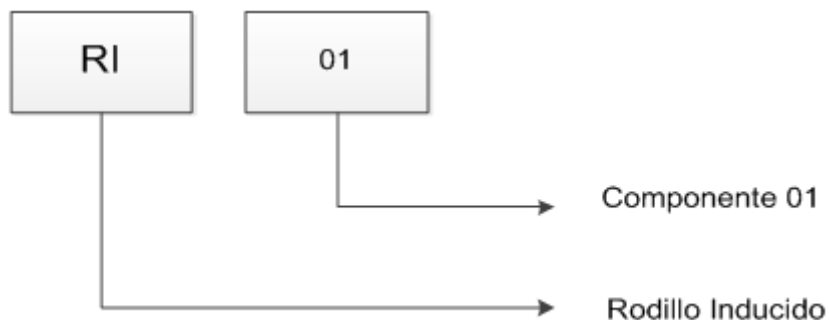
#### 4.2.8.3 Codificación de Componentes

- Tipo de codificación



**Fig. 4.6 Codificación de componentes**

- Ejemplo de Codificación.



**Fig. 4.7 Ejemplo de codificación de componentes**

A continuación se muestra en la tabla 4.14 la simbología de códigos de componentes del Separador Magnético.

**Tabla 4.14 Codificación de Componentes**

<b>Sistema:</b> Separador Magnético	<b>Subsistema:</b> Eléctrico	<b>Componente</b>	<b>Código del Componente</b>
(P-SM-07)	(P-SM-08)(E)	Motor Eléctrico.	(ME-02)
		Electroimán.	(EL-03)
		Vibrador.	(VI-04)

Fuente: Ávila – Rodríguez.

#### 4.2.9 CLASIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL UTILIZADAS PARA LA ELABORACIÓN DE LAS TABLAS A.M.F.E. DEL EXTRUSOR Y DEL SEPARADOR MAGNÉTICO

El propósito del A.M.F.E. radica en sistematizar el estudio de un proceso/producto, identificar las fallas potenciales, y elaborar planes de acción para combatir los riesgos, este método emplea criterios de los índices de seguridad en el trabajo como los ya mencionados en el capítulo dos. Así, empleando estos criterios se incluye la clasificación de las medidas de ensayo y control en la tabla 4.15, tabla 4.16 y tabla 4.17.

**Tabla 4.15 Clasificación de la detectabilidad del modo de fallo**

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta.	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Alta.	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad posteriormente.	2 - 3
Mediana.	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estados de producción	4 - 6
Pequeña.	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7 - 8
Improbable.	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.	9 - 10

**Tabla 4.16 Clasificación de la frecuencia de ocurrencia del modo de fallo**

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable.	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2 - 3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/ sistema.	4 - 6
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos que han fallado.	7 - 8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9 - 10

**Tabla 4.17 Clasificación de la gravedad del modo del modo de fallo**

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones Imperceptibles.	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas imperceptibles.	El tipo de fallo origina un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observa un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente sustentable.	2 - 3
Moderada Defectos de relativa importancia.	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema.	4 - 6
Alta.	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7 - 8
Muy Alta.	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias.	9 - 10

Fuente: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/Fichas...>

A continuación se enuncian importantes características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta<sup>47</sup>.

- **Carácter preventivo**

El anticiparse a la ocurrencia del fallo en los productos y servicios, o en los procesos permite actuar con carácter preventivo ante posibles problemas.

- **Sistematización**

Enfoque estructurado que se sigue para la realización de un A.M.F.E. asegura, prácticamente, que todas las posibilidades de fallo han sido consideradas.

- **Participación**

La realización de un A.M.F.E. es un trabajo en equipo, que requiere la puesta en común de todas las áreas afectadas.

<sup>47</sup><http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/ /tolos /amfe>.

#### **4.2.10 ACCIONES CORRECTIVAS**

Una vez elaborado el análisis por medio de las tablas A.M.F.E., se establecen las acciones correctivas, las cuales llevamos a cabo para eliminar la causa de un problema por medio de cuadros correctivos de aquellos problemas cuyo IPR sea mayor que 100, con el objetivo de reducir este índice.

#### **4.2.11 FLUJOGRAMA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO**

Las actividades de mantenimiento surgen a raíz del estudio realizado en las acciones correctivas, deben ser técnicamente efectivas, aplicables y viables, optimizando cada recurso empleado para su ejecución.

La elaboración de las tablas correspondientes al flujograma de actividades de mantenimiento del separador magnético se detalla en el Anexo 9.

La elaboración de las tablas correspondientes al flujograma de actividades de mantenimiento del extrusor se detalla en el Anexo 10.

#### **4.2.12 MÁQUINA DE SEPARACIÓN MAGNÉTICA**

El material extraído de las minas llega a la Planta Piloto en un estado relativamente puro, pero para obtener un producto cerámico de buena calidad y previo los primeros pasos para los tratamientos de la materia prima, se ve la clara necesidad del uso del Separador magnético el mismo que mediante la aplicación de un campo magnético regulable, y de acuerdo con las necesidades requeridas es utilizado para la eliminación total de residuos de hierro que puedan existir en el Cuarzo, Arcilla y el Feldespato.

##### **4.2.12.1 Funcionamiento y principios de operación**

El material es colocado en la tolva de alimentación del Separador Magnético, el mismo que mediante movimiento vibratorio, se deposita sobre el rodillo inducido giratorio, en el cual se adhieren las partículas de hierro, las transporta a la zona de separación, y al llegar al cepillo del tambor y mediante el proceso de fricción son retiradas y depositadas en recipientes, así de esta forma la materia prima queda totalmente purificada para la elaboración de las piezas cerámicas.

Una barra de acero se encuentra instalada en las dos cabezas del imán en el interior del separador. Esta barra debe ser utilizada para levantar el separador y retirada antes de poner en funcionamiento la máquina, para de esta manera evitar la pérdida del campo magnético a través de la misma.

Este separador coloca todo el material en contacto con el campo magnético más alto en las zonas donde la gradiente magnética es más pronunciada.

Al realizar esta operación, se determinan los principios de la separación magnética, de las fuerzas que actúan sobre una partícula, cuyo valor depende en mayor o menor medida del campo magnético generado por el equipo<sup>48</sup>.

En el caso particular del Separador Magnético Carpcó MIH (13) 111-5, figura 4.8, las fuerzas existentes son:

- Fuerza magnética ( $F_m$ ),
- Fuerza centrífuga ( $F_c$ )
- Fuerza de empuje ( $F_e$ ).
- Fuerza gravitacional ( $F_g$ ),

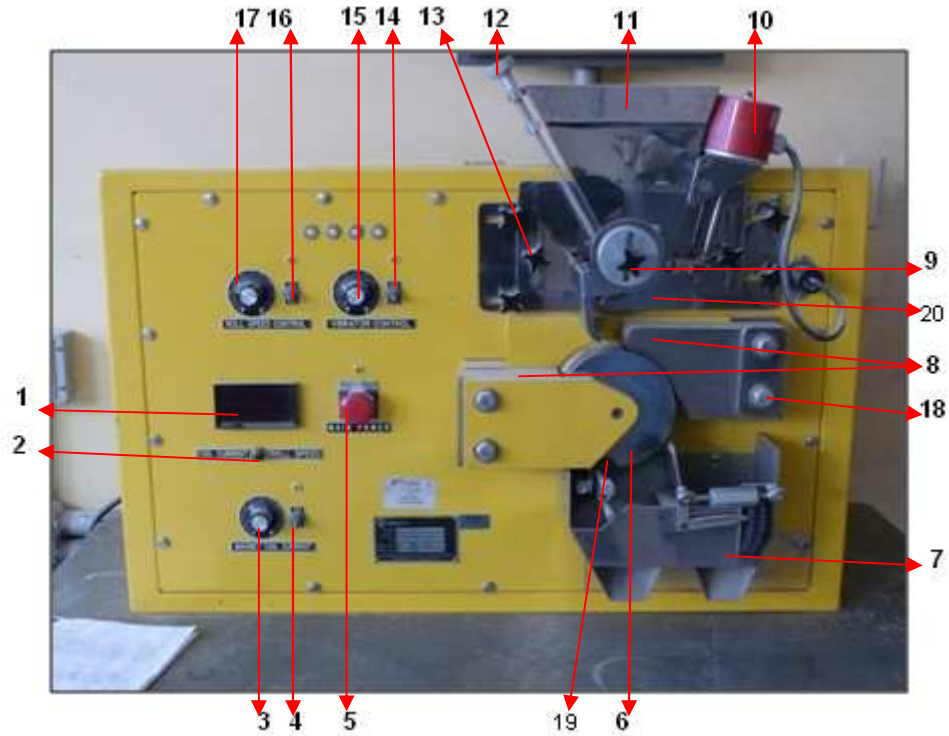
#### 4.2.12.2 Descripción del separador magnético

Los principales usos del Separador Magnético, son:

- a) Eliminación de fragmentos metálicos.
- b) Procesos de concentración y purificación magnética.
- c) Los separadores magnéticos que eliminan fragmentos metálicos se utilizan generalmente para proteger equipos, tales como trituradoras, pulverizadores, etc. Son normalmente aplicados sobre materiales secos o sobre materiales que contengan solamente humedad superficial.

---

<sup>48</sup> <http://www.21trituradora.com/1034/6597.html>



**Fig. 4.8 Separador Magnético Carpco MIH (13)111-5**

1. Pantalla de velocidad y amperímetro.
2. Selector del medidor de velocidad y amperímetro.
3. Reóstato para variación y control de corriente magnética.
4. Interruptor del control de corriente magnética.
5. Interruptor de encendido y apagado del equipo.
6. Rodillo inducido.
7. Separador de minerales magnéticos y no magnéticos.
8. Polo de nariz y cola.
9. Perilla de apriete.
10. Vibrador.
11. Tolva de alimentación.
12. Tornillo de ajuste y regulación de la puerta de alimentación.

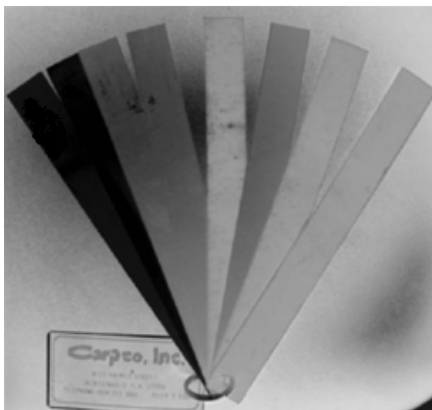
13. Perilla de regulación de la tolva.
14. Reóstato para variación de vibraciones.
15. Interruptor del vibrador.
16. Reóstato para variación de velocidad del rodillo.
17. Interruptor del rodillo.
18. Tornillo de ajuste de los imanes.
19. Cepillo metálico.
20. Carril vibratorio.

**Tabla 4.18 Especificaciones Técnicas del Separador Magnético**

Especificaciones Técnicas			
Máquina: Separador Magnético	Modelo: MLH(13)111-5	Serial: 217-99	Código: (P-SM-08)
Año de Fabricación: 1999	Marca: Carpco		
Dimensiones: 87*50*64 cm	Peso: 430 lb.	Intensidad Máxima: 3 A.	
Motor: Minarik	Modelo: C42D1FK2A	Serial: 506-07-027	
Tensión: 110 V	Potencia: 1000W	Corriente: 8.5 A.	

Es importante, considerar la separación que existe entre el rodillo inducido y el pie vibratorio. Esta separación debe ser 2,5 veces el tamaño del grano que será procesado, para esto, existe un juego de ocho regletas que trae el equipo como las mostradas en la figura 4.9, las cuales están identificadas por colores según su espesor, variando desde 1 mm., las reglas de color oscuro, hasta 0,5 mm., las reglas de color claro





**Fig. 4.9 Regletas**

#### **4.2.12.3 Identificación de sistemas, subsistemas y componentes del separador magnético**

El Separador Magnético es un sistema el cual está conformado de los siguientes subsistemas y componentes los cuales se describen a continuación:

##### *4.2.12.3.1 Subsistema Mecánico*

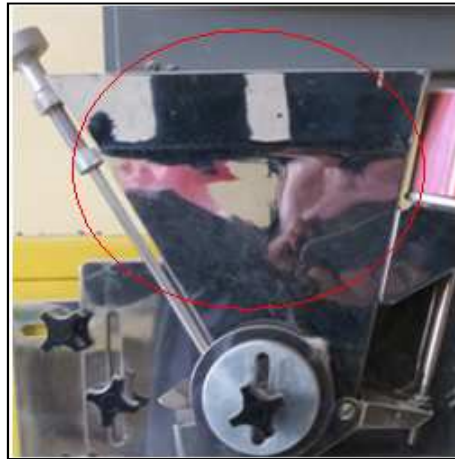
Están constituidos fundamentalmente por componentes, dispositivos o elementos móviles unos respecto de otros, los cuales, transmiten movimientos por acción o efecto de una fuerza.

**Tabla 4.19 Sistemas, subsistemas y componentes mecánicos**

<b>SISTEMA</b>	<b>SUBSISTEMA</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>CÓDIGO</b>
Separador Magnético.	Mecánico.	Tolva de alimentación.	(TA-01)
		Carril vibratorio.	(CV-02)
		Separador.	(S-03)
		Correa de transmisión.	(CT-04)
		Poleas.	(P-05)
		Rodamientos.	(R-06)

#### 4.2.12.3.1.1 *Tolva de alimentación*

Es un dispositivo mecánico constituido por una pieza de acero inoxidable con una capacidad de 1016 cm<sup>3</sup>., en la cual se coloca la materia prima a separar, y de tornillos de ajuste los cuales permiten moverla y adaptarla a las especificaciones requeridas, así se puede observar en la figura 4.10



**Fig. 4.10 Tolva de alimentación**

#### 4.2.12.3.1.2 *Carril vibratorio*

Este dispositivo mecánico cuyo movimiento es generado por el vibrador, es el encargado de trasladar las muestras desde la tolva hasta el rodillo inducido, para que las partículas de hierro existentes en la materia prima se adhieran a este. El Carril Vibratorio se lo muestra en la figura 4.11



**Fig. 4.11 Carril vibratorio**

#### 4.2.12.3.1.3 Separador

Es un dispositivo mecánico el cual permite la separación de minerales con diferentes susceptibilidades magnéticas, la cantidad de material es controlada por la posición del separador, el cual se puede graduar para obtener la mayor pureza de material magnético o no magnético, figura 4.12.

Este mecanismo está formado por una lámina dispuesta de manera vertical que divide la trayectoria del material, el ajuste se da mediante un tornillo regulable para calibrar la apertura, la cual está dada en grados sexagesimales variando desde 0 hasta 50°, el mismo que se gradúa midiendo la apertura del ángulo en sentido anti horario con respecto a la vertical.



**Fig. 4.12 Separador**

#### 4.2.12.3.1.4 Correa de transmisión

Una transmisión por correa, figura 4.13, es el medio universal de conducir el movimiento, las correas suelen ser cintas de cuero flexibles y resistentes. En el caso del separador magnético, el movimiento circular del motor es transmitido mediante correas y poleas, hacia el rodillo inducido.



**Fig. 4.13 Correa de transmisión**

#### 4.2.12.3.1.5 Poleas

El mecanismo de poleas y correa, figura 4.14, consiste en dos poleas situadas a cierta distancia, que giran simultáneamente como resultado del rozamiento de la correa con las poleas situadas en el interior de la caja del separador magnético.



**Fig. 4.14 Poleas**

#### 4.2.12.3.1.6 Rodamientos y ejes

Para el continuo mejoramiento del rendimiento mecánico de las máquinas, utilizamos diferentes elementos los mismos que se emplean para optimizar la movilidad interna de esta.

Uno de estos son los rodamientos, los cuales incrementan la vida útil de las piezas rotacionales, dando una mayor durabilidad, control y disminución de la

temperatura en los puntos de fricción, como por ejemplo en el caso particular de separador magnético, un eje acoplado a un rodamiento trasmite el movimiento circular del motor eléctrico hacia el rodillo inducido.

#### 4.2.12.3.2 Subsistema Eléctrico

Está formado por serie de elementos o componentes eléctricos o electrónicos, tales como resistencias, inductancias, condensadores, fuentes, dispositivos electrónicos semiconductores, etc., conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas o eléctricas<sup>49</sup>.

**Tabla 4.20 Subsistemas y Componentes Eléctricos**

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTES	CÓDIGO
Separador Magnético.	Eléctrico.	Rodillo Inducido.	RI-01
		Motor Eléctrico.	ME-02
		Electroimán.	E-03
		Vibrador.	VI-04
		Ventilador.	VE-05
		Generador.	G-06
		Conexiones Eléctricas.	CE-07
		Interruptores.	I-08
		Reóstato.	R-09
		Transformador.	T-10

##### 4.2.12.3.2.1 Rodillo inducido

Es un cilindro rotativo, figura 4.15 (a) cuyas dimensiones son 50 mm de ancho y 127 mm de diámetro, el cual consta de un conjunto de discos magnéticos y no magnéticos. Dicho dispositivo se encuentra entre dos polos de un circuito electromagnético, las laminaciones magnéticas son afectadas por el campo que induce el electroimán, provocando regiones con un alto gradiente magnético y la

<sup>49</sup> <http://www.monografias.com/trabajos73/sistema-electrico/sistema-electrico.shtml>

fuerza magnética para la separación, los fragmentos metálicos adheridos en el Rodillo Inducido son eliminados por un cepillo metálico, figura 4.15 (b).



**Fig. 4.15 (a) Rodillo Inducido**



**Fig. 4.15 (b) Cepillo Metálico**

#### 4.2.12.3.2.2 *Motor eléctrico*

El motor DC, figura 4.16 del separador magnético, cuya potencia es de  $\frac{1}{4}$  hp, permite alcanzar velocidades de rotación del rodillo inducido que oscilan entre 0 y 300 rpm, las cuales son reguladas por el mismo controlador del Electroimán,



**Fig. 4.16 Motor Eléctrico**

#### 4.2.12.3.2.3 *Electroimán*

El electroimán, figura 4.17, produce un campo magnético debido a una corriente eléctrica, que puede ser regulada por un control independiente, figura 4.18, logrando obtener un campo inducido en la parte inferior del rodillo.

De acuerdo a la intensidad de corriente empleada, la apertura entre los electroimanes y el rodillo inducido, se puede conseguir un campo magnético conforme a la intensidad de corriente, empleando las curvas de calibración del equipo.



**Fig. 4.17 Electroimán**



**Fig. 4.18 Control independiente**

#### 4.2.12.3.2.4 Vibrador

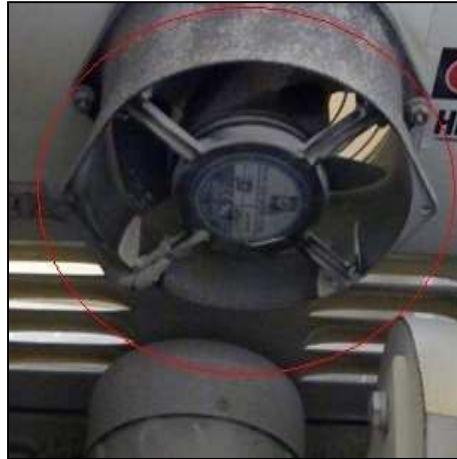
El vibrador, figura 4.19, produce un patrón de vibraciones las cuales penetran en la masa de la materia prima, manteniendo las partículas agitadas en una condición de flujo libre, se puede utilizar directamente desde una fuente de alimentación AC con un controlador estándar, y para una fuente de alimentación de corriente continua requiere de un controlador especial.



**Fig. 4.19 Vibrador**

#### 4.2.12.3.2.5 Ventilador

El ventilador, figura 4.20, está ubicado en la parte interna posterior del separador magnético y cuya función es la de mantener una temperatura de funcionamiento adecuado de todos los componentes internos.



**Fig. 4.20 Ventilador**

#### 4.2.12.3.2.6 Generador de corriente continua

Un Generador DC, figura 4.21 crea una tensión de corriente continua para el envío de la velocidad de rotación y la dirección. La tensión de salida es directamente proporcional a la velocidad de entrada, y es capaz de conducir un puntero indicador ya sea hacia arriba o hacia debajo de la escala dependiendo de la dirección de rotación.



**Fig. 4.21 Generador DC**



#### 4.2.12.3.2.7 Conexiones eléctricas

El cable de conexión, figura 4.22, representa el componente indispensable para el transporte de la energía entre los diferentes bloques que integran un elemento eléctrico<sup>50</sup>.



**Fig. 4.22 Conexiones eléctricas**

#### 4.2.12.3.2.8 Interruptores

Un interruptor eléctrico, figura 4.23, es un dispositivo utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica.



**Fig. 4.23 Interruptor**

<sup>50</sup> <http://www.enalmex.com/docpdf/libro/ch08.pdf.pdf>

#### 4.2.12.3.2.9 Reóstato

Los reóstatos varían el nivel de corriente, figura 4.24, es en un sentido amplio un dispositivo eléctrico, empleado para controlar la velocidad giratoria del rodillo inducido, el movimiento del vibrador y corriente magnética.



**Fig. 4.24 Reóstato**

#### 4.2.12.3.2.10 Transformador

El transformador, figura 4.25, permite aumentar o disminuir la tensión del circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia<sup>51</sup>.



**Fig. 4.25 Transformador**

<sup>51</sup> <http://www.ecured.cu/index.php/Transformador>

#### 4.2.12.4 Diagrama de Ishikawa aplicado al Separador Magnético

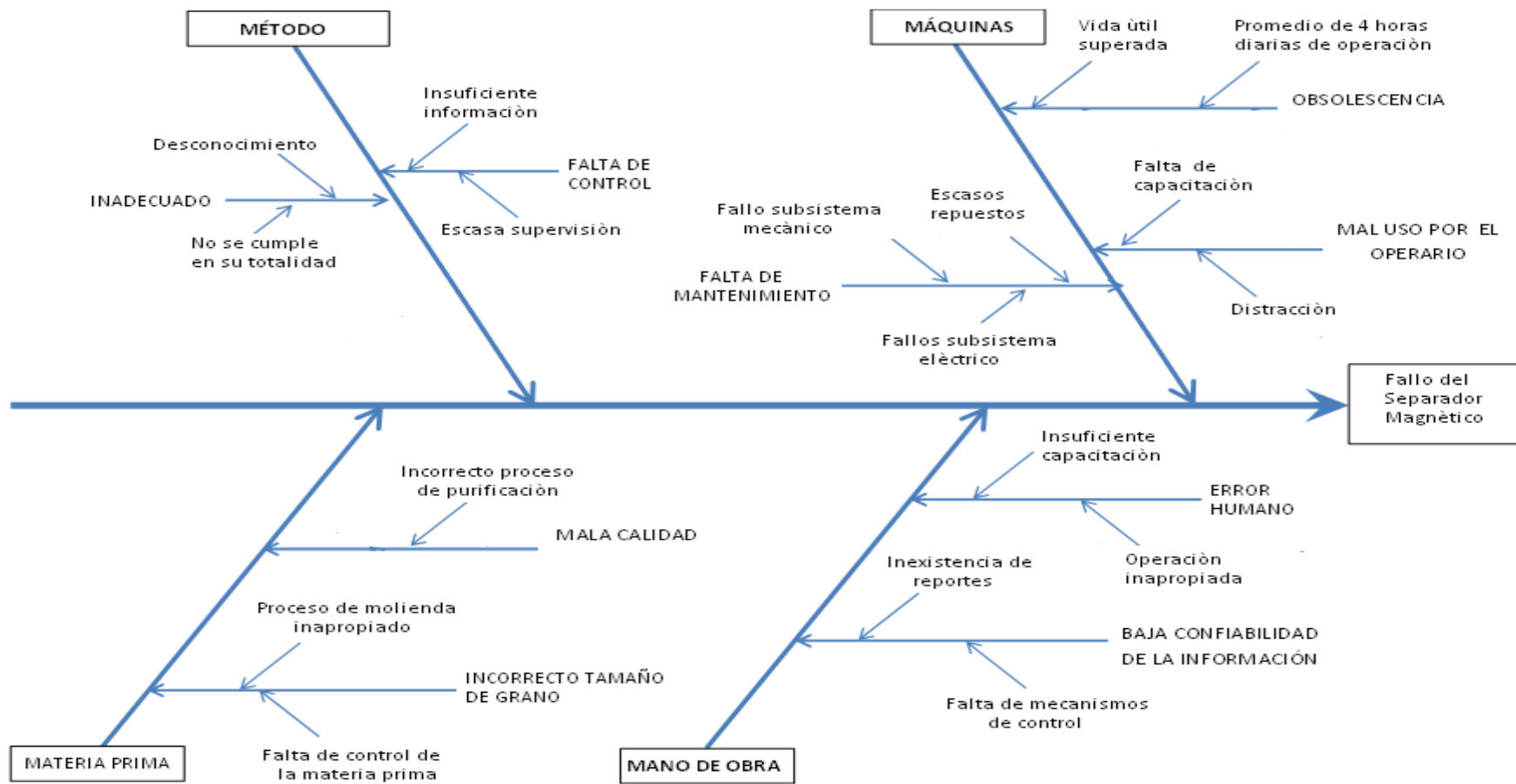


Fig. 4.26 Diagrama Ishikawa aplicado al Separador Magnético

#### 4.2.12.5 Árbol de Fallos del Separador Magnético

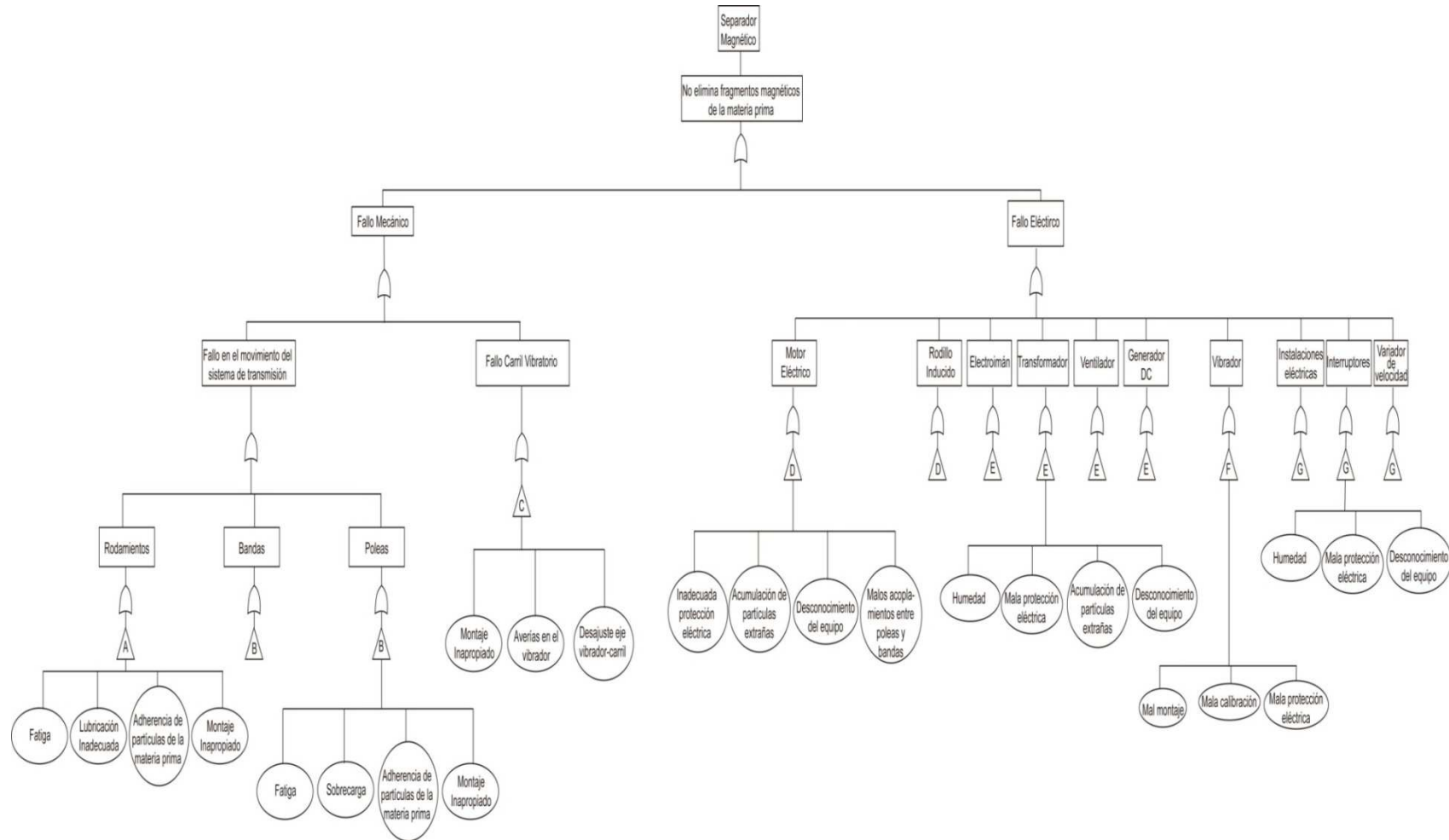


Fig. 4.27 Árbol de Fallos del Separador Magnético

4.2.12.6 Elaboración de Tablas A.M.F.E. para el separador magnético

Tabla 4.21 A.M.F.E. Subsistema Mecánico del Separador Magnético


		ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO							
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 1				
Separador Magnético.		Mecánico.	Purificación.						
Código:		Código:	Elaborado por:						
(P-SM-08)		(P-SM-08)(M)	Ávila- Rodríguez						
Código:		Código:	Revisado por:	Estado					
(P-SM-08)		(P-SM-08)(M)	Ing. F. Jácome						
Fecha:				Condiciones					
Componente		Modo	Efecto	Causa	Condiciones				Estado
Nombre	Código				F	D	G	IPR	
Tolva de Alimentación.	(TA-01)	Aislamiento de perillas y tornillos de la tolva.	Flujo incorrecto del material desde la tolva hacia el carril vibratorio.	Apriete inapropiado del tornillo de ajuste y regulación de la puerta de alimentación de la tolva.	2	7	3	42	N
Carril Vibratorio.	(CV-02)	Desgaste eje de acople Carril – Vibrador.	Movimiento inadecuado del carril vibratorio.	Montaje inadecuado.	3	5	6	75	N
			Material no se dirige correctamente hacia el rodillo inducido.	Deterioro de componentes.	3	4	7	84	N
Separador.	(S-03)	Daño en la apertura o cierre de la lámina de división de trayectoria.	Incorrecta separación de fragmentos metálicos.	Deterioro de componentes	3	4	7	84	N
				Exceso de partículas de la materia prima en los componentes del mecanismo.	4	4	4	64	N

Tabla 4.22 A.M.F.E. Subsistema Mecánico del Separador Magnético


 Laboratorio de Cerámica		ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO							
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 2				
Separador Magnético	Mecánico	Purificación							
Código:	Código:	Elaborado por:							
(P-SM-08)	(P-SM-08)(M)	Ávila- Rodríguez							
Componente		Modo	Efecto	Causa	Condiciones				Estado
Nombre	Código				F	D	G	IPR	
Correa de Transmisión.	(CT-04)	Rotura y desgaste.	No transmite el movimiento o movimiento fuera del rango.	Desgaste.	5	3	8	120	FP
				Desalineamiento.	3	4	5	60	N
				Rotura.	4	4	8	128	FP
Poleas.	(P-05)	Desgaste.	Paro total o parcial del movimiento.	Desalineamiento.	3	7	7	147	FP
				Correa de transmisión defectuosa.	3	5	7	105	FP
Rodamientos y Ejes.	(RE-06)	Rodamiento trabado, desgaste en las superficies por el continuo movimiento.	Paro total o parcial del movimiento.	Suciedad excesiva acumulación de partículas.	6	5	6	180	FP
				Inadecuado movimiento del eje.	4	5	6	120	FP

Tabla 4.23 A.M.F.E. Subsistema Eléctrico del Separador Magnético


 Laboratorio de Cerámica		ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO							
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 3				
Separador Magnético	Eléctrico	Purificación							
Código:	Código:	Elaborado por:							
(P-SM-08)	(P-SM-08)(E)	Ávila- Rodríguez							
Componente		Modo	Efecto	Causa	Condiciones				Estado
Nombre	Código				F	D	G	IPR	
Rodillo Inducido.	(RI-01)	Bajo campo Magnético.	Fragmentos metálicos no se adhieren.	Corriente deficiente o nula en el Electroimán.	3	3	9	81	N
		Retiro inadecuado de partículas.	Excesiva acumulación de fragmentos metálicos en el rodillo.	Escasa fricción Cepillo -Rodillo.	3	5	6	90	N
		Movimiento erróneo o paralización total.	Se detiene el ciclo de separación de fragmentos metálicos.	Problemas en el mecanismo de transmisión.	3	5	6	90	N

Tabla 4.24 A.M.F.E. Subsistema Eléctrico del Separador Magnético


		ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO									
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 4						
Separador Magnético Código: (P-SM-08)		Eléctrico Código: (P-SM-08)(E)		Purificación Elaborado por: Ávila- Rodríguez					Revisado por: Ing. F. Jácome Fecha:		
				Revisado por: Ing. F. Jácome							
Componente		Modo	Efecto	Causa					Condiciones		
Nombre	Código				F	D	G	IPR			
Motor Eléctrico.	(ME-02)	Sobrecalentamiento.	Ineficiencia en el proceso.	Ventilación obstruida, suciedad interior.	6	5	7	210	FP		
				Aislamientos térmicos defectuosos.	3	6	6	108	FP		
		Vibraciones Mecánicas.	Calentamiento excesivo.	Operación inadecuada	3	3	5	45	N		
				Falta de lubricación de rodamientos.	3	7	6	126	FP		
			Reducción de la vida útil	Inadecuado ajuste en bandas.	3	7	5	105	FP		
				Poleas y rodamientos desgastados.	4	5	6	120	FP		



Tabla 4.25 A.M.F.E. Subsistema Eléctrico del Separador Magnético


		ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO							
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 5				
Separador Magnético	Eléctrico	Purificación							
Código:	Código:	Elaborado por:							
(P-SM-08)	(P-SM-08)(E)	Ávila- Rodríguez							
Componente		Modo	Efecto	Causa	Condiciones				Estado
Nombre	Código				F	D	G	IPR	
Electroimán	(EL-03)	No magnetiza los polos de cola y punta.	No se adhieren fragmentos metálicos en el rodillo inducido.	Corriente inadecuada,	4	3	6	72	N
				Deterioro de componentes.	3	3	7	63	N
				Suciedad excesiva acumulación de partículas	6	3	6	108	FP
Vibrador	(VI-04)	No existe vibración.	Movimiento erróneo o nulo del carril vibratorio.	Componentes internos sueltos.	3	6	6	108	FP
			No se dirige el material hacia el rodillo inducido.	Reóstato defectuoso.	3	3	7	63	N
				Conexiones sueltas en el controlador.	3	3	7	63	N

Tabla 4.26 A.M.F.E. Subsistema Eléctrico del Separador Magnético


 Laboratorio de Cerámica		ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO							
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 6				
Separador Magnético	Eléctrico	Purificación							
Código:	Código:	Elaborado por:							
(P-SM-08)	(P-SM-08)(E)	Ávila- Rodríguez							
Componente		Modo	Efecto	Causa	Condiciones				Estado
Nombre	Código				F	D	G	IPR	
Ventilador	(VE-05)	Giro inapropiado o carencia de movimiento.	Sobrecalentamiento de componentes internos del Separador Magnético.	Suciedad excesiva acumulación de partículas.	6	5	7	210	FP
				Sobrecarga del circuito.	3	6	6	108	FP
Tacómetro DC	(GE-06)	Censado incorrecto de la corriente de bobina y de la velocidad del Rodillo Inducido.	Incorrecta separación de fragmentos metálicos.	Suciedad excesiva acumulación de partículas.	3	6	5	90	N
				Sobrecarga del circuito.	3	6	5	90	N

Tabla 4.27 A.M.F.E. Subsistema Eléctrico del Separador Magnético


 Laboratorio de Cerámica		ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO										
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 7							
Componente		Modo	Efecto	Causa				Condiciones				Estado
Nombre	Código							F	D	G	IPR	
Separador Magnético		(P-SM-08)	(P-SM-08)(E)	Purificación								Normal
Código:				Código:	Elaborado por:							
(P-SM-08)		(P-SM-08)(E)	Ávila- Rodríguez									
Revisado por:		Fecha:	Ing. F. Jácome									
Conexiones Eléctricas		Cubierta de aislamiento deteriorada.	Daño parcial o pérdida total del equipo.	Suciedad excesiva acumulación de partículas.	2	3	9	54	Normal			
(CE-07)				Sobrecarga del circuito.	3	6	6	108	FP			
				Terminales deteriorados.	6	3	6	108	FP			
Interruptores		Falla en contactos.	Separador magnético no enciende.	Sobrecarga del circuito.	3	6	5	90	N			
(IN-08)				Fin de la vida útil.	3	1	8	32	N			
				Suciedad excesiva acumulación de partículas.	6	3	5	90	N			

Tabla 4.28 A.M.F.E. Subsistema Eléctrico del Separador Magnético


 Laboratorio de Cerámica		ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO											
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 8								
Componente									Condiciones				Estado
Nombre	Código	Modo	Efecto	Causa					F	D	G	IPR	
Reóstato	(RE-09)	Falla en contactos.	No arranca el motor eléctrico. No se acciona el vibrador. No existe corriente magnética.	Sobrecarga del circuito.					3	3	6	54	N
				Suciedad excesiva acumulación de partículas.	4	3	6	72	N				
Transformador	(TR-10)	Sobrecalentamiento.	Daño parcial o pérdida total del equipo.	Humedad.	4	5	6	120	FP				
				Sobrecarga del circuito.	3	6	6	108	FP				
				Suciedad excesiva acumulación de partículas.	6	3	6	108	FP				

Tabla 4.29 Acciones Correctivas del Subsistema Mecánico del Separador Magnético


 Laboratorio de Cerámica		A.M.F.E: ACCIONES CORRECTIVAS									
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 1						
Separador Magnético		Mecánico	Purificación								
Código:		Código:	Elaborado por:								
(P-SM-08)		(P-SM-08)(M)	Ávila- Rodríguez								
			Revisado por:								
			Ing. F. Jácome								
			Fecha:								
Componente		Modo	Efecto	ACCIÓN CORRECTIVA	Condiciones				Estado		
Nombre	Código				F	D	G	IPR			
Correa de Transmisión	(CT-04)	Rotura y desgaste.	No transmite el movimiento.	Revisión periódica del Componente y cambio de ser necesario.	4	2	8	64	N		
				Cambio del Componente.	3	3	8	72	N		
Poleas	(P-05)	Desgate.	Paro total o parcial del movimiento.	Revisión periódica y ajuste.	2	6	7	84	N		
				Revisión periódica del componente y cambio de ser necesario.	2	4	7	56	N		
Rodamientos y Ejes	(RE-06)	Rodamiento trabado, desgaste en las superficies.	Paro total o parcial del movimiento.	Limpieza diaria del área de trabajo del equipo.	5	3	6	90	N		
				Revisión periódica del componente y cambio de ser necesario.	3	4	6	72	N		

Tabla 4.30 Acciones Correctivas del Subsistema Eléctrico del Separador Magnético


 Laboratorio de Cerámica		A.M.F.E: ACCIONES CORRECTIVAS							
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 2				
Separador Magnético	Eléctrico	Purificación							
Código:	Código:	Revisado por:							
(P-SM-08)	(P-SM-08)(E)	Ing. F. Jácome							
Componente		Modo	Efecto	ACCIÓN CORRECTIVA	Condiciones				Estado
Nombre	Código				F	D	G	IPR	
Motor Eléctrico	(ME-02)	Sobrecalentamiento.	Ineficiencia en el proceso.	Revisión y limpieza periódica.	4	3	7	84	N
				Revisión periódica del elemento y cambio de ser necesario.	2	5	6	60	N
		Vibraciones Mecánicas.	Calentamiento excesivo. Reducción de la vida útil.	Revisión limpieza y lubricación periódicas.	2	5	6	60	N
				Revisar y corregir la tensión de la correa de transmisión.	2	5	5	50	N
				Cambio del Elemento.	3	5	5	75	N

Tabla 4.31 del Subsistema Eléctrico del Separador Magnético



		A.M.F.E: ACCIONES CORRECTIVAS							
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja Nº: 3				
Separador Magnético Código: (P-SM-08)		Eléctrico Código: (P-SM-08)(E)		Purificación Elaborado por: Ávila- Rodríguez					
				Revisado por: Ing. F. Jácome Fecha:					
Componente		Modo	Efecto	ACCIÓN CORRECTIVA					Condiciones
Nombre	Código				F	D	G	IPR	
Electroimán	(EL-03)	No magnetiza los polos de cola y punta.	No se adhieren fragmentos metálicos en el rodillo inducido.	Revisión y limpieza periódicas.	5	2	6	60	N
Vibrador	(VI-04)	No existe vibración.	Movimiento erróneo o nulo del carril vibratorio ..	Desmontaje e inspección.	2	5	6	60	N
Ventilador	(VE-05)	Giro inapropiado o carencia de movimiento.	Sobrecalentamiento de componentes internos del Separador Magnético.	Revisión y limpieza periódicas.	4	3	7	84	N
				Protección contra sobreintensidad.	2	5	6	60	N
Conexiones Eléctricas	(CE-07)	Cubierta de aislamiento deteriorada.	Daño parcial o pérdida total del equipo.	Protección contra sobreintensidad.	2	5	6	60	N

Tabla 4.32 Acciones Correctivas del Subsistema Eléctrico del Separador Magnético

 Laboratorio de Cerámica		A.M.F.E: ACCIONES CORRECTIVAS							
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja Nº : 4				
Separador Magnético	Eléctrico	Purificación							
Código:	Código:	Elaborado por:							
(P-SM-08)	(P-SM-08)(E)	Ávila- Rodríguez							
Componente		Modo	Efecto	ACCIÓN CORRECTIVA	Condiciones				Estado
Nombre	Código				F	D	G	IPR	
Conexiones Eléctricas	(CA-07)	Cubierta de aislamiento deteriorada.	Daño parcial o pérdida total del equipo.	Revisión y limpieza periódica, cambio del componente de ser necesario.	5	2	6	60	N
Transformador	(TR-10)	Sobrecalentamiento.	Daño parcial o pérdida total del equipo.	Aislamiento y protección adecuados.	2	4	6	48	N
				Protección contra sobreintensidad.	2	5	6	60	N
				Revisión y limpieza periódica del componente.	5	2	6	60	N



#### 4.2.13 MÁQUINA EXTRUSORA

La extrusión es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada. Las dos ventajas principales de este proceso por encima de procesos manufacturados son la habilidad para crear secciones transversales muy complejas y el trabajo con materiales que son quebradizos, porque el material solamente encuentra fuerzas de compresión y de cizallamiento, también las piezas finales se forman con una terminación superficial excelente.

La extrusión puede ser continua es decir produciendo teóricamente de forma indefinida materiales largos o semicontinua produciendo muchas partes El proceso de extrusión puede hacerse con el material caliente o frío.

Básicamente, el procedimiento de formación de piezas por extrusión consiste en hacer pasar una columna de pasta, en estado plástico, a través de una matriz que forma una pieza de sección constante.

Los equipos que se utilizan constan de tres partes principales: el sistema propulsor cuyo sistema más habitual es el de hélice, la matriz y la cortadora.

Esta máquina está destinada para la aplicación en lodos de materiales preparados en un filtro prensa o en un filtro rotativo de tamices. Gracias al desaireamiento de los materiales plásticos se puede obtener de la boquilla correspondiente tanto barras, para un tratamiento posterior, como también perfiles laminados. Fundamentalmente se obtiene de la prensa de vacío barras llenas para máquinas formadoras de rodillos y para torneado.

##### 4.2.13.1 Funcionamiento y principios de operación

La masa entregada en la cantidad correspondiente a los rodillos (parte 28 de cortes J-K y G-H), figura 4.28, es captada por estos y transportada al tornillo sin fin el cual gira bajo los rodillos.

A su vez masa es compactada por el tornillo sin fin y transportada a las placas perforadas (parte 20, corte E-F), figura 4.29. A través de los orificios de las placas es presionada la masa como hilos delgados a la cámara de vacío.

El vacío aquí reinante sobre el 90% de vacío de aire, separa el aire atrapado en la masa. Bajo la acción del vacío los hilos de arcilla son amasados por el tornillo sin fin y son formados por la placa de formación atornillada antes de la boquilla, en forma de barra.

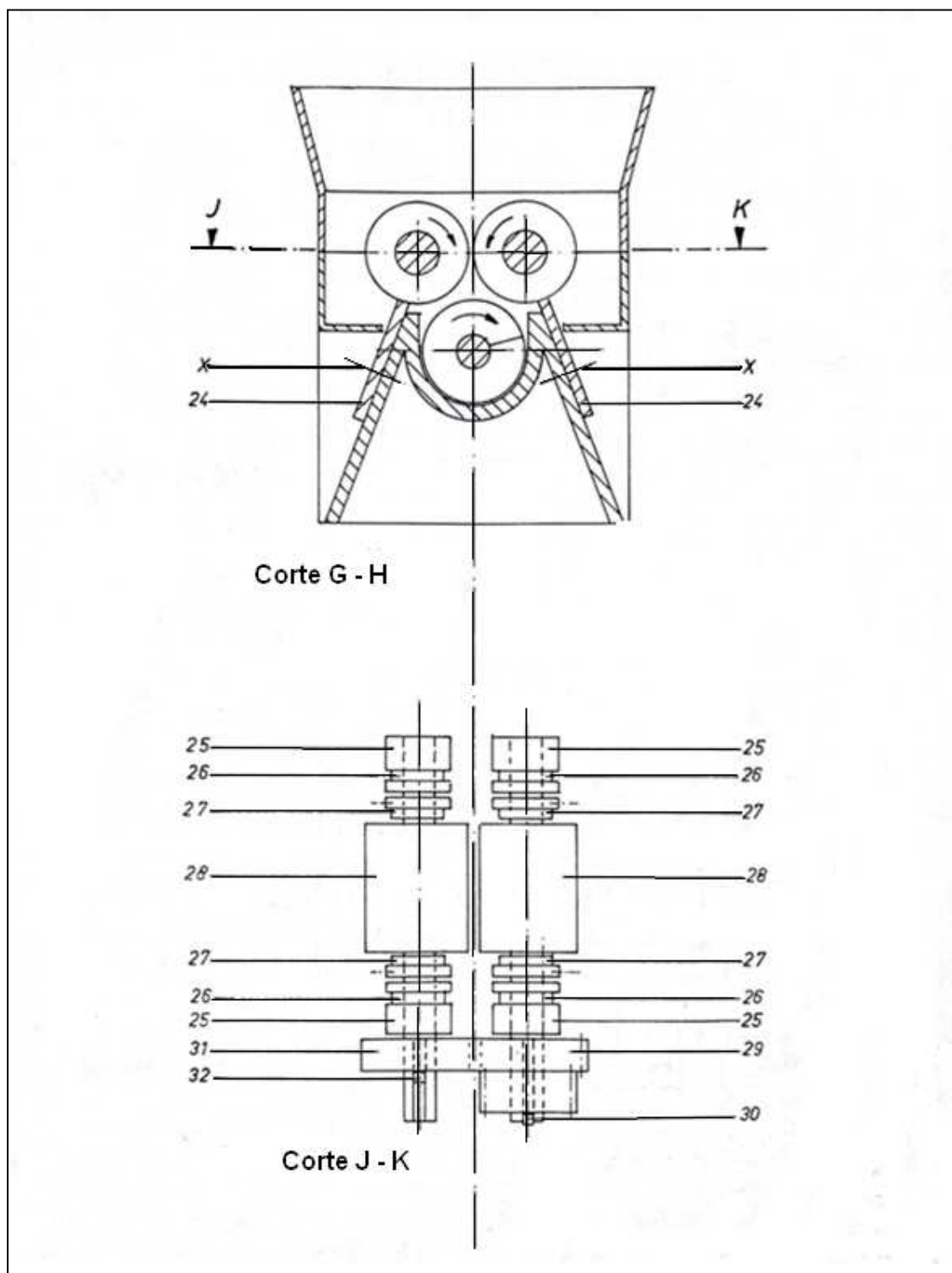
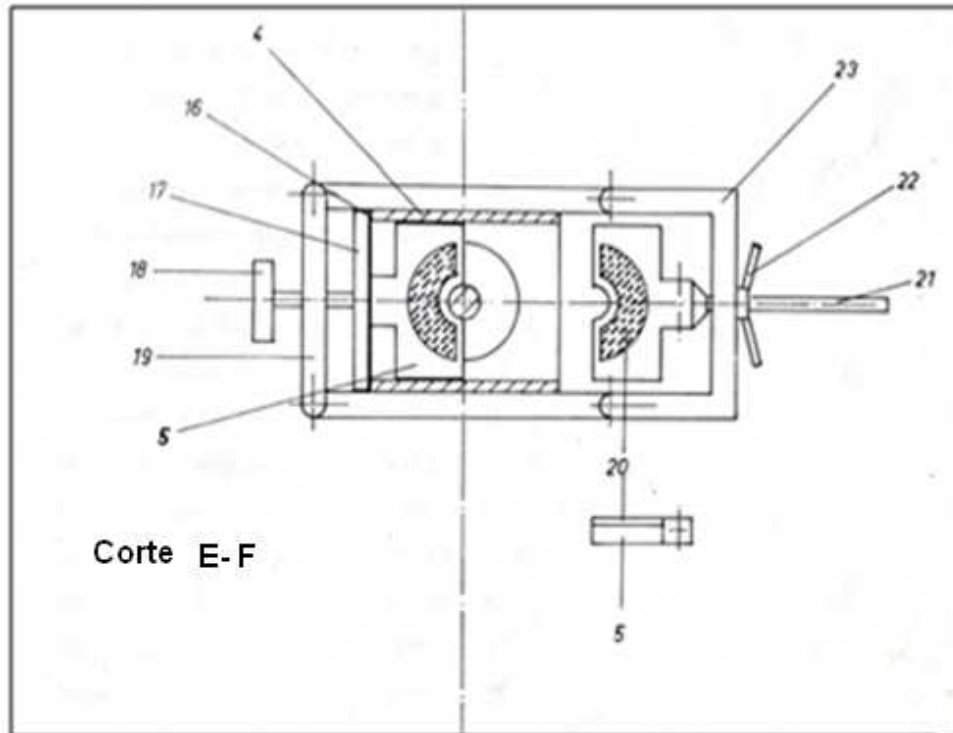


Fig. 4.28 Cortes G-H, J-K



**Fig. 4.29 Corte E-F**

#### 4.2.13.2 Descripción del Extrusor

En el Extrusor, figura 4.30, el material entregado a los rodillos de alimentación, es aprisionado por estos y es transportado a los tornillos sin fin que están girando en la parte inferior de los ejes. Gracias a los dos rodillos de alimentación la circulación del material queda completamente asegurada.

Desde los tornillos sin fin el material es presionado en forma de hilos delgados a través de las placas perforadas a la cámara de vacío.

Desde estos hilos, debido al vacío reinante en la cámara, es extraído el aire aprisionado.

El tornillo sin fin que funciona en la cámara protege el proceso de desaireación por medio de la rotura de las fibras y el amasado del material, además este dispositivo trabaja perpendicularmente en la cámara y evita un ascenso del material suelto en la parte superior de la cámara.

Gracias a la presencia del tornillo sin fin esta prensa de vacío está libre de taponamientos producidos por materiales suaves. En el cilindro final de la cámara

de vacío el material es comprimido y transportado a la boquilla. La parte de varias aletas que está conectada al final del tornillo sin fin, permite un transporte homogéneo a la boquilla.

La bomba de rotación de vacío no debe funcionar largo tiempo sin carga de vacío, puesto que entonces el aceite requerido sería expelido desde la bomba por el aire succionado.

Placas perforadas están sujetas a los protectores de las placas perforadas. En la cámara de vacío se introducen las placas perforadas en el sitio previsto, de tal modo que las placas perforadas quedan delante del laminador. Esta también se encuentra sellada por ambos lados con el empaque, la cubierta, la abrazadera y el tornillo.

Para sacar las placas perforadas con los protectores deben separarse las partes y en lugar de ellas debe colocarse el perno de extracción girando hacia atrás el perno, en el agujero de los protectores y la abrazadera. Los protectores de las placas perforadas son extraídos con el perno de la cámara de vacío.

Delante de la cámara de vacío están montados el cilindro y la boquilla, delante de la boquilla es atornillada la placa de formado para dar la forma de barra deseada.

El vacío reinante en la cámara de vacío es producido por una bomba de vacío especial, de aceite.



**Fig. 4.30 Extrusor**

**Tabla 4.33 Especificaciones técnicas del extrusor**

Especificaciones Técnicas			
Máquina: Extrusor	Modelo: VP-0	Serial: 10484	Código: (SF-EX-02)
Año de Fabricación: 1999	Marca: Gerhards		
Dimensiones: 140*40*220* cm.	Peso: 550 lb.	Capacidad: 600lb/h	
Motor Rodillos: Eberhard	Modelo: DKF963HL2/241	Serial: 1926015	
Motor Bomba Vacío: Rietschle	Modelo: CLFE 16V(01)	Serial: 800195	
Motor Agitador: Eberhard-Bauer	Modelo: DKF740HL2/178	Serial: M4886560	
Tensión: 110 V	Potencia: 1000W	Corriente: 8.5 A.	

#### 4.2.13.3 Identificación de sistemas, subsistemas y componentes del Extrusor

La extrusora utilizada en la Planta Piloto, cuenta con los siguientes subsistemas:

- Sistema eléctrico.
- Sistema de vacío.
- Sistema mecánico.

##### 4.2.13.3.1 Descripción del subsistema eléctrico.

Se alimenta la corriente al motor principal (M1), figura 4.31 (a), para el tronillo sin fin, a través del fusible grueso (F1.1), del protector del motor (K1M), y del relay de protección (F2.1).

A través del fusible grueso (F1.2), el protector del motor (K2M) y del relay de protección (F2.2), es alimentado el motor (M2), figura 4.31 (b), para el tornillo sin fin libre.

Para la Bomba de vacío, con el motor (M3), 4,31 (c), la conexión se cierra a través del fusible grueso (F1.3), del protector del motor (K3M) y del relay de protección

(F2.3). De esta manera quedan asegurados los motores contra sobrecargas y cortocircuito.



**Fig. 4.31 (a) Motor principal**



**Fig. 4.31 (b) Motor libre**

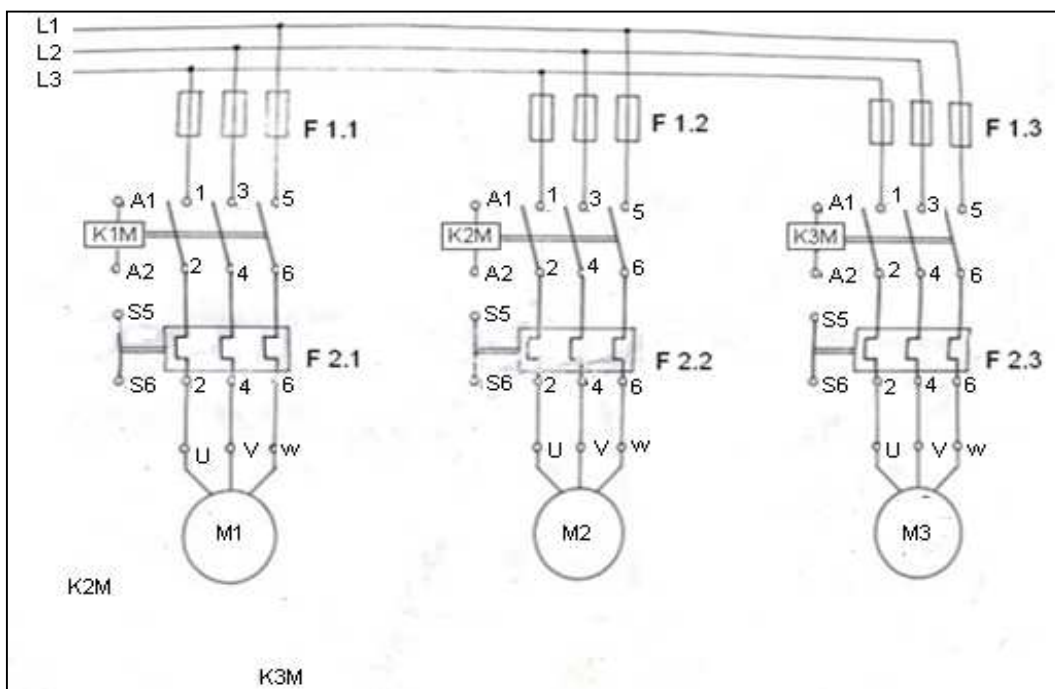


**Fig. 4.31 (c) Motor bomba de vacío**

La circulación de la corriente se asegura con el fusible grueso (F0) de acuerdo al diagrama eléctrico de la figura 4.32. A través del contacto del relay de protección (95-96 en F2.1 y F2.2) se alimenta la corriente al interruptor de emergencia (S13) colocado en la máquina.

El interruptor (S11/1) conecta los protectores de los motores (K1M y K2M) para el motor principal y el motor libre, que permanecen conectados por el protector (K1M) a través de los contactos (13-14). Con el interruptor (S11/0 o el S13) se

desconectan ambos motores. A través del relay de protección de contacto (95-96 en F2.3) se alimenta la corriente al interruptor (S12/1) y así se conecta con el protector (K3M) de la bomba de vacío, que se mantiene así a través de los contactos (13-14) hasta que se accione (S12/0).

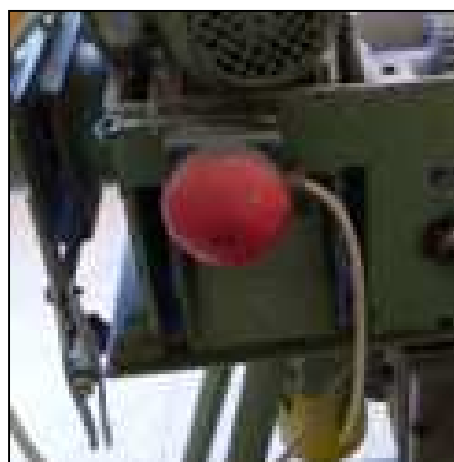


**Fig. 4.32 Diagrama eléctrico de motores del extrusor**

Tanto el sistema mecánico como el de vacío constan de interruptores para su accionamiento figura 4.33 (a) y un interruptor de emergencia para la paralización total del funcionamiento 4.33 (b).



**Fig. 4.33 (a) Interruptor**



**Fig. 4.33 (b) Interruptor de emergencia**

**Tabla 4.34 Componentes del subsistema eléctrico del extrusor**

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTES	CÓDIGO
Extrusora	Eléctrico	Motor Principal.	MP-01
		Motor Libre.	ML-02
		Motor bomba de Vacío.	MV-03
		Protectores.	KnM-04
		Relay de Protección.	FnM-05
		Interruptor.	SnM-06
		Interruptor Emergencia.	SnM-07

#### 4.2.13.3.2 Descripción del subsistema de vacío

El extrusor, posee una bomba de vacío tipo CLFK – CLFKB, que es apropiada para succión permanente de aire y de vapor de agua como también nieblas espesas de agua y agua en forma de gotas. El tipo CLFKB con recipiente de aceite adicional puede también momentáneamente extraer corrientes de agua en cantidades grandes sin que se estropee su funcionamiento.

Las bombas expulsarán en el funcionamiento posterior una gran parte de esta agua introducida como vapor, de manera que en corto tiempo pueden operar frente a una nueva corriente de agua. El espacio libre de la bomba de vacío es completamente libre de corrosión, de modo que puede encontrarse cualquier resto grande de agua en la bomba sin accionarla.

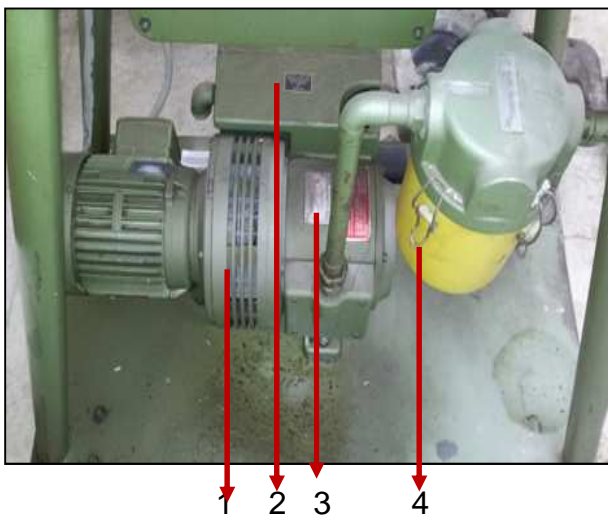
**Tabla 4.35 Componentes del subsistema de vacío del extrusor**

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTES	CÓDIGO
Extrusor.	Vacío.	Bomba de Vacío.	BV-01
		Recipiente Aceite.	RA-02
		Componentes Hidráulicos.	CH-03
		Filtro.	FI-04
		Manómetro.	MA-05



Este sistema se encuentra en la parte inferior de la base de la extrusora, el recipiente del aceite, el motor y el filtro se encuentran juntos, figura 4.34 (a) en cambio el manómetro, figura 4.34 (b), está ubicado cerca del tornillo sin fin, esto para facilitar su lectura.

Se debe tomar en cuenta que al tratarse de una bomba, esta funciona con tuberías, y otros componentes hidráulicos, los cuales pueden provocar fallas por el tiempo de uso que tengan estos dispositivos.



**Fig. 4.34 (a) Conjunto de vacío**

- 1.- Bomba de Vacío.
- 2.- Recipiente de Aceite.
- 3.- Componentes hidráulicos.



**Fig. 4.34 (b) Manómetro**

- 4.- Filtro.
- 5.- Manómetro.

**Tabla 4.36 Especificaciones técnicas de la bomba de vacío**

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Marca.	RIETSCHLE
Año.	1984
Tipo.	CIFE 16V.
Capacidad de Succión.	15 m3/h
Presión Final.	10 mbar
Potencia del Motor.	0.75 Kw // 1450/min

4.2.13.3.3 *Subsistema mecánico*

El subsistema mecánico del extrusor involucra todo el movimiento referente con la transición dinámica, posee partes tales como rodillos, engranes, rodamientos y tornillos sin fin.

**Tabla 4.37 Componentes del subsistema mecánico del extrusor**

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTES	CÓDIGO
Extrusor.	Mecánico.	Rodillos.	RS-01
		Piñón.	PI-02
		Tornillo sin fin primario.	TP-03
		Tronillo sin fin secundario.	TS-04
		Rodamientos.	RO-05

#### 4.2.13.3.3.1 *Tornillo sin fin primario*

El tornillo sin fin primario, figura 4.35, es accionado por el motor principal a través del engranaje, con el acople.

**Fig. 4.35 Tornillo sin fin primario**

#### 4.2.13.3.3.2 *Piñón*

Desde este piñón se accionan los rodillos a través del doble piñón, figura 4.36 (a). Todos los piñones giran en un baño de aceite que se puede observar en la figura 4.36 (b).



**Fig. 4.36 (a) Doble piñón**



**Fig. 4.36 (b) Baño de aceite piñón**

#### 4.2.13.3.3.3 Rodillos.

Los rodillos, figura 4.37, están sujetos contra la carcasa de alimentación a través de anillos y se mueven sobre soportes.



**Fig. 4.37 Rodillos**

#### 4.2.13.3.3.4 Tornillo sin fin secundario.

Sobre la cámara de vacío está instalado perpendicularmente el motor libre, figura 4.38 (a), acoplado con el tornillo sin fin secundario, figura 4.38 (b), que protege de taponamientos a la conexión de la bomba de vacío.



**Fig. 4.38 (a) Motor libre**



**Fig. 4.38 (b) Tornillo sin fin secundario**

#### 4.2.13.3.3.5 Rodamientos

Los rodamientos de empuje de rodillos cilíndricos son una especie de cojinete giratorio utilizado especialmente para actuar apoyando la fuerza axial.

#### 4.2.13.4 Inspección y lubricación

La falta o una inadecuada lubricación entre dos o más superficies que están en movimiento relativo, genera desgaste ya que entran en contacto generando un incremento considerable en la temperatura. El desgaste producido se refleja como pequeñas partículas metálicas desprendidas que a su vez generan un desgaste mayor, modificando las tolerancias de los elementos de la maquina, lo que se traduce en ruido, deterioro de los equipos ,gastos de mantenimiento y reducción en la producción.

Se debe controlar frecuentemente el estado del aceite, para la bomba de vacío del tipo CLFKB se puede subir el nivel de aceite sobre la marca “max” en el rango azul luego de la succión de grandes cantidades de agua, puesto que el agua se deposita en la parte inferior del recipiente adicional de aceite.

En este caso, en primer lugar debe extraerse el agua a través de la llave de condensado, y luego en caso de ser necesario, corregir el nivel de aceite.

Cambiar el aceite luego de alrededor de 500 horas de funcionamiento y debe usarse exclusivamente aceite lubricante de viscosidad de 55 hasta 85 cSt a 50°C y un punto de inflamación de sobre los 250°C.

4.2.13.5 Diagrama de Ishikawa para determinar fallos en el extrusor

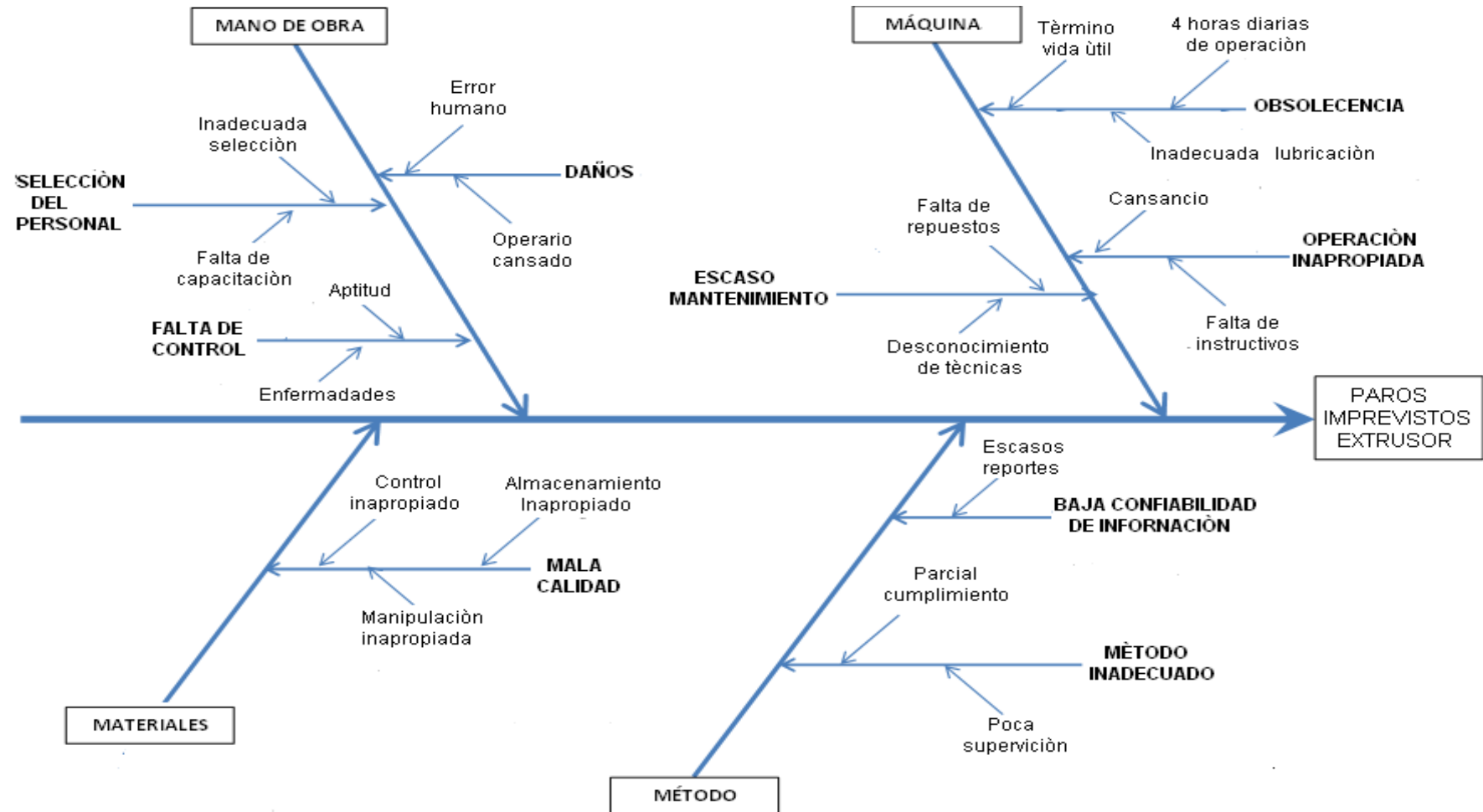


Fig. 4.39 Diagrama de Ishikawa aplicado al Extrusor

#### 4.2.13.6 Árbol de Fallos del extrusor

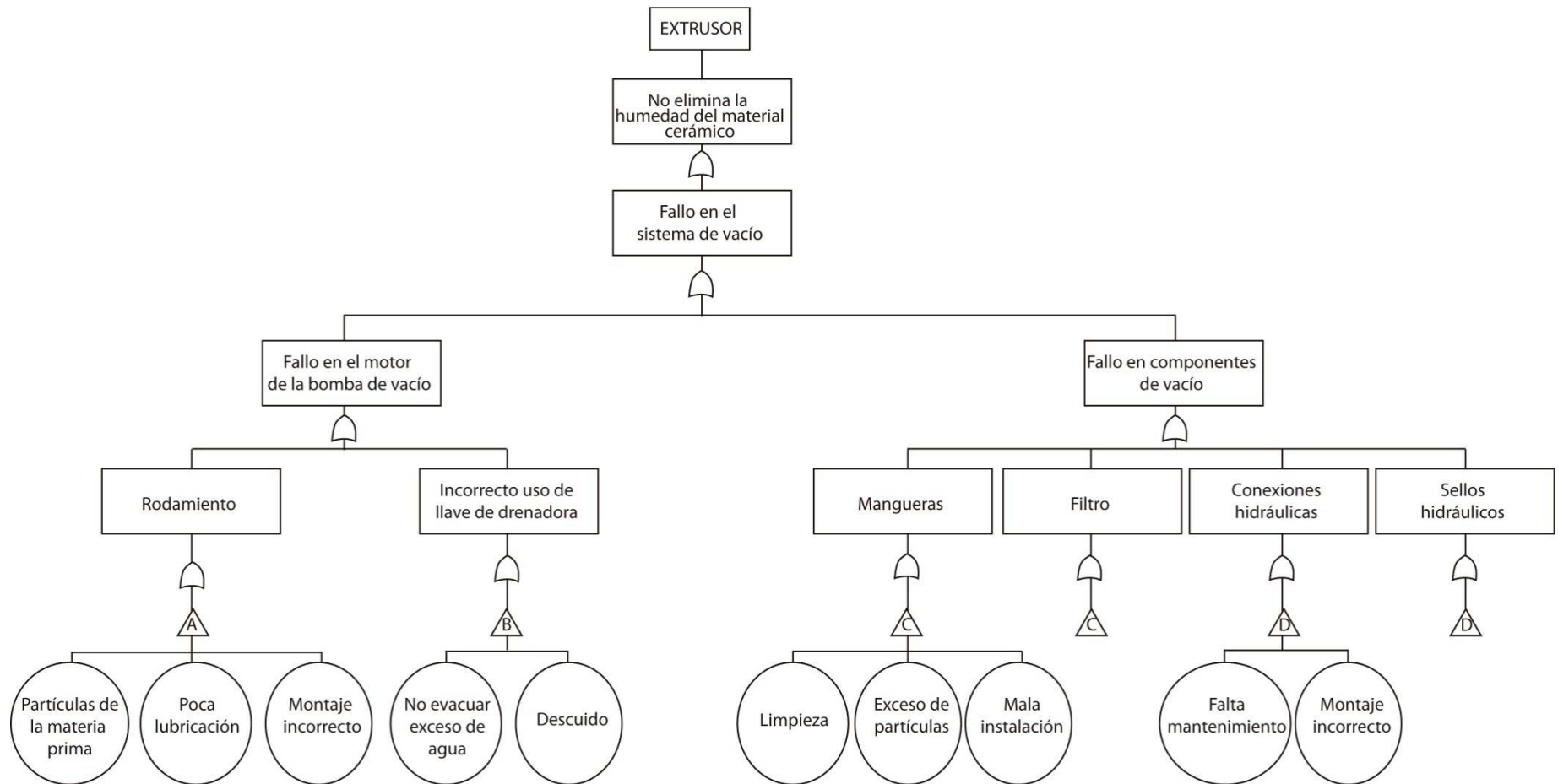


Fig. 4.40 Árbol de fallos Extrusor

4.2.13.7 Elaboración de Tablas A.M.F.E .para el extrusor

Tabla 4.38 A.M.F.E. Subsistema Eléctrico del Extrusor


		ANALISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO										
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 1							
Extrusor		Eléctrico		Secado y Formado								
Código:		Código:		Elaborado por:								
(SF-EX-02)		(SF-EX-02)(E)		Ávila- Rodríguez								
Componente		Modo		Efecto		Causa		Condiciones		Estado		
Nombre	Código							F	D		G	IPR
Protectores.	KnM-04	Sobrecalentamiento.		Se deja sin protección eléctrica a la extrusora.		Uso prolongado.		2	6	7	84	N
Relays.	FnM-05	Desconexión.		Poca tensión en la máquina.		Sobrecarga.		3	6	5	90	N
Interruptores.	SnM-06	Desconectado.		Máquina sin función ON/OFF.		Operación de encendido y apagado excesiva.		2	7	3	42	N

Tabla 4.39 A.M.F.E. Subsistema Eléctrico del Extrusor


		ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO							
		Sistema: Extrusor	Subsistema: Eléctrico	Área: Secado y Formado	Hoja N° : 2				
Código: (SF-EX-02)	Código: (SF-EX-02)(E)	Elaborado por: Ávila- Rodríguez							
		Revisado por: Ing. F. Jácome	Fecha:						
Componente		Modo	Efecto	Causa	Condiciones				Estado
Nombre	Código				F	D	G	IPR	
Motor eléctrico principal.	MP-01	Desgaste de rodamientos.	Ruidos y movimiento inapropiado.	Mala Lubricación.	3	4	8	96	N
				Presencia y acumulación de partículas contaminantes.	4	3	8	96	N
Motor eléctrico libre.	ML-02	Desgaste de rodamientos.	Ruidos y movimiento inapropiado.	Mala lubricación.	3	4	8	96	N
				Presencia y acumulación de partículas contaminantes.	3	3	8	72	N
				Incorrecta instalación.	4	6	6	144	FP



Tabla 4.40 A.M.F.E. Subsistema Eléctrico del Extrusor


		ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO							
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 2.1				
Extrusor		Eléctrico		Secado y Formado					
Código:		Código:		Elaborado por:					
(SF-EX-02)		(SF-EX-02)(E)		Ávila- Rodríguez					
Código:		Código:		Revisado por:					
(SF-EX-02)		(SF-EX-02)(E)		Ing. F. Jácome					
Código:		Código:		Fecha:					
Código:		Código:		Fecha:					
Componente		Modo	Efecto	Causa	Condiciones				Estado
Nombre	Código				F	D	G	IPR	
Motor bomba de vacío.	MV-03	Desgaste de rodamientos.	Ruidos y movimiento inapropiado.	Mala Lubricación.	4	6	8	192	FP
				Presencia y acumulación de partículas contaminantes.	5	6	7	210	FP
Interruptor de emergencia.	SnM-07	Sin funcionar.	Paros emergentes sin funcionamiento.	Conexiones eléctricas en mal estado.	2	4	8	64	N
				Botón deteriorado, contactos internos en mal estado.	2	3	8	48	N

Tabla 4. 41 A.M.F.E. Subsistema Vacío del Extrusor


		ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO										
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 3							
		Extrusor	Vacío	Secado y Formado								
				Elaborado por:								
		Código:	Código:	Revisado por:								
		(SF-EX-02)	(SF-EX-02)(V)	Ing. F. Jácome								
				Fecha:								
Componente		Modo	Efecto	Causa	Condiciones				Estado			
Nombre	Código				F	D	G	IPR				
Recipiente de Aceite.	RA-02	Mescla excesiva de agua y aceite.	La presión de aceite subirá excesivamente.	Absorción de cantidades grandes de agua sin el drenaje correspondiente.	5	8	7	280	FP			
Filtro.	FI-04	Obstrucción.	Sobrecalentamiento del motor.	Falta de limpieza por aire/agua o reemplazo de filtro.	5	2	9	90	N			
Manómetro.	MA-05	Lectura incorrecta.	Poca o excesiva generación de vacío.	Mangueras o válvulas en mal estado.	2	4	3	24	N			

Tabla 4.42 A.M.F.E. Subsistema Vacío del Extrusor


 <p>Laboratorio de Cerámica</p>		ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO							
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja Nº : 3.3				
		Extrusor	Vacío	Secado y Formado					
		Código:	Código:	Elaborado por:					
(SF-EX-02)	(SF-EX-02)(V)	Ávila- Rodríguez							
Componente		Modo	Efecto	Causa	Condiciones				Estado
Nombre	Código				F	D	G	IPR	
Componentes Hidráulicos.	CH-03	Rotura.	Derramamiento de lubricante.	Uso prolongado, termino vida útil.	2	6	7	84	N
		Taponamiento	Perdida de presión de aceite.	Filtro en mal estado.	2	5	7	70	N
Bomba de Vacío.	BV-01	Empaques deteriorados	Exceso de Humedad y aire.	Mala instalación.	2	2	8	32	N

Tabla 4.43 A.M.F.E. Subsistema Mecánico del Extrusor


 Laboratorio de Cerámica		ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO								
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 4					
		Extrusor	Mecánico	Secado y Formado						
		Código:	Código:	Elaborado por:						
		(SF-EX-02)	(SF-EX-02)(M)	Ávila- Rodríguez						
				Revisado por:						
				Ing. F. Jácome						
				Fecha:						
Componente		Modo	Efecto	Causa	Condiciones				Estado	
Nombre	Código				F	D	G	IPR		
Rodillos.	RS-01	Desgaste de Rodamientos.	Ruidos y movimiento Inapropiado.	Mala lubricación	3	6	6	108	FP	
				Presencia y acumulación de partículas contaminantes.	3	5	6	90	N	
Piñón.	PI-02	Desgaste de dientes.	Vibraciones excesivas.	Mala lubricación.	2	5	7	70	N	
				Partículas atrapadas entre dientes.	1	6	7	42	N	
Tornillo sin fin primario.	TP-03	Giro fuera de eje.	Rozamiento con la carcasa.	Mala instalación.	2	6	7	84	N	

Tabla 4.44 A.M.F.E .Subsistema Mecánico del Extrusor


		ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO							
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 4.1				
		Extrusor	Mecánico	Secado y Formado					
		Código:	Código:	Elaborado por:					
(SF-EX-02)	(SF-EX-02)(M)	Ávila- Rodríguez							
Componente		Modo	Efecto	Causa	Condiciones				Estado
Nombre	Código				F	D	G	IPR	
Tornillo sin fin secundario.	TS-04	Giro fuera de eje.	Rozamiento con la carcasa.	Mala instalación.	2	6	7	84	N
Rodamientos.	RO-05	Desgaste.	Ruido y movimiento inapropiado.	Uso prolongado, termino vida útil.	4	6	7	168	FP

Tabla 4.45 Acciones correctivas Subsistema Eléctrico del Extrusor


 <p>Laboratorio de Cerámica</p>		A.M.F.E: ACCIONES CORRECTIVAS							
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 1				
		Extrusor	Eléctrico	Secado y Formado					
		Código:	Código:	Elaborado por:					
(SF-EX-02)	(SF-EX-02)(E)	Ávila- Rodríguez							
Componente		Modo	Efecto	Acción Correctiva	Condiciones				Estado
Nombre	Código				F	D	G	IPR	
Motor eléctrico libre.	ML-02	Desgaste de rodamientos.	Ruidos y movimiento inapropiado.	Instalar de acuerdo a catálogo.	3	5	6	90	N
Motor bomba de vacío.	MV-03	Desgaste de rodamientos.	Ruidos y movimiento inapropiado.	Revisar periódicamente nivel y presión de aceite.	3	4	8	96	N
				Revisión periódica de filtros.	3	4	7	84	N

Tabla 4.46 Acciones correctivas Subsistema de Vacío del Extrusor


 <p><b>Laboratorio de Cerámica</b></p>		<b>A.M.F.E: ACCIONES CORRECTIVAS</b>							
		<b>Sistema:</b> Extrusor	<b>Subsistema:</b> Vacío	<b>Área:</b> Secado y Formado <b>Elaborado por:</b> Ávila- Rodríguez	<b>Hoja N° : 2</b>				
<b>Código:</b> (SF-EX-02)	<b>Código:</b> (SF-EX-02)(V)	<b>Revisado por:</b> Ing. F. Jácome							
<b>Componente</b>		<b>Acción correctiva</b>	<b>Condiciones</b>						<b>Estado</b>
<b>Nombre</b>	<b>Código</b>		<b>F</b>	<b>D</b>	<b>G</b>	<b>IPR</b>			
Recipiente de Aceite.	RA-02	Mescla excesiva de agua y aceite.	La presión de aceite subirá excesivamente	Drenar el agua luego de cada uso mediante la llave de drenado.	2	4	7	56	N

Tabla 4.47 Acciones correctivas Subsistema Mecánico del Extrusor

		A.M.F.E: ACCIONES CORRECTIVAS								
		Sistema:	Subsistema:	Área:	Hoja N° : 3					
		Extrusor	Mecánico	Secado y Formado						
				Elaborado por: Ávila- Rodríguez						
		Código: (SF-EX-02)	Código: (SF-EX-02)(M)	Revisado por: Ing. F. Jácome						
				Fecha:						
Componente		Modo	Efecto	Causa	Condiciones				Estado	
Nombre	Código				F	D	G	IPR		
Rodillos.	RS-01	Desgaste de Rodamientos.	Ruidos y movimiento Inapropiado.	Cambio y revisión de aceite de rodillos periódicamente.	2	5	6	60	N	
Rodamientos.	RO-05	Desgaste.	Ruido y movimiento inapropiado.	Revisión periódica del Componente y cambio de ser necesario.	3	4	7	84	N	



### 4.3 PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO

La programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario<sup>52</sup>.

Su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.


Desde la tabla 4.48, hasta la tabla 4.51, se muestra la programación de mantenimiento para el separador magnético, de acuerdo a la operación de las máquinas dentro del período semestral de labores académicas de la institución.

Desde la tabla 4.52, hasta la tabla 4.55 se muestra la programación de mantenimiento, para el extrusor, de acuerdo a la operación de las máquinas dentro del período semestral de labores académicas de la institución.


---

<sup>52</sup> [http://www.solomantenimiento.com/m\\_preventivo.htm](http://www.solomantenimiento.com/m_preventivo.htm)

**Tabla 4.48 Programación de Mantenimiento Separador Magnético**

 <p><b>Laboratorio de Cerámica</b></p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>					
	<b>PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO SEPARADOR MAGNÉTICO</b>				<b>Máquina:</b> Separador Magnético	<b>Código:</b> (P-SM-08)
					<b>Elaborado por:</b> Ávila - Rodríguez	
					<b>Revisado por:</b> Ing. Fernando Jácome	
					<b>Fecha:</b>	
<b>TAREA</b>	<b>MES: Agosto</b>				<b>RESPONSABLE</b>	
	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>		
Limpiar el cepillo de partículas luego de cada operación.	x	x	x	x	Mecánico.	
Revisión de correas de transmisión.	x			x	Mecánico.	
Revisión, limpieza y lubricación de rodamientos.	x			x	Mecánico.	
Revisión y limpieza de poleas.	x			x	Mecánico	
Revisión y limpieza del electroimán.	x			x	Mecánico / Eléctrico.	
Revisión y limpieza de polo de nariz y polo de cola.	x			x	Mecánico / Eléctrico.	
Revisión y limpieza de rodillo inducido.	x	x	x	x	Mecánico.	

**Tabla 4.49 Programación de Mantenimiento Separador Magnético.**

 <p><b>Laboratorio de Cerámica</b></p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>					
	<b>PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO SEPARADOR MAGNÉTICO</b>				<b>Máquina:</b> Separador Magnético	<b>Código:</b> (P-SM-08)
					<b>Elaborado por:</b> Ávila - Rodríguez	
					<b>Revisado por:</b> Ing. Fernando Jácome	
					<b>Fecha:</b>	
<b>TAREA</b>	<b>MES: Septiembre</b>				<b>RESPONSABLE</b>	
	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>		
Limpieza del cepillo de partículas luego de cada operación.	x	x	x	x	Mecánico.	
Revisión y limpieza de tolva de alimentación.	x		x		Mecánico.	
Revisión del conjunto de vibración.	x			x	Mecánico / Eléctrico.	
Revisión del sistema Separador Magnético.				x	Mecánico.	
Revisión y limpieza del electroimán.			x		Mecánico / Eléctrico.	
Revisión y limpieza de polo de nariz y polo de cola.		x	x		Mecánico / Eléctrico.	
Revisión y limpieza de rodillo inducido.	x	x	x	x	Mecánico / Eléctrico.	
Calibración de distancias entre rodillo inducido y polos de nariz y cola.				x	Mecánico.	

**Tabla 4.50 Programación de Mantenimiento Separador Magnético**


 <p><b>Laboratorio de Cerámica</b></p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>					
	<b>PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO SEPARADOR MAGNÉTICO</b>				<b>Máquina:</b> Separador Magnético	<b>Código:</b> (P-SM-08)
					<b>Elaborado por:</b> Ávila - Rodríguez	
					<b>Revisado por:</b> Ing. Fernando Jácome	
					<b>Fecha:</b>	
<b>TAREA</b>	<b>MES: Octubre</b>				<b>RESPONSABLE</b>	
	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>		
Limpiar el cepillo de partículas luego de cada operación.	x	x	x	x	Mecánico.	
Revisión y limpieza del motor eléctrico.			x		Mecánico / Eléctrico.	
Revisión y limpieza del transformador.			x		Mecánico / Eléctrico.	
Revisión y limpieza de polo de nariz y polo de cola.	x			x	Mecánico / Eléctrico.	
Revisión y limpieza de rodillo inducido.	x	x	x	x	Mecánico / Eléctrico.	

Tabla 4.51 Programación de Mantenimiento Separador Magnético


 <p><b>Laboratorio de Cerámica</b></p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>					
	<b>PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO SEPARADOR MAGNÉTICO</b>				<b>Máquina:</b> Separador Magnético	<b>Código:</b> (P-SM-08)
					<b>Elaborado por:</b> Ávila - Rodríguez	
					<b>Revisado por:</b> Ing. Fernando Jácome	
					<b>Fecha:</b>	
<b>TAREA</b>	<b>MES: Noviembre</b>				<b>RESPONSABLE</b>	
	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>		
Limpiar el cepillo de partículas luego de cada operación.	x	x	x	x	Mecánico.	
Revisión y limpieza del subsistema eléctrico.				x	Mecánico / Eléctrico.	
Revisión y limpieza del subsistema mecánico.				x	Mecánico / Eléctrico.	

Tabla 4.52 Programación de Mantenimiento Extrusor


 <p><b>Laboratorio de Cerámica</b></p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>					
	<b>PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO EXTRUSOR</b>				<b>Máquina:</b> Extrusor	<b>Código:</b> (SC-EX-02)
					<b>Elaborado por:</b> Ávila - Rodríguez	
					<b>Revisado por:</b> Ing. Fernando Jácome	
					<b>Fecha:</b>	
<b>TAREA</b>	<b>MES: Agosto</b>				<b>RESPONSABLE</b>	
	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>		
Revisión de nivel de aceite en bomba de vacío.	x	x	x	x	Mecánico.	
Revisión de aceite en rodillos y engranes.	x	x	x	x	Mecánico.	
Cambio de aceite en rodillos y engranajes.	x				Mecánico.	
Revisión general de motores.	x			x	Mecánico.	
Revisión y limpieza de cámara de vacío y componentes.	x			x	Mecánico.	
Revisión y limpieza de tornillos sin fin.	x	x	x	x	Mecánico.	
Revisión de sistema eléctrico y cableado.	x				Mecánico / Eléctrico.	
Revisión, cambio de filtro.	x				Mecánico.	

Tabla 4.53 Programación de Mantenimiento Extrusor

 <p><b>Laboratorio de Cerámica</b></p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>					
	<b>PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO EXTRUSOR</b>				<b>Máquina:</b> Extrusor	<b>Código:</b> (SC-EX-02)
					<b>Elaborado por:</b> Ávila - Rodríguez	
					<b>Revisado por:</b> Ing. Fernando Jácome	
					<b>Fecha:</b>	
<b>TAREA</b>	<b>MES: Septiembre</b>				<b>RESPONSABLE</b>	
	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>		
Revisión de nivel de aceite en bomba de vacío.	x	x	x	x	Mecánico.	
Revisión de aceite en rodillos y engranes.	x	x	x	x	Mecánico.	
Cambio de aceite en rodillos y engranajes.					Mecánico.	
Revisión general de motores.	x				Mecánico.	
Revisión y limpieza de cámara de vacío y componentes.		x	x		Mecánico.	
Revisión y limpieza de tornillos sin fin.	x	x	x	x	Mecánico.	
Revisión de sistema eléctrico y cableado.					Mecánico / Eléctrico.	
Revisión de filtro, cambio de ser necesario.		x			Mecánico.	

Tabla 4.54 Programación de Mantenimiento Extrusor



 <p><b>Laboratorio de Cerámica</b></p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>					
	<b>PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO EXTRUSOR</b>				<b>Máquina:</b> Extrusor	<b>Código:</b> (SC-EX-02)
					<b>Elaborado por:</b> Ávila - Rodríguez	
					<b>Revisado por:</b> Ing. Fernando Jácome	
					<b>Fecha:</b>	
<b>TAREA</b>	<b>MES: Octubre</b>				<b>RESPONSABLE</b>	
	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>		
Revisión de nivel de aceite en bomba de vacío.	x	x	x	x	Mecánico.	
Revisión de aceite en rodillos y engranes.	x	x	x	x	Mecánico.	
Cambio de aceite en rodillos y engranajes.					Mecánico.	
Revisión general de motores.	x				Mecánico.	
Revisión y limpieza de cámara de vacío y componentes.	x			x	Mecánico.	
Revisión y limpieza de tornillos sin fin.	x	x	x	x	Mecánico.	
Revisión de sistema eléctrico y cableado.					Mecánico / Eléctrico.	
Revisión de filtro, cambio de ser necesario.		x			Mecánico.	



Tabla 4.55 Programación de Mantenimiento Extrusor

 <p><b>Laboratorio de Cerámica</b></p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>					
	<b>PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO EXTRUSOR</b>				<b>Máquina:</b> Extrusor	<b>Código:</b> (SC-EX-02)
					<b>Elaborado por:</b> Ávila - Rodríguez	
					<b>Revisado por:</b> Ing. Fernando Jácome	
					<b>Fecha:</b>	
<b>TAREA</b>	<b>MES: Noviembre</b>				<b>RESPONSABLE</b>	
	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>		
Revisión de nivel de aceite en bomba de vacío.	x	x	x	x	Mecánico.	
Revisión de aceite en rodillos y engranes.	x	x	x	x	Mecánico.	
Cambio de aceite en rodillos y engranajes.					Mecánico.	
Revisión general de motores.	x				Mecánico.	
Revisión y limpieza de cámara de vacío y componentes.	x			x	Mecánico.	
Revisión y limpieza de tornillos sin fin.	x	x	x	x	Mecánico.	
Revisión de sistema eléctrico y cableado.					Mecánico / Eléctrico.	
Revisión de filtro, cambio se ser necesario.		x			Mecánico.	

## 4.4 DESARROLLO DEL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICA

### 4.4.1 OBJETIVO

El objetivo principal del desarrollo de este software denominado “SISMAP” es el de implementar una base de datos sobre las máquinas de la Planta Piloto de Cerámica en la cual exista una información adecuada sobre manuales operativos, códigos, diagramas, proveedores, entre otros, además facilitar el trabajo de mantenimiento al personal de la Planta dispuesto para este objetivo.

### 4.4.2 PANTALLA DE INICIALIZACIÓN DEL PROGRAMA SISMAP

Para inicializar el programa, figura 4.41, nos colocamos en el menú de inicio buscamos en el menú “Sismap” y ejecutamos.



Fig. 4.41 Ventana de Inicialización

#### 4.4.3 CÓDIGO DE USUARIO Y CONTRASEÑA

A continuación aparece la ventana donde vamos a colocar el nombre de usuario del sistema y su contraseña, figura 4.42, luego nos colocamos en “aceptar” y continuamos.

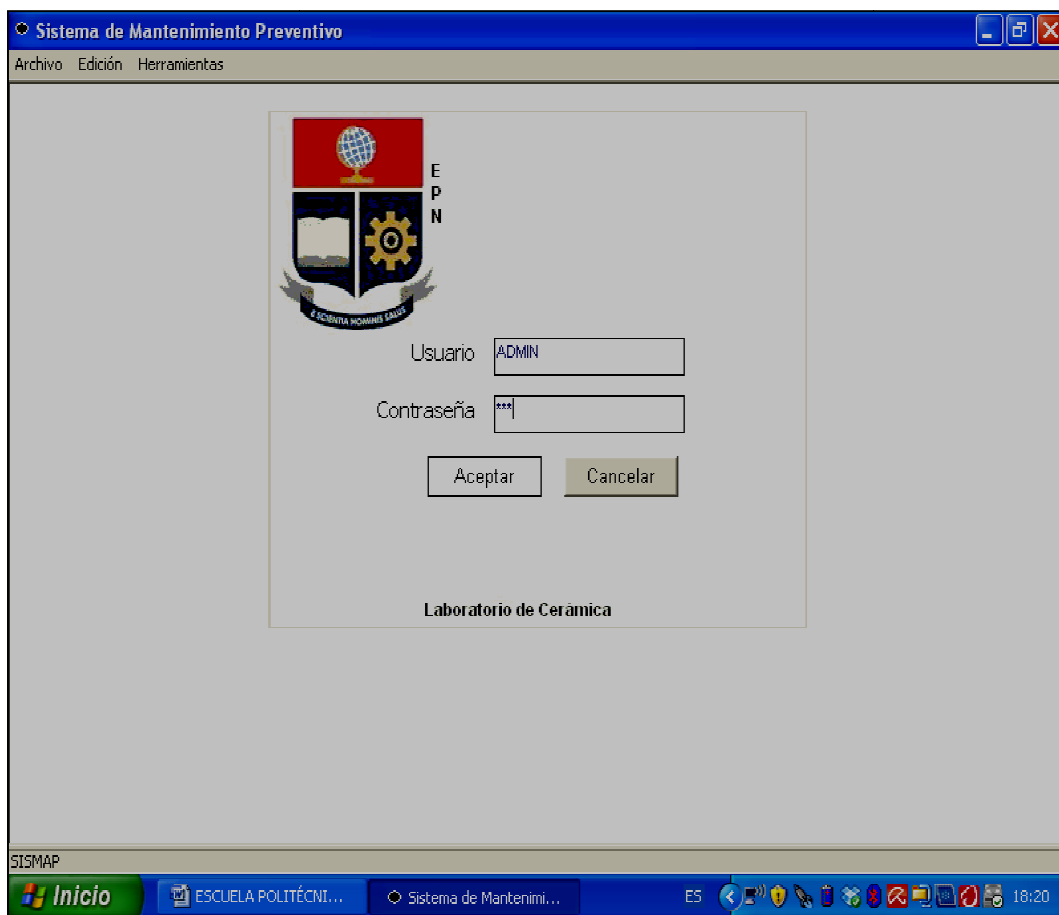


Fig. 4.42 Ventana de Código de Usuario y Contraseña

#### 4.4.4 PROVEEDORES

Esta ventana del programa nos es de mucha utilidad ya que en ella se ingresa todo lo relacionado con la información de los proveedores donde se adquirieron las máquinas de la Planta Piloto de Cerámica, figura 4.43.

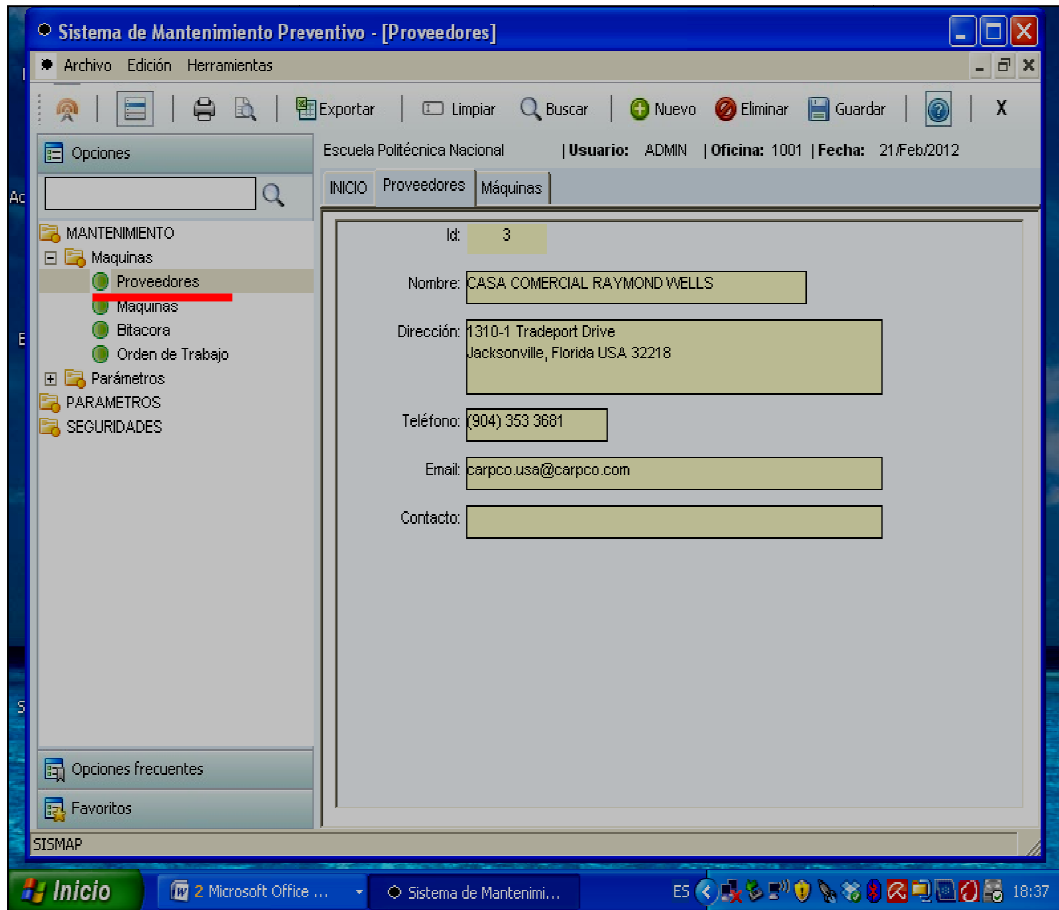


Fig. 4.43 Ventana de Proveedores

#### 4.4.5 FICHAS TÉCNICAS

El programa está diseñado para el ingreso de toda la información referente a las máquinas de la Planta Piloto de Cerámica, como en este caso podemos ingresar y archivar en esta ventana, las fichas técnicas de cada máquina, figura 4.44.

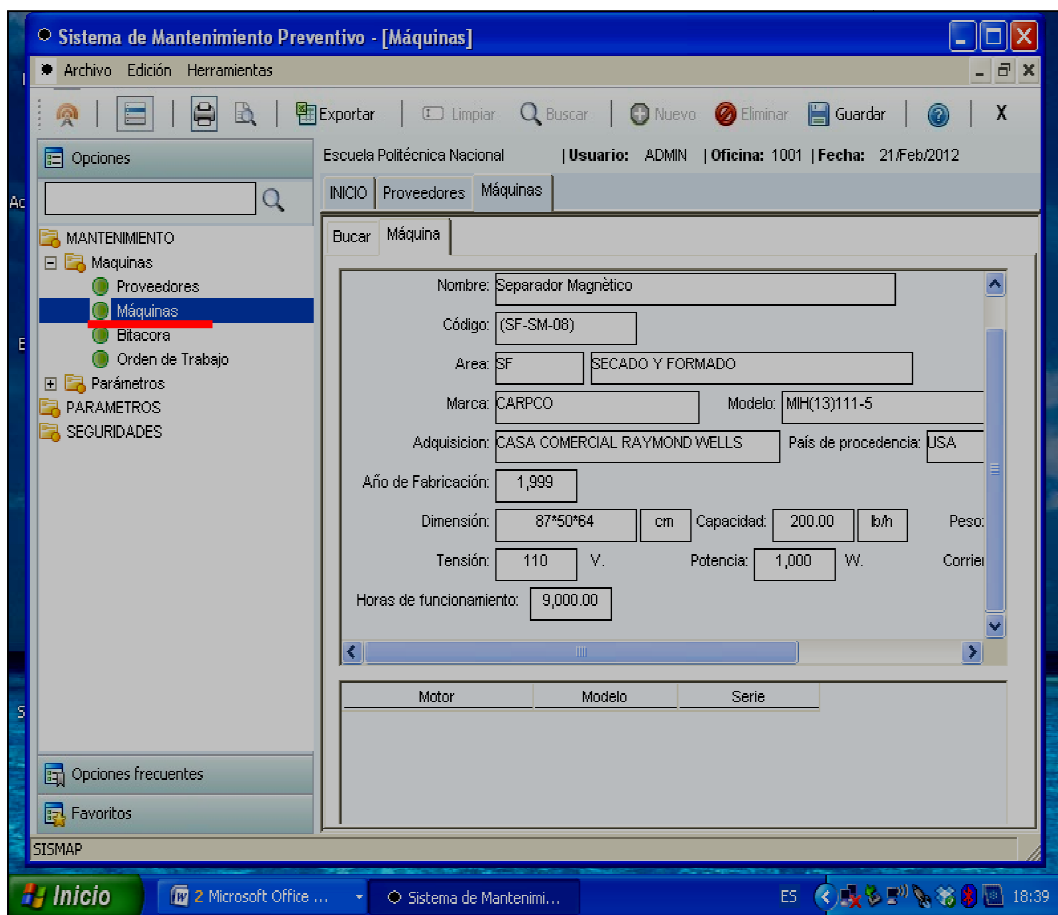


Fig. 4.44 Ventana de Fichas Técnicas

#### 4.4.6 BITÁCORA DE MÁQUINAS

Como ya hemos mencionado en el capítulo 3, la bitácora de máquinas es un elemento importante para el mantenimiento de las máquinas, donde se detalla la información de todos los trabajos de mantenimiento efectuados a dichas máquinas, figura 4.45, es así, que este software nos da la facilidad del ingreso de datos para este fin.

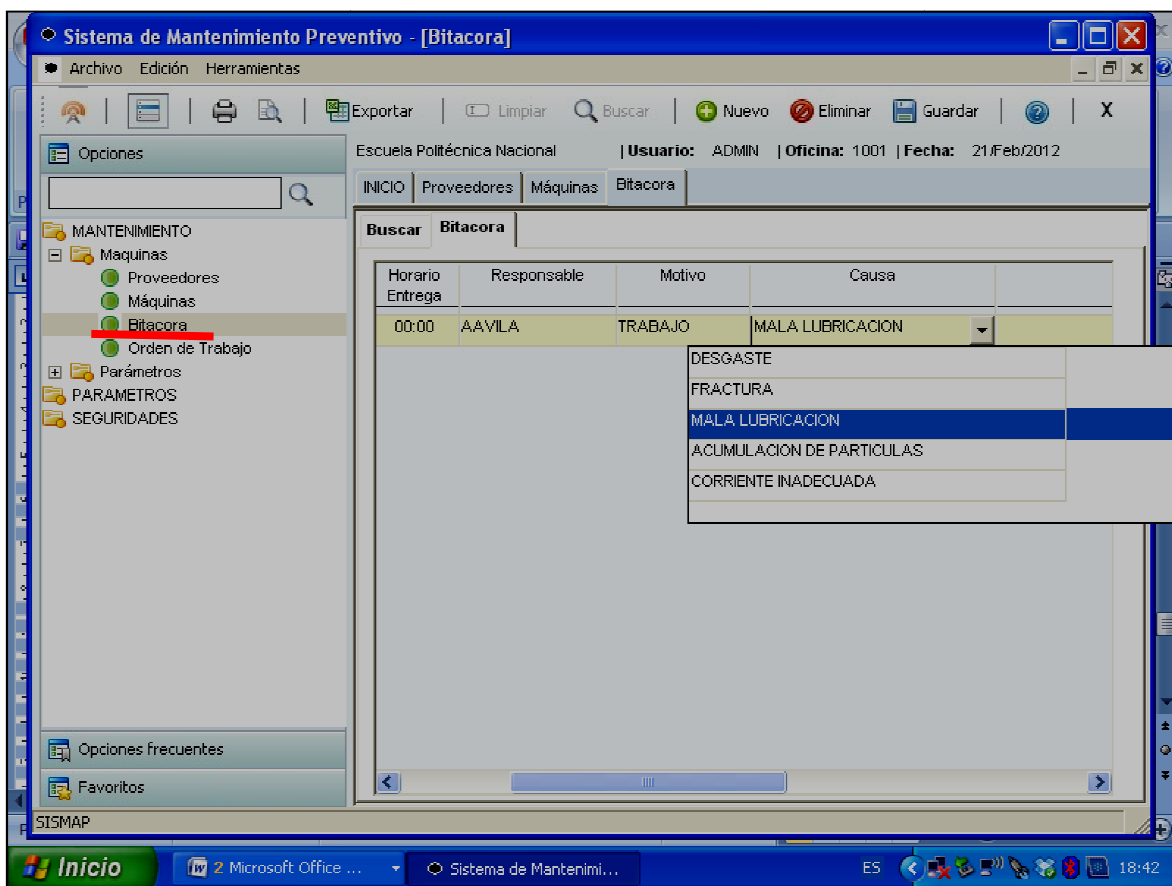


Fig. 4.45 Ventana de Bitácora de Máquinas

#### 4.4.7 ORDEN DE TRABAJO

En la ventana de Orden de Trabajo del programa, figura 4.46 se ingresa la información correspondiente a los trabajos de mantenimiento a efectuarse

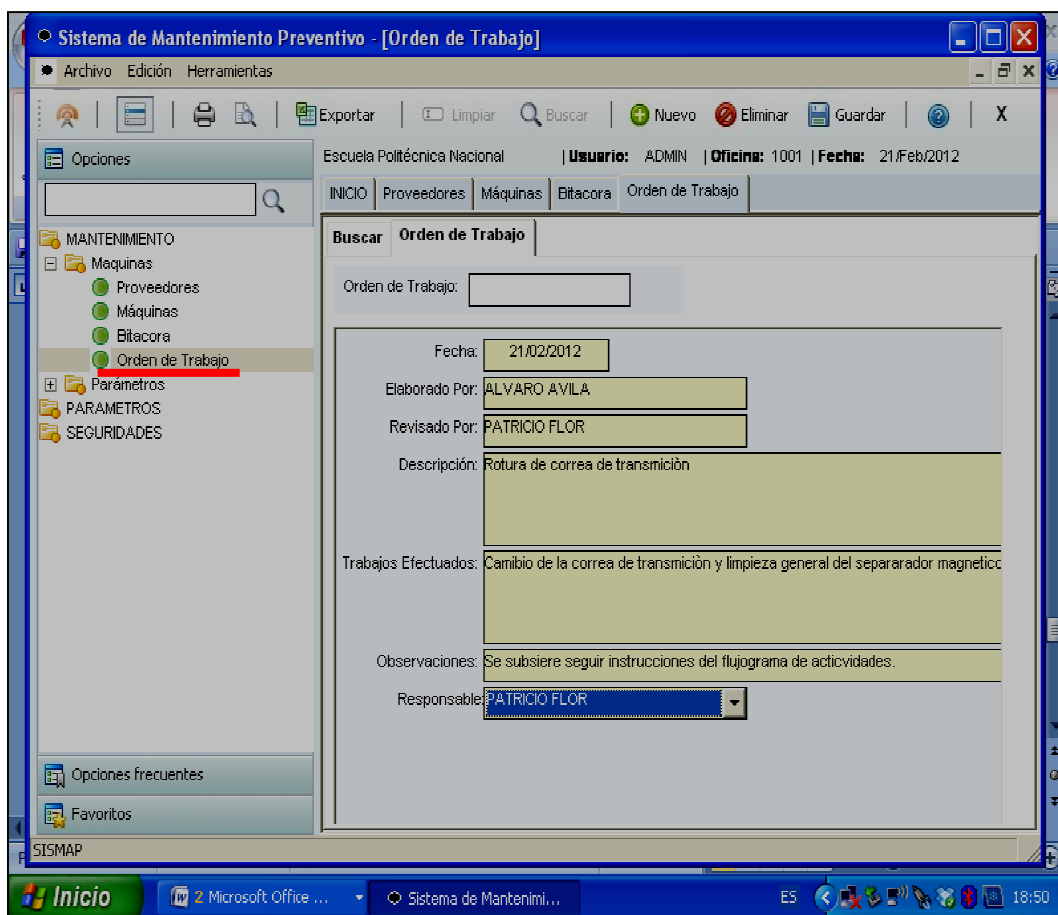


Fig. 4.46 Ventana de Orden de Trabajo

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- El mantenimiento representa una herramienta importante en seguridad laboral, ya que un gran porcentaje de accidentes son causados por desperfectos en los equipos que pueden ser prevenidos.
- Con el presente trabajo y su estudio, podemos concluir de manera absoluta que el mantenimiento es el motor de la industria, y que sin él no puede existir la producción, ya que se debe implementar normas de mantenimiento a cada uno de los componentes en un proceso de manufactura o producción.
- El mantener las áreas y ambientes de trabajo con adecuado orden, limpieza, iluminación, etc. es parte del mantenimiento preventivo de los sitios de trabajo.
- El uso de algunos elementos como las tablas A.M.F.E. (análisis modal de falla y efecto) son herramientas vitales para organizar y planificar el mantenimiento, siendo sencillas de elaborar pero de un gran potencial al momento de determinar los procesos más críticos que se presenten en la industria.
- La recopilación información sobre las máquinas de la Planta Piloto de Cerámica no tuvo una buena solidez, ya que la carencia de un libro de registro de actividades de mantenimiento realizadas anteriormente, dificultó el desarrollo del plan en sus inicios, por lo que se acudió a la experiencia del personal vinculado a la Planta.
- La elaboración del software elaborado en este proyecto facilita la recopilación y manejo apropiado de la información y permite un control adecuado de las actividades de mantenimiento, siempre y cuando su utilización sea la más adecuada.



## 5.2 RECOMENDACIONES

- Implementar un plan de seguridad industrial y señalización dentro de la Planta Piloto de Cerámicos, ya que esta no cuenta con normas necesarias de seguridad.
- Tratar en todo lo posible de que el personal de la Planta cumpla con las normas de seguridad que se establezcan, para evitar enfermedades ocupacionales así como también daños en las máquinas
- Implementar el programa de mantenimiento preventivo elaborado en este documento, ya que se puede conseguir con este, incrementar la vida útil de las máquinas de la Planta.
- Instaurar personal de mantenimiento capacitado el cual vaya adquiriendo el conocimiento necesario sobre las máquinas de la Planta y se comprometa y participe en forma activa en el mejoramiento del mantenimiento.
- Registrar todas las actividades de manteamiento en el formato de tablas elaboradas en este proyecto, para que la información de estos archivos sea la más útil para el personal destinado al mantenimiento de las máquinas de la Planta.
- Los recursos que estén destinados para el mantenimiento, sean económicos o humanos, deben estar siempre presentes en el cálculo del presupuesto anual o semestral de la empresa, y este debe ser considerado en base de lo planeado con un presupuesto extra para sobre llevar eventualidades que se puedan presentar en la maquinaria en la marcha de los procesos industriales.
- Todas las máquinas de la Planta se deben someter al proceso para la determinación de tareas de mantenimiento, similar al proceso de las máquinas presentadas en este proyecto.
- Utilizar correctamente el software de mantenimiento y la actualización continua de datos ya que esto ayudará a obtener la información precisa y oportuna sobre todo el historial de mantenimiento de las máquinas de la planta.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUINAGA A., (2005), "*Ingeniería de Mantenimiento*", EPN, Quito, Ecuador.
2. BALDIN A., (1982), "*Manual de Mantenimiento de Instalaciones Industriales*", Barcelona, España.
3. CASTRO P., (1997), "*Optimización del Mantenimiento Preventivo de Máquinas Eléctricas Mediante un Programa Computacional*", Tesis EPN, Quito, Ecuador.
4. CREUS S., (1991), "*Fiabilidad y Seguridad de Procesos Industriales*", Ed. Marcombo S.A, España.
5. GRIMALDI, SIMONDS, (1989), "*La Seguridad Industrial*", Ed. Alfaomega, México.
6. DÍAZ Juan, (2004), "*Técnicas de Mantenimiento Industrial*", España,
7. DOUNCE E., (1998), "*La Productividad en el Mantenimiento Industrial*", Ed. Continental, México.
8. ESPIN D., PAZMIÑO W., (1995), "*Sistema de Mantenimiento de Maquinaria Industrial*"; EPN, Quito, Ecuador.
9. FLOR Patricio, (2012), "*Apuntes de Cerámica*", EPN, Quito, Ecuador.
10. JACOME Luis, (2010), "*Ingeniería de Mantenimiento*", EPN, Quito, Ecuador
11. NAVARRETE; TRETO, (1996), "*Gestión y Calidad del Mantenimiento*".
12. TORRES Leandro, (2005), "*Mantenimiento su Implementación y Gestión*"; Ed. Universitarias, Argentina.
13. MANGOSIO J., (1997), "*Medio Ambiente y Salud Ocupacional*", Editorial Nueva Librería.
14. MOUBRAY J. (2000), "*Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*", North Carolina, Usa.
15. [http://www.sinais.es/intro/mantenimiento\\_proactivo.html](http://www.sinais.es/intro/mantenimiento_proactivo.html)
16. <http://mantenimientoindustrial17.blogspot.com/2008/09/mantenimiento-predictivo-yproactivo.html>
17. <http://www.cihmas.com.ar/colores-de-seguridad-en-la-industria/>

18. <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf>
19. [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_mecanica/mantenimientopredictivo](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/mantenimientopredictivo).
20. <http://definicion.de/seguridad-industrial>
21. <http://www.gestiopolis.com/organizacion-talento/los-riesgos-laborales-riesgos-electricos.htm>
22. <http://seguridadindustrialysaludocupacional.com/%C2%BFque-es-la-seguridad-industrial/>
23. <http://afrel.wordpress.com/2011/05/12/invalidez-tipos-de-discapacidad>
24. <http://seguridadysalud.me/2011/01/01/ast-analisis-de-seguridad-en-el-trabajo/>
25. <http://www.ceramicatrespiedras.com/cursos/tecnicas>
26. [http://sifunpro.tripod.com/piezas\\_ceramicas.htm](http://sifunpro.tripod.com/piezas_ceramicas.htm)
27. [http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/06\\_Apunte%20Molienda.pdf](http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/06_Apunte%20Molienda.pdf)
28. <http://www.quiminet.com/articulos/el-funcionamiento-del-filtro-prensa-23843.htm>
29. [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lii/arias\\_s\\_II/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/arias_s_II/capitulo2.pdf)
30. [http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_modal\\_de\\_fallos\\_y\\_efectos](http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_modal_de_fallos_y_efectos)
31. [http://www.profes.net/rep\\_documentos/Propuestas\\_Bachillerato/matriz\\_priorización\\_1.pdf](http://www.profes.net/rep_documentos/Propuestas_Bachillerato/matriz_priorización_1.pdf)
32. [http://www.lacatedra.com/isid/lacatedra/file.php/1/Biblioteca\\_libroplan2007.PDF](http://www.lacatedra.com/isid/lacatedra/file.php/1/Biblioteca_libroplan2007.PDF)
33. <http://www.emagister.com/curso-mantenimiento-industrial-1-3/mantenimiento-industrial-repuestos>
34. <http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/ /tolos /amfe>.
35. <http://www.21trituradora.com/1034/6597.html>
36. <http://www.monografias.com/trabajos73/sistema-electrico/sistema-electrico.shtml>
37. <http://www.ecured.cu/index.php/Transformador>.
38. <http://www.enalmex.com/docpdf/libro/ch08.pdf.pdf>
39. [http://www.solomantenimiento.com/m\\_preventivo.htm](http://www.solomantenimiento.com/m_preventivo.htm)

## **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**TABLAS FINE**

Tabla A 1.1 Fine de Riesgo

<b>TABLA FINE DE RIESGO</b>			
<b>Índice de Riesgo</b>	<b>Clasificación del riesgo</b>	<b>Medidas de actuación</b>	<b>Conclusiones</b>
IR < 40	Muy bajo.	Aceptable. Acción opcional.	Riesgos insignificantes en la actualidad.
40 = IR < 85	Bajo.	Posiblemente aceptable en situación actual.	Riesgos controlados.
85 = IR < 200	Medio.	Precisa atención.	Riesgos controlados en la actualidad pero que podrían aumentar.
200 = IR < 250	Alto.	Necesita corrección.	Riesgos parcialmente controlados.
250 = IR < 400	Muy alto.	Requiere corrección inmediata.	Riesgos no controlados.
IR = 400	Extremo.	Es necesario detener las operaciones y corregir el riesgo.	Riesgo grave.

Tabla A 1.2 Valoración del Riesgo

<b>VALORACIÓN DEL RIESGO</b>			
<b>FACTOR</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>INTERPRETACIÓN</b>
Consecuencias (C) Resultado más probable de un accidente potencial.	Primeros auxilios.	1	Notable.
	Lesión temporal.	3	Importante.
	Lesión permanente.	7	Seria.
	Muerte.	15	Muy seria.
	Varias Muertes.	40	Desastre.
	Muchas Muertes.	100	Catástrofe.
Exposición (E).	La situación de riesgo se presenta.		
	Muy difícilmente (no ha ocurrido en años pero es considerable).	0.5	Incierta.
	Raramente (se sabe que no ocurre).	1	Muy baja.
	Poco usual (varias veces al año).	2	Baja.
	Ocasionalmente (de una a dos veces por semana a una vez al mes).	3	Media.
	Frecuentemente (aproximadamente una vez al día).	6	Alta.
	Continuamente (muchas veces al día).	10	Muy alta.

Tabla A 1.3 Valoración del Riesgo

Probabilidad (P) (Probabilidad de que la consecuencia del accidente se complete).	Secuencia Completa del Accidente		
	Es prácticamente imposible que suceda.	0,1	Imposible.
	Nunca ha sucedido en muchos años de exposición pero es posible que suceda.	0,5	Conceivable pero improbable.
	Sería una coincidencia remotamente posible. Se sabe que ha ocurrido, 1% de probabilidad.	1	Poco usual.
	Sería una secuencia o coincidencia rara. No es normal que suceda, 10% de probabilidad.	3	Rara pero posible.
	Es completamente posible, 50% de probabilidad.	6	Puede producirse.
	Es el resultado más probable y esperado si la situación tiene lugar	10	Debe esperarse.



**ANEXO 2**

**FORMATO ORDEN DE TRABAJO DE LA PLANTA  
PILOTO DE CERÁMICOS**


Tabla A 2.1 Formato Orden de Trabajo de la Planta Piloto de Cerámicos

 <p>Laboratorio de Cerámica</p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>Orden N°</b> _____
	<b>ORDEN DE TRABAJO</b>	<b>Área:</b> Purificación
		<b>Código:</b> (P)
		<b>Elaborado por:</b> Ávila- Rodríguez
		<b>Revisado por:</b> Ing. F. Jácome
		<b>Fecha:</b> _____
<b>Nombre de la Máquina:</b> _____		<b>Código:</b> _____
<b>Descripción del trabajo o falla:</b> ..... .....		
<b>Reporte de trabajos efectuados:</b> ..... ..... ..... ..... .....		
<b>Observaciones:</b> ..... ..... ..... ..... .....		
<b>Firma del Responsable del Área</b> .....		<b>Firma del Responsable de Mantenimiento</b> .....

**ANEXO 3**

**FORMATO BITÁCORA DE MÁQUINAS DE LA PLANTA  
PILOTO DE CERÁMICOS**

Tabla A 3.1 Formato Bitácora de Máquinas de la Planta Piloto de Cerámicos

<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>										
 Laboratorio de Cerámica			<b>BITÁCORA DE MÁQUINAS</b>			Elaborado por:				
						Ávila- Rodríguez				
						Revisado por:				
						Ing. F. Jácome				
Área:			Falla que Presenta			Diagnóstico				
Máquina:			1.- Trabajo. 2.-Mantenimiento. 3.- Reparación, etc.			1.- Desgaste. 2.- Fractura. 3.- Mala lubricación. 4.- Acumulación de Partículas. 5.- Corriente Inadecuada, etc.				
Código:										
Responsable:										
Fecha	Hora		Falla que presenta	Diagnóstico	Solución	Costos del trabajo			Observaciones	Visto bueno del responsable del laboratorio
	Inicio	Término				Mano de obra	Materiales	Repuestos		


**ANEXO 4**

**FORMATO PARA MATERIALES Y REPUESTOS DE  
MÁQUINAS DE LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICOS**

**Tabla A 4.1 Formato para Materiales y Repuestos de Máquinas de la Planta Piloto de Cerámica**


MATERIALES		Repuestos			
Nº	Nombre	Nº	Nombre	Descripción	Proveedor

 <p><b>Laboratorio de Cerámica</b></p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>			
	<b>MATERIALES Y REPUESTOS</b>			Elaborado por: <b>Ávila - Rodríguez</b>
				Revisado por: <b>Ing. Fernando Jácome</b>
	Código Área:			Fecha:
Código Máquina:	Código Subsistema:	Código Componente:		
Responsable:		Firma:		

**ANEXO 5**  
**INVENTARIO DE MÁQUINAS EVALUADAS DE LA**  
**PLANTA PILOTO DE CERÁMICA**

**Tabla A 5.1 Inventario de Máquinas Evaluadas en la Planta Piloto de Cerámica del Área de Purificación**


 Laboratorio de Cerámica		MANUAL DE MANTENIMIENTO		
		INVENTARIO DE MÁQUINAS	Área:	Purificación
Código:	(P)			
Elaborado por:	Ávila- Rodríguez			
Revisado por:	Ing. F. Jácome			
ITEM	MÁQUINA	MARCA	IDENTIFICACIÓN	
			MODELO	SERIE
1	Chancadora.	LEESON	c182t17fb1f	NO
2	Molino de disco.	BICO	UA 242-53	70262
3	Molino de bolas.	U.S. STONEWARE	--	CZ06045
4	Molino de cono.	SVEDALA	GY-ROLL	3149-388-6G
5	Purificador de arcilla.	EBERHARTD ENVER	--	FI-570433
6	Purificador de cuarzo.	---	---	---
7	Separador magnético.	CARPCO	MIH(13)111-5	217-99

**Tabla A 5.2 Inventario de Máquinas Evaluadas en la Planta Piloto de Cerámica del Área de Filtrado**

 Laboratorio de Cerámica		MANUAL DE MANTENIMIENTO		
		INVENTARIO DE MÁQUINAS	Sección:	Filtrado
Código:	(F)			
Elaborado por:	Ávila- Rodríguez			
Revisado por:	Ing. F. Jácome			
ITEM	MÁQUINA	MARCA	IDENTIFICACIÓN	
			MODELO	SERIE
1	Planta piloto de barbotina.	NETZSCH	400/10 (021.13)	F.1427
2	Filtro prensa.	SEPOR	070A-010	99-001



**Tabla A 5.3 Inventario de Máquinas Evaluadas en la Planta Piloto de Cerámica del Área de Secado y Formado**

		<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>		
		<b>INVENTARIO DE MÁQUINAS</b>	<b>Sección:</b> Secado y Formado	
<b>Código:</b> (SF)				
<b>Elaborado por:</b> Ávila- Rodríguez				
<b>Revisado por:</b> Ing. F. Jácome				
<b>ITEM</b>	<b>MÁQUINA</b>	<b>MARCA</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	
			<b>MODELO</b>	<b>SERIE</b>
1	Celda de flotación.	SVEDALA	Denver D12	80094787
2	Horno de cocción.	NABERTHERM	N 300/H	154748
3	Estufa programable.	NOBERTHEM	L9/11/C6	154832
4	Extrusor.	GERHARDS	VP-0	10484
5	Torno.	---	---	---

**ANEXO 6**  
**FICHAS TÉCNICAS**

Tabla A 6.1 Ficha Técnica Separador Magnético

<b>SEPARADOR MAGNETICO (MAGNETIC SEPARATOR)</b>		
<b>FICHA TECNICA</b>		
<u>Adquisición:</u> Casa Comercial Raymond Wells.		
<u>Instalación:</u> Planta Piloto de Cerámica. (Area de Purificación)		<u>Fecha:</u> 03/2000
<u>Características:</u>		
Marca: Carpco	Modelo: MIH(13)111-5	# Serie: 217-99
Procedencia: USA.	Año de fabricación: 1999.	Capacidad: 200 lb/hr
Dimensiones: 87*50*64 cm.	Peso 430 lb.	Intensidad máx.: 3 A.
Motor: Minarik	Modelo: C42D17FK2A	# Serie: 506-07-027
Tensión: 110 V.	Potencia: 1000 W	Corriente: 8.5 A.

Tabla A 6.2 Ficha Técnica Extrusor

<b>EXTRUSOR (EXTRUDER)</b>		
<b>FICHA TECNICA</b>		
<u>Adquisición:</u> Casa Humboldt Stiftung.		
<u>Instalación:</u> Planta Piloto de Cerámica. (Area de Formado)		<u>Fecha:</u> 11/1998
<u>Características:</u>		
Marca: Gerhards	Modelo: VP-0	# Serie: 10484
Procedencia: Alemania	Año de fabricación: 1984	Capacidad: 600 lb/h
Dimensiones: 140*40*220 cm.	Peso: 550 lb. (aprox).	
Motor Rodillos: Eberhard-Bauer	Modelo: DKF963HL2/241	# Serie: 1926015
Motor Bomba Vacío: Rietschle	Modelo: CLFE 16V [01]	# Serie: 800195
Motor Agitador: Eberhard-Bauer	Modelo: DKF740HL2/178	# Serie: M4886560
Tensión: 220 V.	Potencia: 2200 W.	Corriente: 8.0 A.
<u>Equipo Auxiliar:</u>		
- Tolva de mezclado y alimentación.		

Tabla A 6.3 Ficha Técnica Molino de Cono

<b>MOLINO DE CONO (COÑE CRUSHER)</b>		
<b>FICHA TECNICA</b>		
<u>Adquisición:</u> Casa Comercial Jalil Haas.		
<u>Instalación:</u> Planta Piloto de Cerámica. (Area de Purificación)		Fecha: 09/1999
<u>Características:</u>		
Marca: Svedala	Modelo: Marcy 10" Gy-Roll	# Serie: 3149-338-6G
Procedencia: USA	Año de fabricación: 1999	Capacidad: 350 lb/hr
Dimensiones: 38*56*53 cm.	Peso 170 lb.	
Motor: Baldor	Modelo: M3538	# Serie: 34A61-872
Tensión: 220 V.	Potencia: ½ HP.	Corriente: 2.1 A.
<u>Mantenimiento:</u>		
- Lubricar los cojinetes cada 30 - 40 horas de operación (Shell Alvania EP Grease 2)		
- Limpiar las superficies de molienda luego de cada operación.		
- Verificar el ajuste de pernos y tornillos luego cada operación.		

Tabla A 6.4 Ficha Técnica Columna de Flotación

<b>COLUMNA DE FLOTACION (COLUMN FLOTATION)</b>		
<b>FICHA TECNICA</b>		
<u>Adquisición:</u> Equipo propio.		
<u>Instalación:</u> Planta Piloto de Cerámica. (Area de Purificación)		Fecha: 11/1999
<u>Características:</u>		
Procedencia: Ecuador.	Año de fabricación: 1999	Capacidad: 30 lt/h
Dimensiones: 150*100*198	Peso: 40 lb. Aprox.	
Motor: General Electric	Modelo: 5KH33GG102	# Serie: PMA-N10
Agitadores(2): Tech Sew	Modelo:	# Serie:
Tensión: 110 V.	Potencia: 700 W.	Corriente: 20 A.
<u>Equipo Auxiliar:</u>		
- Compresor: Campbell	Modelo: MT600105AJ	# Serie: L8/98-00012

Tabla A 6.5 Ficha Técnica Horno de Cocción

<b>HORNO DE COCCIÓN (COCTION KILN)</b>		
<b>FICHA TECNICA</b>		
<u>Adquisición:</u> Casa Comercial Distecnica.		
<u>Instalación:</u> Planta Piloto de Cerámica. (Area de Acabados)	Fecha: 02/2000	
<u>Características:</u>		
Marca: Nabertherm	Modelo: N 300/H	# Serie: 154748
Procedencia: Alemania	Año de fabricación: 1999	Capacidad: 300 lt.
Dimensiones: 125*117*172 cm.	Peso: 1100 lb.	Temp. máx: 1300 °C
Tensión: 220 V (2 f).	Potencia: 27000 W.	Corriente: 71 A.
<u>Mantenimiento:</u>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpiar el interior del horno antes de cada quema.</li> <li>- Verificar el switch de contacto de la puerta periódicamente.</li> <li>- Cada cuatro años chequear la parte eléctrica del horno.</li> </ul>		

Tabla A 6.6 Ficha Técnica Filtro Prensa

<b>FILTRO PRENSA (FILTER PRESS)</b>		
<b>FICHA TECNICA</b>		
<u>Adquisición:</u> Casa Comercial Jalil Haas		
<u>Instalación:</u> Planta Piloto de Cerámica. (Area de Filtración)	Fecha: 10/1999.	
<u>Características:</u>		
Marca: Netzsch	Modelo: 400/10 (021.13)	# Serie: F.1427
Procedencia: Brasil	Año de fabricación: 1999	Capacidad: 27 lt.
Dimensiones: 144*77*142	Peso: 1100 lb.	
Bomba Neumática: Nemo	Modelo: DD25-CA-DNN1Q	# Serie: 10615
Válvula de aguja: Parker	Modelo: 5012-31	# Serie: DB577285
Filtro de aire: Parker	Modelo: 06E21A18ACS	# Serie: DB577285
Tensión: 220 V	Potencia: 5 HP.	Corriente: 13.6 A.

Tabla A 6.7 Ficha Técnica Celda de Flotación

<b>CELDA DE FLOTACION (FLOTATION CELL)</b>		
<b>FICHA TECNICA</b>		
<u>Adquisición:</u> Casa Comercial Raymod Wells		
<u>Instalación:</u> Planta Piloto de Cerámica. (Area de Purificación)		Fecha: 03/2000
<u>Características:</u>		
Marca: Svedala	Modelo: Denver D-12	# Serie: 800094787
Procedencia: USA.	Año de fabricación: 1999	Capacidad: 2 lt.
Dimensiones: 30*72*90 cm.	Peso: 70 lb. Aprox.	
Motor: US Motors	Modelo: B755-SER	# Serie: E22922
Tensión: 110 V.	Potencia: 400 W	Corriente: 7.6 A.
<u>Mantenimiento:</u>		
- Revisar periódicamente el estado de la banda del motor.		
- Verificar el estado (engrasar o cambiar) de los rodamientos. Grasa Mobilith AW2.		

Tabla A 6.8 Ficha Técnica Pulverizador de Disco

<b>PULVERISADOR DE DISCO (DISC PULVERIZER)</b>		
<b>FICHA TECNICA</b>		
<u>Adquisición:</u> Casa Comercial Jalil Haas.		
<u>Instalación:</u> Planta Piloto de Cerámica. (Area de Purificación)		Fecha: 09/1999
<u>Características:</u>		
Marca: Bico	Modelo: UA 242-53	# Serie: 70262
Procedencia: USA.	Año de fabricación: 1999	Capacidad: 100 lb/hr
Dimensiones: 73*52*42 cm.	Peso 315 lb.	
Motor: Leeson	Modelo: C145T17FB2E	# Serie: 120016.00
Tensión: 220 V.	Potencia: 2 HP.	Corriente: 6.2 A.
<u>Mantenimiento:</u>		
- Las copas de los cojinetes deben estar siempre lubricadas con una grasa de alta temperatura.		
- Limpiar el marco y los discos de molienda luego de cada operación.		

Tabla A 6.9 Ficha Técnica Filtro de Vacío


<b>FILTRO DE VACIO (VACUUM FILTER)</b>		
<b>FICHA TECNICA</b>		
<u>Adquisición:</u> Casa Comercial Raymond Wells		
<u>Instalación:</u> Planta Piloto de Cerámica. (Area de Filtración)	Fecha: 02/2000	
<u>Características:</u>		
Marca: Sepor	Modelo: 070A-010	# Serie: 99-001
Procedencia: USA.	Año de fabricación: 1999	Capacidad: 8 lt.
Dimensiones: 198*198*104 cm. Peso: 150 lb.		
Motor Bomba vacío: Gast	Modelo: 0523-V3-G582DX	# Serie: 9906009318
Motor Agitador: Dayton	Modelo: S55N XMLD-6711	# Serie: 6582EPX
Motor Filtro Oliver: Dayton	Modelo: 4Z726A	# Serie:
Motor Cuchilla: Dayton	Modelo: MF-20-E47479	# Serie:
Reductor Cuchilla: SM-Cyclo	Modelo: CNH.4075DAY-1849	# Serie: P698278
Tensión: 110 V.	Potencia: ½ HP	Corriente: 4.7 A.

**ANEXO 7**

**DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA PLANTA PILOTO DE  
CERÁMICOS**



Tabla A 7.1 Diagnóstico General de la Planta Piloto de Cerámica

 <b>Laboratorio de Cerámica</b>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO.</b>			
	<b>DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICA.</b>		<b>Elaborado por:</b> Ávila- Rodríguez	
				<b>Revisado por:</b> Ing. F. Jácome
				<b>Fecha:</b>
<b>OBSERVACIONES</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>
¿Tiene la planta un plan maestro de mantenimiento?		X		
¿Las máquinas de la planta cuentan con historial?		X		
¿Cuenta con personal capacitado para realizar un mantenimiento eficaz?		X		
¿El personal que opera las máquinas esta capacitad?				X
¿Se encuentran en buen estado las máquinas?				X
¿Se cuenta con un departamento de mantenimiento?		X		
¿Cada máquina cuenta con manuales de mantenimiento?	X			
¿Las instalaciones donde están las máquinas se encuentran en buen estado?				X
¿Las máquinas cuentan con bitácoras?		X		
¿Maneja la planta formatos de mantenimiento?		X		
¿Existen señalizaciones de seguridad?		X		
¿Cuentan con equipos de seguridad?		X		
¿Se usa equipo de protección al operar las máquinas?				X
¿El clima laboral dentro de la empresa es bueno?	X			

## **ANEXO 8**

### **SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO**

Tabla A 8.1 Selección de la Estrategia de Mantenimiento



	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>				
	<b>ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO</b>			Planta Piloto de Cerámica	
				Elaborado por: Ávila - Rodríguez	
				Revisado por: Ing. Fernando Jácome	
Fecha:					
Criterios para la calificación	Muy Bueno	4	Regular	2	
	Bueno	3	Malo	1	
Tipo de Mantenimiento	Características	Calificación Según:			
		Viabilidad	Eficiencia	Seguridad	Total
Correctivo.	Se basa en la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo.	3	2	2	7
Preventivo: Programado a tiempo fijo.	Se basa en información técnica, planifica y programa las actividades de mantenimiento por lo que es totalmente operativo, seguro y eficiente.  El costo de su aplicación es escalonado, siendo bajo en intervenciones periódicas y alto cuando es de reemplazo.	4	3	4	11
Preventivo: Programado a tiempo variable.	Similar al MPPF pero los trabajos de mantención se coordinan principalmente con el departamento de producción, motivo por el cual no se puede establecer una fecha fija.	3	3	4	10

Tabla A 8.2 Selección de la Estrategia de Mantenimiento

	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>					
	<b>ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO</b>			Planta Piloto de Cerámica		
				Elaborado por: Ávila - Rodríguez		
				Revisado por: Ing. Fernando Jácome		
		Fecha:				
<b>Criterios para la calificación</b>	<b>Muy Bueno</b>	4	<b>Regular</b>	2		
	<b>Bueno</b>	3	<b>Malo</b>	1		
<b>Tipo de Mantenimiento</b>	<b>Características</b>		<b>Calificación Según:</b>			
			<b>Viabilidad</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Seguridad</b>	<b>Total</b>
Predictivo	Utilizando sistemas de monitorización, pronostica el punto futuro de falla de un componente de una maquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle.		2	3	3	8
RCM	El objetivo principal de RCM está reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, y evitando o quitando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias		1	4	4	9
	<b>Resultados</b>		La estrategia de mantenimiento que más se adapta a la Planta Piloto de Cerámica, es la de Mantenimiento Preventivo Programado a Tiempo Fijo.			
	Mantenimiento correctivo	7				
	Mantenimiento Preventivo: Programado a tiempo fijo	11				
	Mantenimiento Preventivo: Programado a tiempo Variable.	10				
	Predictivo	8				
	RCM	9				

**ANEXO 9**  
**FLUJOGRAMA DE ACTIVIDADES SEPARADOR**  
**MAGNÉTICO**

Tabla A 9.1 Flujograma de Actividades Separador Magnético

		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 1			
		Sistema: Separador Magnético	Subsistema: Mecánico	Componente: Correa de Transmisión	Área: Purificación	Elaborado por: Ávila- Rodríguez		
Código: (P-SM-08)		Código: (P-SM-08)(M)	Código: (CT-04)	Revisado por: Ing. F. Jácome	Fecha:			
<b>Actividad:</b> Cambio de correa de transmisión		<b>Acción</b>		<b>Símbolo</b>	<b>Genera</b>			
		Operación		●	10			
<b>Flujograma de Actividades</b>		Transporte		→	1			
		Espera		D	0			
		Inspección		■	4			
		Almacenamiento		▼	0			
Nº	Descripción	Simbología					Tiempo (min)	Observaciones
		●	→	D	■	▼		
1	Accionar el interruptor de paro.	●					0,1	Tomar precauciones de seguridad.
2	Suspender el suministro de energía.	●					0,1	
3	Abrir la puerta superior de la máquina	●					0,1	
4	Inspección visual de los componentes.				■		2	Utilizar herramienta adecuada.
5	Transportar las herramientas adecuadas.		●				4	
6	Aflojar tornillos de desplazamiento del motor eléctrico.	●					6	
7	Aproximar el motor en dirección de la polea conducida.	●					2	
8	Remover la(s) correa(s) de transmisión.	●					1	
9	Limpieza general de la máquina.	●					5	
10	Inspeccionar la zona de trabajo.				■		2	Utilizar herramienta adecuada.
11	Montar nuevo elemento de transmisión.	●					2	
12	Ajustar el motor en la posición adecuada.	●					6	
13	Comprobar la tensión y funcionamiento correctos de la correa de transmisión.				■		1	No sobrepasar ajustes para evitar aislamientos.
14	Comprobar el funcionamiento correcto del motor				■		1	Tomar en cuenta normas de seguridad.
15	Entregar en correcta operación la máquina al personal a cargo.	●					3	Constancia de entrega.
<b>Tiempo total (min)</b>							<b>35,3</b>	

Tabla A 9.2 Flujograma de Actividades Separador Magnético


		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 2			
		Sistema: Separador Magnético	Subsistema: Mecánico	Componente: Poleas	Área: Purificación	Elaborado por: Ávila- Rodríguez		
Laboratorio de Cerámica		Código: (P-SM-08)	Código: (P-SM-08)(M)	Código: (P-05)	Revisado por: Ing. F. Jácome	Fecha:		
		<b>Actividad:</b> Cambio de Poleas		<b>Acción</b>		<b>Símbolo</b>	<b>Genera</b>	
		Operación		●	12			
		Transporte		→	1			
		Espera		D	0			
		Inspección		■	4			
		Almacenamiento		▼	0			
<b>Flujograma de Actividades</b>								
Nº	Descripción	Simbología					Tiempo (min)	Observaciones
		●	→	D	■	▼		
1	Accionar el interruptor de paro.	●					0,1	Tomar precauciones de seguridad
2	Suspender el suministro de energía.	●					0,1	
3	Abrir la puerta superior de la máquina	●					0,1	
4	Inspección visual de los componentes.				■		2	Utilizar herramienta adecuada.
5	Transportar las herramientas adecuadas.		→				4	
6	Aflojar tornillos de desplazamiento del motor eléctrico.	●					6	
7	Aproximar el motor en dirección de la polea conducida.	●					2	
8	Remover la correa de transmisión.	●					1	Utilizar herramienta adecuada.
9	Limpieza general de la máquina.	●					5	
10	Inspeccionar la zona de trabajo.				■		2	No sobrepasar ajustes para evitar aislamientos.
11	Aflojar y extraer la(s) poleas(s) conducidas.	●					2	
12	Montar y ajustar nuevo elemento de trasmisión.	●					6	
13	Montar y ajustar correa de trasmisión.	●					2	
14	Ajustar el motor en la posición adecuada.	●					6	
15	Comprobar la tensión de la correa de transmisión y funcionamiento y giro correcto de poleas.				■		1	Tomar en cuenta normas de seguridad.
16	Comprobar el funcionamiento correcto del motor.				■		1	
17	Entregar en correcta operación la máquina al personal a cargo.	●					3	Constancia de entrega.
		<b>Tiempo total (min)</b>					<b>43,3</b>	

Tabla A 9.3 Flujoograma de Actividades Separador Magnético


		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 3			
		Sistema: Separador Magnético	Subsistema: Mecánico	Componente: Rodamiento	Área: Purificación	Elaborado por: Ávila- Rodríguez		
Código: (P-SM-08)		Código: (P-SM-08)(M)	Código: (RE-06)	Revisado por: Ing. F. Jácome	Fecha:			
<b>Actividad:</b>		<b>Acción</b>		<b>Símbolo</b>	<b>Genera</b>			
Cambio de Rodamientos		Operación		●	21			
		Transporte		→	1			
		Espera		◐	0			
		Inspección		■	4			
		Almacenamiento		▼	0			
<b>Flujoograma de Actividades</b>								
Nº	Descripción	Simbología					Tiempo (min)	Observaciones
		●	→	◐	■	▼		
1	Accionar el interruptor de paro.	●					0,1	Tomar precauciones de seguridad.
2	Suspender el suministro de energía.	●					0,1	
3	Abrir la puerta superior de la máquina	●					0,1	
4	Inspección visual de los componentes.				■		2	Utilizar herramientas adecuadas
5	Transportar las herramientas adecuadas.		→				4	
6	Aflojar tornillos de desplazamiento del motor eléctrico.	●					6	Utilizar herramientas adecuadas.
7	Aproximar el motor en dirección de la polea conducida.	●					2	
8	Remover la correa de transmisión.	●					1	
9	Limpieza general de la máquina.	●					5	
10	Inspeccionar la zona de trabajo.				■		2	
11	Aflojar y extraer la(s) poleas(s) conducidas.	●					2	
12	Aflojar tornillos y extraer polo de cola.	●					3	
13	Aflojar y extraer rodillo inducido.	●					5	Utilizar herramientas adecuadas.
14	Desmontar cojinete.	●					1	
15	Extraer rodamiento.	●					5	
16	Montar Cojinete.	●					1	No sobrepasar ajustes para evitar aislamientos
17	Montar nuevo rodamiento.	●					5	
18	Montar y ajustar polo de cola.	●					3	



Tabla A 9.4 Flujograma de Actividades Separador Magnético

		<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>			<b>Nº 3.1</b>			
<b>Sistema:</b> Separador Magnético		<b>Subsistema:</b> Mecánico	<b>Componente:</b> Rodamiento	<b>Área:</b> Purificación				
<b>Código:</b> (P-SM-08)		<b>Código:</b> (P-SM-08)(M)	<b>Código:</b> (RE-05)	<b>Elaborado por:</b> Ávila- Rodríguez				
				<b>Revisado por:</b> Ing. F. Jácome				
				<b>Fecha:</b>				
<b>Actividad:</b> Cambio de rodamientos		<b>Acción</b>		<b>Símbolo</b>	<b>Genera</b>			
		Operación		●	21			
		Transporte		→	1			
		Espera		D	0			
		Inspección		■	4			
		Almacenamiento		▼	0			
<b>Flujograma de Actividades</b>								
Nº	Descripción	Simbología					Tiempo (min)	Observaciones
		●	→	D	■	▼		
19	Montar y ajustar rodillo inducido.	●					5	No sobrepasar ajustes para evitar aislamientos
20	Calibrar distancia entre polos y rodillo inducido.	●					8	Utilizar regletas de calibración
21	Montar y ajustar poleas de transmisión.	●					6	Utilizar herramientas adecuadas.
22	Montar y ajustar correa de transmisión.	●					2	
23	Ajustar el motor en la posición adecuada.	●					6	No sobrepasar ajustes para evitar aislamientos.
24	Comprobar la tensión de bandas, funcionamiento y giro correcto, de poleas y motor.				●		1	
25	Comprobar el funcionamiento correcto de electroimán y rodillo inducido.				●		1	Tomar en cuenta normas de seguridad.
26	Entregar en correcta operación máquina al personal a cargo.	●					3	Constancia de entrega.
		<b>Tiempo total (min)</b>					<b>79,3</b>	

Tabla A 9.5 Flujograma de Actividades Separador Magnético


		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 4			
		Sistema: Separador Magnético	Subsistema: Eléctrico	Componente: Motor Eléctrico	Área: Purificación	Elaborado por: Ávila- Rodríguez		
Código: (P-SM-08)		Código: (P-SM-08)(E)	Código: (ME-02)	Revisado por: Ing. F. Jácome	Fecha:			
Actividad:  Mantenimiento Motor Eléctrico			Acción	Símbolo	Genera			
			Operación	●	19			
Flujograma de Actividades			Transporte	→	3			
			Espera	D	1			
			Inspección	■	3			
			Almacenamiento	▼	0			
Nº	Descripción	Simbología					Tiempo (min)	Observaciones
		●	→	D	■	▼		
1	Accionar el interruptor de paro.	●					0,1	Tomar precauciones de seguridad.
2	Suspender el suministro de energía.	●					0,1	
3	Abrir la puerta superior de la máquina	●					0,1	
4	Inspección visual de los componentes.				■		2	
5	Transportar las herramientas adecuadas.		→				4	Utilizar herramientas adecuadas.
6	Desconectar cables de corriente del motor	●					3	Utilizar herramientas adecuadas
7	Aflojar y retirar tornillos de desplazamiento del motor eléctrico.	●					6	
8	Aproximar el motor en dirección de la polea conducida.	●					2	
9	Remover la correa de transmisión.	●					1	
10	Desmontar y trasladar el motor del sitio de operación.		→				5	
11	Desarmar íntegramente el motor	●					25	
12	Ubicar piezas ordenadamente en recipientes adecuados.				■		5	
13	Desmontar rodamientos del rotor	●					20	
14	Limpieza general de las partes del motor	●					15	
15	Montar nuevos rodamientos de ser necesario o lubricarlos.	●					10	De acuerdo a especificaciones.
16	Observar estado de aislamientos y bobinados.	●					10	
17	Barnizar bobinados	●					30	Utilizar barniz eléctrico.
18	Esperar secado de barnizado					▼	40	

Tabla A 9.6 Flujograma de Actividades Separador Magnético

		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 4.1			
		Sistema: Separador Magnético	Subsistema: Eléctrico	Componente: Motor Eléctrico	Área: Purificación			
Código: (P-SM-08)		Código: (P-SM-08)(E)	Código: (ME-02)	Elaborado por: Ávila- Rodríguez	Revisado por: Ing. F. Jácome			
				Fecha:				
<b>Actividad:</b>		<b>Acción</b>		<b>Símbolo</b>	<b>Genera</b>			
Mantenimiento Motor Eléctrico		Operación		●	19			
		Transporte		→	3			
<b>Flujograma de Actividades</b>		Espera		D	1			
		Inspección		■	3			
		Almacenamiento		▼	0			
Nº	Descripción	Simbología					Tiempo (min)	Observaciones
		●	→	D	■	▼		
19	Armar todos los elementos del motor.	●					20	Utilizar herramientas adecuadas.  No sobrepasar ajustes para evitar aislamientos.
20	Montar y ajustar el motor en el sitio de operaciones.	●					5	
21	Realizar las conexiones eléctricas del motor.	●					5	
22	Comprobar el amperaje del motor.				●		2	
23	Montar y ajustar correa de transmisión.	●					2	
24	Ajustar el motor en la posición adecuada.	●					6	
25	Comprobar la tensión de bandas, funcionamiento y giro correcto, de poleas y motor.				●		1	Tomar en cuenta normas de seguridad.
26	Entregar en correcta operación máquina al personal a cargo.	●					3	Constancia de entrega.
<b>Tiempo total (min)</b>							<b>222,3</b>	

Tabla A 9.7 Flujograma de Actividades Separador Magnético












		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 5			
		Sistema: Separador Magnético	Subsistema: Eléctrico	Componente: Electroimán	Área: Purificación			
Laboratorio de Cerámica		Código: (P-SM-08)	Código: (P-SM-08)(E)	Código: (EL-03)	Elaborado por: Ávila- Rodríguez			
					Revisado por: Ing. F. Jácome			
Actividad:		Acción			Simbolo	Genera		
Mantenimiento del Electroimán		Operación				12		
		Transporte				1		
Flujograma de Actividades		Espera				0		
		Inspección				2		
		Almacenamiento				0		
Nº	Descripción	Simbología					Tiempo (min)	Observaciones
								
1	Accionar el interruptor de paro.	●					0,1	Tomar precauciones de seguridad.
2	Suspender el suministro de energía.	●					0,1	
3	Inspección visual de los componentes.					●	0,1	
4	Transportar las herramientas adecuadas.		→				4	Utilizar herramientas adecuadas.
5	Aflojar pernos de sujeción y soporte del polo de cola y del polo de nariz.	●					3	
6	Limpieza del polo de cola y del polo de nariz.	●					6	
7	Ajustar pernos de sujeción y soporte del polo de nariz.	●					3	
8	Calibrar distancia requerida entre el rodillo inducido y el polo de nariz.	●					10	De acuerdo con especificaciones utilizar regletas de calibración.
9	Ajustar tornillos de sujeción y soporte del polo de cola.	●					3	No sobrepasar ajustes para evitar aislamientos.
10	Calibrar distancia requerida entre el rodillo inducido y el polo de cola	●					10	De acuerdo con especificaciones utilizar regletas de calibración.
9	Volver a calibrar ambos polos después de ajustar los pernos.	●					5	
10	Abrir la tapa superior de la máquina	●					0,1	
11	Inspección general Interna del electroimán.					●	5	
12	Limpieza general.	●					10	
14	Encender la maquina.	●					0,1	Seguridad
15	Entregar en correcta operación la máquina al personal a cargo.	●					3	Constancia de entrega.
<b>Tiempo total (min)</b>							<b>62,5</b>	

Tabla A 9.8 Flujograma de Actividades Separador Magnético




























		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 6			
<b>Sistema:</b> Separador Magnético		<b>Subsistema:</b> Eléctrico	<b>Componente:</b> Vibrador	<b>Área:</b> Purificación				
<b>Código:</b> (P-SM-08)		<b>Código:</b> (P-SM-08)(E)	<b>Código:</b> (VI-04)	<b>Elaborado por:</b> Ávila- Rodríguez				
				<b>Revisado por:</b> Ing. F. Jácome				
				<b>Fecha:</b>				
<b>Actividad:</b> Mantenimiento del Vibrador			<b>Acción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Genera</b>			
			Operación		12			
			Transporte		1			
			Espera		0			
<b>Flujograma de Actividades</b>			Inspección		2			
			Almacenamiento		0			
Nº	Descripción	Simbología					Tiempo (min)	Observaciones
								
1	Accionar el interruptor de paro.						0,1	Tomar precauciones de seguridad.
2	Suspender el suministro de energía.						0,1	
3	Desconectar en vibrador de la fuente.						0,1	
4	Inspección visual de los componentes.						2	Utilizar herramientas adecuadas.
5	Transportar las herramientas adecuadas.						4	
6	Aflojar tuerca de ajuste del carril vibratorio.						1	Utilizar herramientas adecuadas.
7	Aflojar tornillos de ajuste con la tolva de alimentación.						1	
8	Desmontar vibrador.						1	
9	Desarmar íntegramente el vibrador.						10	
10	Inspección núcleo de bobina y componentes en general.						10	
11	Limpieza general de componentes.						10	
12	Inspección del cable de corriente.						2	
13	Ensamblar vibrador.						10	Utilizar herramientas adecuadas. No sobrepasar ajustes para evitar aislamientos.
14	Montar y calibrar según especificaciones.						15	
15	Encender la maquina.						0,1	Seguridad.
16	Entregar en correcta operación la máquina al personal a cargo.						3	Constancia de entrega.
			<b>Tiempo total (min)</b>			<b>69,4</b>		

Tabla A 9.9 Flujograma de Actividades Separador Magnético


		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 7			
<b>Sistema:</b> Separador Magnético		<b>Subsistema:</b> Eléctrico	<b>Componente:</b> Ventilador	<b>Área:</b> Purificación				
<b>Código:</b> (P-SM-08)		<b>Código:</b> (P-SM-08)(E)	<b>Código:</b> (VE-05)	<b>Elaborado por:</b> Ávila- Rodríguez				
				<b>Revisado por:</b> Ing. F. Jácome				
				<b>Fecha:</b>				
<b>Actividad:</b>		<b>Acción</b>		<b>Símbolo</b>	<b>Genera</b>			
Mantenimiento del Ventilador		Operación		●	10			
		Transporte		→	1			
		Espera		◐	0			
		Inspección		■	2			
		Almacenamiento		▼	0			
<b>Flujograma de Actividades</b>								
Nº	Descripción	Simbología					Tiempo (min)	Observaciones
		●	→	◐	■	▼		
1	Accionar el interruptor de paro.	●					0,1	Tomar precauciones de seguridad.
2	Suspender el suministro de energía.	●					0,1	
3	Abrir la puerta superior de la máquina.	●					0,1	
4	Inspección visual de los componentes.				●		2	Utilizar herramientas adecuadas.
5	Transportar las herramientas adecuadas.		●				4	
6	Desconectar cables de corriente	●					3	Tomar precauciones de seguridad.
7	Aflojar tuercas de ajuste y soporte del ventilador	●					2	
8	Desmontar ventilador.	●					0,5	
9	Inspección general.				●		5	Utilizar herramientas adecuadas.
10	Limpieza general de componentes.	●					10	
11	Montar Ventilador.	●					5	No sobrepasar ajustes para evitar aislamientos.
12	Encender la maquina.	●					0,1	Tomar en cuenta normas de seguridad.
13	Entregar en correcta operación la máquina al personal a cargo.	●					3	Constancia de entrega.
		<b>Tiempo total (min)</b>				<b>34,9</b>		

Tabla A 9.10 Flujograma de Actividades Separador Magnético



		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 8				
		Sistema: Separador Magnético	Subsistema: Eléctrico	Componente: Conexiones Eléctricas	Área: Purificación				
Código: (P-SM-08)		Código: (P-SM-08)(E)	Código: (CE-07)	Elaborado por: Ávila- Rodríguez	Revisado por: Ing. F. Jácome				
				Fecha:					
<b>Actividad:</b>		<b>Acción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Genera</b>					
Mantenimiento de las Conexiones Eléctricas		Operación	●	10					
		Transporte	→	1					
		Espera	D	0					
		Inspección	■	4					
		Almacenamiento	▼	0					
<b>Flujograma de Actividades</b>									
Nº	Descripción	Simbología					Tiempo (min)	Observaciones.	
		●	→	D	■	▼			
1	Accionar el interruptor de paro.	●					0,1	Tomar precauciones de seguridad.	
2	Suspender el suministro de energía.	●					0,1		
3	Abrir la puerta superior de la máquina.	●					0,1		
4	Inspección visual de los componentes.				●		2	Utilizar herramientas adecuadas.	
5	Transportar las herramientas adecuadas.		●				4		
6	Revisión general del cableado.				●		6		
7	Limpieza general del sistema eléctrico.	●					10		Tomar precauciones de seguridad.
8	Reemplazo de Contactores y Cables dañados.	●					10		
9	Revisión de conexiones.				●		5	Utilizar herramientas adecuadas.	
10	Comprobar amperaje.				●		3		
11	Conectar el suministro de energía.	●					0,1	Tomar en cuenta la red de alimentación existente.	
12	Encender la máquina.	●					0,1	Tomar en cuenta normas de seguridad	
13	Entregar en correcta operación la máquina al personal a cargo.	●					3	Constancia de entrega.	
		<b>Tiempo total (min)</b>			<b>43,5</b>				

Tabla A 9.11 Flujograma de Actividades Separador Magnético

		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 9				
		Sistema: Separador Magnético	Subsistema: Eléctrico	Componente: Transformador	Área: Purificación				
Código: (P-SM-08)		Código: (P-SM-08)(E)	Código: (TR-10)	Elaborado por: Ávila- Rodríguez	Revisado por: Ing. F. Jácome				
Actividad:		Acción	Símbolo	Genera	Fecha:				
Mantenimiento del Transformador		Operación	●	12					
		Transporte	➔	1					
		Espera	◐	0					
		Inspección	■	3					
		Almacenamiento	▼	0					
Flujograma de Actividades		Simbología							
Nº	Descripción	●	➔	◐	■	▼	Tiempo (min)	Observaciones	
1	Accionar el interruptor de paro.	●					0,1	Tomar precauciones de seguridad.	
2	Suspender el suministro de energía.	●					0,1		
3	Abrir la puerta superior de la máquina.	●					0,1		
4	Inspección visual de los componentes.				●		2	Utilizar herramientas adecuadas.	
5	Transportar las herramientas adecuadas.		●				4		
6	Desconectar y señalar adecuadamente cables de corriente.	●					5		Tomar precauciones de seguridad.
7	Aflojar tornillos de sujeción y soporte.	●					1		
8	Desmontar transformador.	●					0,5	Utilizar herramientas adecuadas. No sobrepasar ajustes para evitar aislamientos.	
9	Inspección de terminales.				●		1		
10	Limpieza de terminales.	●					5		
11	Inspección general.				●		5		
12	Limpieza general.	●					5	Precaución en conexiones.	
13	Montar transformador.	●					5		
14	Conectar adecuadamente cables de corriente según orden de señalización.	●					5	Tomar en cuenta normas de seguridad.	
15	Encender la maquina.	●					0,1		
16	Entregar en correcta operación la máquina al personal a cargo.	●					3	Constancia de entrega.	
<b>Tiempo total (min)</b>							<b>41,9</b>		



**ANEXO 10**

**FLUJOGRAMA DE ACTIVIDADES EXTRUSOR**

Tabla A 10.1 Flujograma de Actividades Extrusor

		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 1			
		Sistema: Extrusor	Subsistema: Eléctrico	Componente: Motor eléctrico libre	Área: Secado y Formado	Elaborado por: Ávila- Rodríguez		
Código: (SF-EX-02)		Código: (SF-EX-02)(E)	Código: (ML-02)	Revisado por: Ing. F. Jácome	Fecha:			
<b>Actividad:</b> Cambio de rodamientos		<b>Acción</b>		<b>Símbolo</b>	<b>Genera</b>			
		Operación		●	11			
		Transporte		→	2			
<b>Flujograma de Actividades</b>		Espera		◐	0			
		Inspección		■	2			
		Almacenamiento		▼	0			
Nº	Descripción	Simbología					Tiempo (min)	Observaciones
		●	→	◐	■	▼		
1	Accionar el interruptor de paro.	●					0,1	Tomar precauciones de seguridad.
2	Suspender el suministro de energía.	●					0,1	
3	Transportar las herramientas adecuadas.		→				4	
4	Aflojar tornillos de sujeción del motor	●					2	Utilizar herramienta adecuada.
5	Desmontar el motor secundario.	●					3	
6	Inspección visual de los componentes.				■		5	
7	Limpiar exceso de aceite con franela.	●					2	
8	Transportar herramientas adecuadas		→				2	
9	Desmontar carcasa del motor	●					5	
10	Desmontar rodamientos	●					6	
11	Montar rodamientos.	●					4	Utilizar herramienta adecuada.
12	Limpieza general de la máquina	●					6	No sobrepasar ajustes para evitar aislamientos.
13	Montar el motor secundario en la extrusora	●					2	
14	Comprobar el funcionamiento correcto del motor				■		1	Tomar en cuenta normas de seguridad.
15	Entregar en correcta operación la máquina al personal a cargo.	●					3	Constancia de entrega.
<b>Tiempo total (min)</b>							<b>45,2</b>	

Tabla A 10.2 Flujograma de Actividades Extrusor


		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 2			
		Sistema: Extrusor	Subsistema: Eléctrico	Componente: Motor bomba de vacío	Área: Secado y Formado	Elaborado por: Ávila- Rodríguez		
Código: (SF-EX-02)		Código: (SF-EX-02)(E)	Código: (MV-03)	Revisado por: Ing. F. Jácome	Fecha:			
Actividad: Cambio de rodamientos			Acción	Símbolo	Genera			
			Operación	●	12			
			Transporte	→	2			
Flujograma de Actividades			Espera	◐	0			
			Inspección	■	2			
			Almacenamiento	▼	0			
Nº	Descripción	Simbología					Tiempo (min)	Observaciones
		●	→	◐	■	▼		
1	Accionar el interruptor de paro.	●					0,1	Tomar precauciones de seguridad.
2	Suspender el suministro de energía.	●					0,1	
3	Transportar las herramientas adecuadas.		●				4	
4	Aflojar tornillos de sujeción del motor.	●					2	
5	Retirar mangueras y componentes hidráulicos.	●					3	Utilizar herramienta adecuada.
6	Inspección visual de los componentes.				●		5	
7	Limpiar exceso de aceite con franela.	●					2	
8	Transportar herramientas adecuadas.		●				2	
9	Desmontar carcasa del motor.	●					5	
10	Desmontar rodamientos.	●					6	Utilizar herramienta adecuada.
11	Montar rodamientos.	●					4	
12	Limpieza general de la máquina.	●					6	
13	Montar el motor de la bomba de vacío.	●					2	No sobrepasar ajustes para evitar aislamientos.
14	Montar componentes hidráulicos.	●					3	
15	Comprobar el funcionamiento correcto del motor.				●		1	Tomar en cuenta normas de seguridad.
16	Entregar en correcta operación la máquina al personal a cargo.	●					3	Constancia de entrega.
			Tiempo total (min)			48,2		

Tabla A 10.3 Flujograma de Actividades Extrusor












		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 3			
		Sistema: Extrusor	Subsistema: Eléctrico	Componente: Motor bomba de vacío	Área: Secado y Formado			
Código: (SF-EX-02)		Código: (SF-EX-02)(V)	Código: (MV-03)	Elaborado por: Ávila- Rodríguez	Revisado por: Ing. F. Jácome			
Actividad: Cambio de filtro de bomba de vacío		Acción	Símbolo	Genera	Fecha:			
<b>Flujograma de Actividades</b>		Operación		11				
		Transporte		1				
		Espera		0				
		Inspección		4				
		Almacenamiento		0				
Nº	Descripción	Simbología				Tiempo (min)	Observaciones	
								
1	Accionar el interruptor de paro.	●					0,1	Tomar precauciones de seguridad.
2	Suspender el suministro de energía.	●					0,1	
3	Transportar las herramientas adecuadas.		→				4	
4	Verificar que no haya fugas en conexiones hidráulicas en el filtro.				■		2	
5	Retirar mangueras y componentes hidráulicos.	●					2	Utilizar herramienta adecuada.
6	Inspección visual de los componentes.				■		2	
7	Retirar los seguros de la carcasa de filtro.	●					0,5	
8	Desmontar el filtro.	●					2	
9	Retirar el filtro deteriorado.	●					2	
10	Limpieza de componentes con franela	●					4	
11	Colocar filtro nuevo.	●					5	
12	Verificar correcta colocación de filtro.				■		3	Seguir instrucciones de catálogo.
13	Montar el filtro en la extrusora.	●					2	
14	Ajustar seguros de filtro y componentes hidráulicos.	●					3	Verificar conexiones hidráulicas y sellarlas.
15	Comprobar el funcionamiento correcto de los componentes.				■		3	Tomar en cuenta normas de seguridad.
16	Entregar en correcta operación la máquina al personal a cargo.	●					3	Constancia de entrega.
<b>Tiempo total (min)</b>							<b>37,7</b>	

Tabla A 10.4 Flujograma de Actividades Extrusor

		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 4			
		Sistema: Extrusor	Subsistema: Mecánico	Componente: Rodillos	Área: Secado y Formado	Elaborado por: Ávila- Rodríguez		
Código: (SF-EX-02)		Código: (SF-EX-02)(M)	Código: (RS-01)	Revisado por: Ing. F. Jácome	Fecha:			
<b>Actividad:</b> Cambio de rodamientos			<b>Acción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Genera</b>			
			Operación	●	18			
<b>Flujograma de Actividades</b>			Transporte	→	1			
			Espera	◐	0			
			Inspección	■	3			
			Almacenamiento	▼	0			
Nº	Descripción	Simbología					Tiempo (min)	Observaciones
		●	→	◐	■	▼		
1	Accionar el interruptor de paro.	●					0,1	Tomar precauciones de seguridad.
2	Suspender el suministro de energía.	●					0,1	
3	Transportar las herramientas adecuadas.		●				4	
4	Retirar la tapa de la carcasa.	●					2	
5	Quitar tornillos del soporte de los rodillos.	●					3	Utilizar herramienta adecuada.
6	Desmontar el soporte.	●					2	
7	Retirar los rodillos de su soporte.	●					1	
8	Inspección visual de componentes.			●			1	Revisar desgaste.
9	Retirar cuña del eje de los rodillos.	●					5	Utilizar herramienta adecuada.
10	Retirar engranes.	●					2	
11	Desmontar rodamientos inferiores	●					4	
12	Retirar tornillos prisioneros de rodamientos superiores.	●					2	
13	Desmontar rodamientos superiores.	●					4	
14	Montar Rodamientos superiores.	●					4	
15	Ajustar tornillos prisioneros de rodamientos.	●					2	No sobrepasar ajustes para evitar aislamientos.
16	Montar rodamientos inferiores.	●					4	Utilizar herramienta adecuada.

Tabla A 10.5 Flujograma de Actividades Extrusor


		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 4.1		
		Sistema: Extrusor	Subsistema: Mecánico	Componente: Rodillos	Área: Secado y Formado	Elaborado por: Ávila- Rodríguez	
Código: (SF-EX-02)		Código: (SF-EX-02)(M)	Código: (RS-01)	Revisado por: Ing. F. Jácome	Fecha:		
<b>Actividad:</b> Cambio de rodamientos		<b>Acción</b>		<b>Símbolo</b>	<b>Genera</b>		
		Operación		●	18		
		Transporte		→	1		
<b>Flujograma de Actividades</b>		Espera		D	0		
		Inspección		■	3		
		Almacenamiento		▼	0		
17	Colocar engranes en rodillos.	●				2	
18	Colocar y presionar cuñas.	●				5	
19	Inspección visual de componentes.			●		2	
20	Comprobar el funcionamiento correcto del motor.			●		1	Tomar en cuenta normas de seguridad.
21	Entregar en correcta operación la máquina al personal a cargo.	●				3	Constancia de entrega.
		<b>Tiempo total (min)</b>				<b>53,2</b>	

Tabla A 10.6 Flujograma de Actividades Extrusor



		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 5			
		Sistema: Extrusora	Subsistema: Mecánico	Componente: Rodillos	Área: Secado y Formado	Elaborado por: Ávila- Rodríguez		
Código: (SF-EX-07)		Código: (SF-EX-02)(M)	Código: (RO-05)	Revisado por: Ing. F. Jácome	Fecha:			
<b>Actividad:</b> Cambio de aceite de rodillos		<b>Acción</b>		<b>Símbolo</b>	<b>Genera</b>			
		Operación		●	12			
		Transporte		→	1			
		Espera		◐	0			
		Inspección		■	4			
		Almacenamiento		▼	0			
<b>Flujograma de Actividades</b>								
N <sup>a</sup>	Descripción	Simbología					Tiempo (min)	Observaciones
		●	→	◐	■	▼		
1	Apagar la máquina.	●					0,1	Tomar precauciones de seguridad.
2	Suspender el suministro de energía.	●					0,1	
3	Quitar la tapa de los rodillos.	●					2	
4	Verificar el estado del aceite.				●		2	Tomar en cuenta viscosidad.
5	Preparar recipiente para aceite viejo.	●					3	Utilizar herramienta adecuada.
6	Preparar herramientas necesarias.	●					5	
7	Quitar el tapón de seguridad del aceite.	●					2	
8	Drenar completamente el aceite de la cámara.	●					7	
9	Verificar el estado de los rodillos y engranes.				●		6	Tomar en cuenta desgaste de estas piezas.
10	Limpieza de rodillos y cámara.	●					4	Utilizar herramienta adecuada.
11	Transporte del aceite nuevo.		●				1	
12	Colocar el tapón y ajustarlo correctamente.	●					3	
13	Verter el aceite en la cámara hasta la marca de FULL.	●					2	Tomar en cuenta normas de seguridad.
14	Montar de nuevo piezas desarmadas.	●					5	
15	Verificar funcionamiento y fugas.				●		2	
16	Entregar máquina al personal encargado.	●					5	Constancia de entrega.
<b>Tiempo total (min)</b>							<b>49.2</b>	

Tabla A 10.7 Flujograma de Actividades Extrusor

		MANUAL DE MANTENIMIENTO			Nº 6		
		Sistema: Extrusor	Subsistema: Mecánico	Componente: Rodamientos	Área: Secado y Formado	Elaborado por: Ávila- Rodríguez	
Código: (SF-EX-02)		Código: (SF-EX-02)(M)	Código: (RO-05)	Revisado por: Ing. F. Jácome	Fecha:		
<b>Actividad:</b> Cambio de rodamientos de motores			<b>Acción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Genera</b>		
			Operación	●	10		
<b>Flujograma de Actividades</b>			Transporte	→	1		
			Espera	◐	0		
			Inspección	■	4		
			Almacenamiento	▼	0		
			<b>Nº</b>			<b>Descripción</b>	
1	Accionar el interruptor de paro.	●				0,1	Tomar precauciones de seguridad.
2	Suspender el suministro de energía.	●				0,1	
3	Verificar que rodamientos necesitan mantenimiento.				●	5	
4	Verificar MM 1, 2 o 4, si es el caso de Motor secundario, Motor de bomba de vacío o Rodillos, respectivamente.				●	5	En caso de rodamientos del motor principal sigue el número 5.
5	Verificar rodamientos motor principal				●	3	Tomar precauciones de seguridad.
6	Retirar tornillos de sujeción del motor principal.	●				3	Utilizar herramienta adecuada.
7	Desmontar motor principal.	●				2	
8	Transportar herramientas necesarias		●			2	
9	Desmontar rodamientos.	●				5	
10	Limpiar componentes.	●				5	
11	Montar rodamientos.	●				4	
12	Limpieza general de la máquina.	●				6	
13	Montar el motor principal.	●				3	
14	Apretar tornillos.	●				2	Evitar aislamientos.
14	Comprobar el funcionamiento correcto del motor.				●	1	Tomar en cuenta normas de seguridad.
15	Entregar en correcta operación la máquina al personal a cargo.	●				3	Constancia de entrega.
			<b>Tiempo total (min)</b>			<b>49,2</b>	



**ANEXO 11**

**PARTES DEL EXTRUSOR**

Fig. A 11.1 Partes del Extrusor

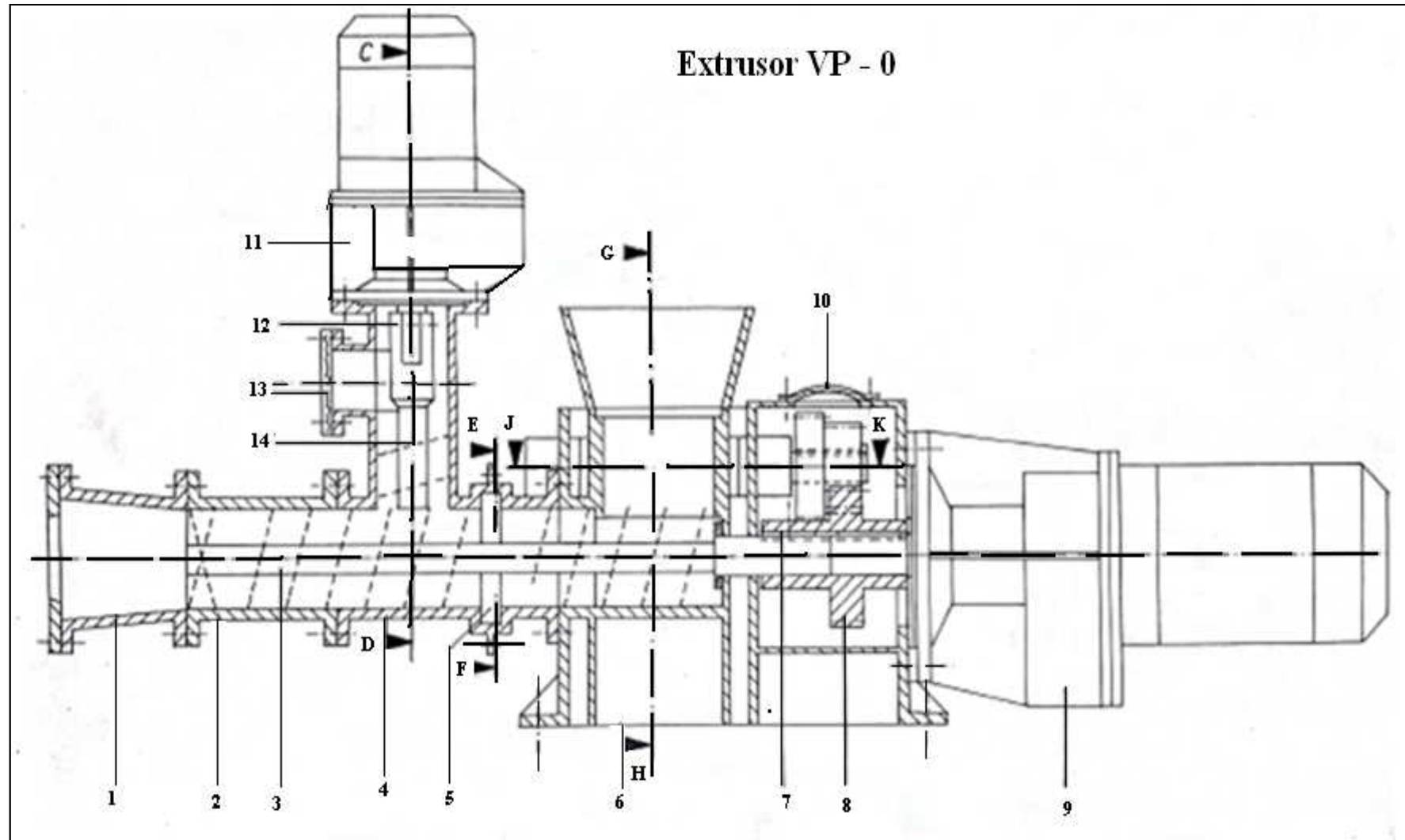


Fig. A 11.2 Partes del Extrusor

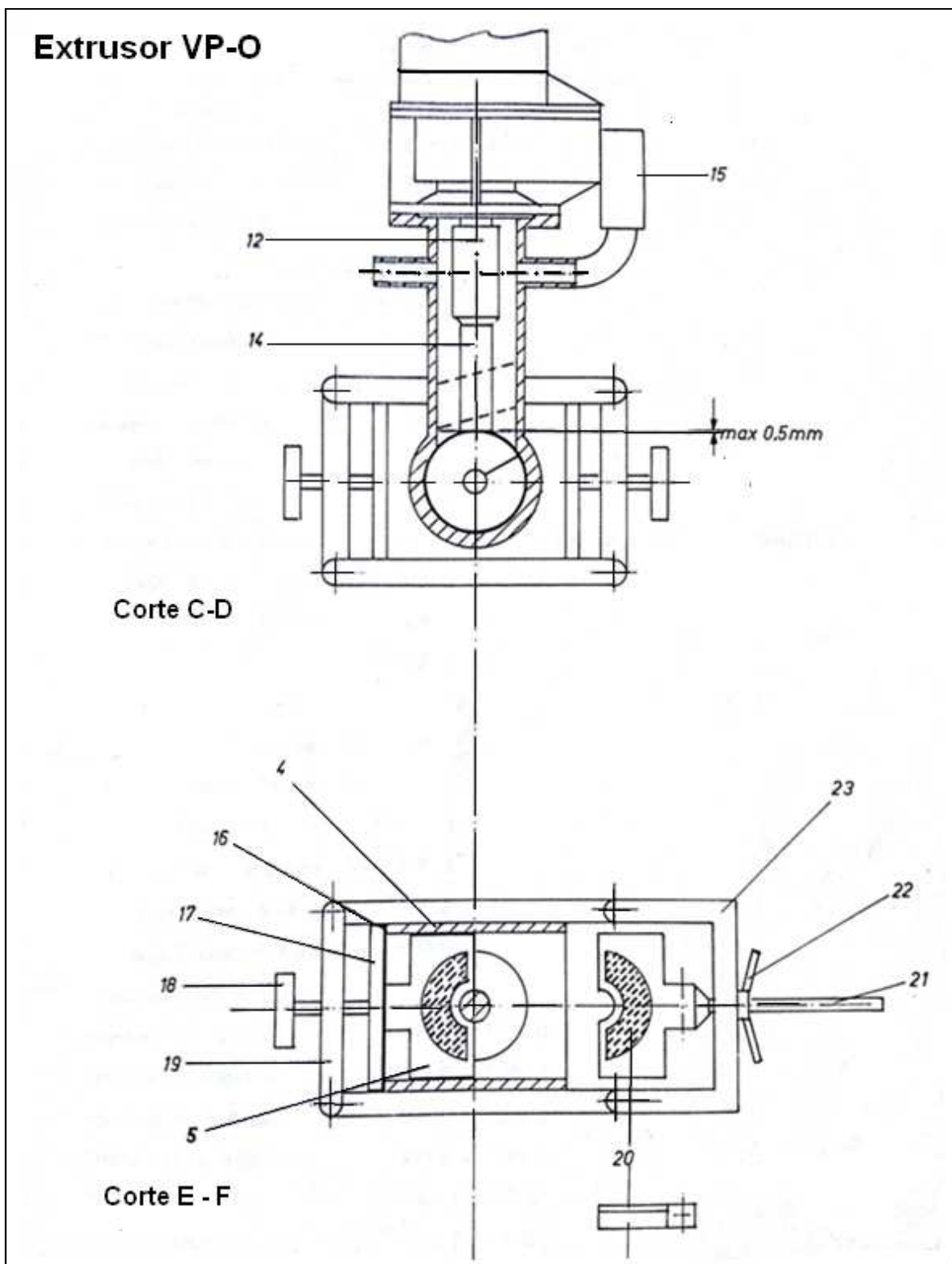


Tabla A 11.1 Identificación de partes del Extrusor


 Laboratorio de Cerámica		<b>IDENTIFICACIÓN DE PARTES DEL EXTRUSOR</b>	
PARTE	DESIGNACIÓN	TIPO	FABRICANTE
1	BOQUILLA	TSN 0 M	
2	CILINDRO	TSN 0 Z	
3	TORNILLO SIN FIN	VP 0	
4	CAMARA DE VACÍO	VP 0	
5	PROTECTOR DE PLACA PERFORADA	TSN 0	
6	CAJA DE CAMBIOS	TSN 0	
7	EMPAQUES	TSN 0	
8	PIÑÓN DE ACOPLAMIENTO	TSN 0	
9	MOTOR	N 1, 1 Kw, n25, B5	BAUER
10	VENTANA PLÁSTICA	□ 100	
11	MOTOR	N 0.37 Kw, n84, V1	BAUER
12	PASADOR DE SUJECIÓN	VP 0	
13	PLACA PLÁSTICA	VP 0	
14	TORNILLO TRANSPORTADOR	VP 0	
15	MEDIDOR DE VACÍO	□ 100	WIKA
16	EMPAQUES POR 2	VP 0	
17	PLACAS POR 2	VP 0	
18	TRONILLO DE PRESIÓN	VP 0	
20	PLACAS PERFORADAS	VP 0	
21	TUERCA DE EXTRACCIÓN	VP 0	
22	PERNO DE EXTRACCIÓN	VP 0	
23	GANCHO	VP 0	
24	SOPORTES	VP 0 – TSN 0	
25	RODAMIENTO	VP 0 – TSN 0	
26	ACOPLES	VP 0 – TSN 0	
27	ANILLO DE AJUSTE	VP 0 – TSN 0	
28	RODILLO	TSN0 – VP 0	
29	PIÑONES DOBLES	TSN 0 – VP 0	
30	CHAVETA	8 * 7 * 50	
31	SOPORTES PIÑÓN	TSN 0	
32	CHAVETA	8 * 7 * 35	
33	GANCHO CARACOL	VP 0 – TSN 0	
34	SEGURO DE PASADOR	VP 0 – TSN 0	

Fig. A 11.3 Diagrama de conexiones eléctricas del extrusor

