

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERIA

MANUAL DE MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD EN LA INDUSTRIA DE PLÁSTICOS

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
ELÉCTRICO

ROBERTO CHINCHIN ANGOS

DIRECTOR: Ingeniero FAUSTO G. AVILÉS

Quito, diciembre 2001

DECLARACIÓN

Yo Roberto Chinchin Angos, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley de Propiedad intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Roberto Chinchin Angos

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Roberto Chinchín Angos, bajo mi supervisión.



Ing: Fausto G. Avilés
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

"dando siempre gracias por todo al Dios y Padre, en el nombre de nuestro Señor Jesucristo". Efesios 5:20

Por mi madre, mis familiares y el apoyo de los profesionales maestros y educadores. Que Dios los bendiga.

CONTENIDO

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1 Introducción.....	1
1.2 Objetivo.....	2
1.3 Alcances.....	2

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINARIA EN LA INDUSTRIA DE PLÁSTICOS.

2.1 Características generales de la industria.....	4
2.1.1 Una industria en crecimiento.....	4
2.1.2 Materia prima y producción.....	5
2.1.3 De la tecnología involucrada.....	5
2.2 Procesos y maquinaria industrial.....	5
2.2.1 Procesos generales – máquinas.....	6
2.2.2 Procesos complementarios – máquinas.....	8
2.2.3 Procesos especiales – equipos.....	13
2.2.4 Otras máquinas complementarias.....	15
2.3 Consideraciones técnicas generales.....	16
2.3.1 Las máquinas eléctricas.....	17
2.3.2 Equipos eléctricos.....	17
2.3.3 Sistemas de operación en las máquinas.....	18

CAPÍTULO III

LA CALIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO Y LA SEGURIDAD INDUSTRIAL

3.1 Generalidades.....	19
3.1.1 Pertinencia del capítulo.....	19
3.1.2 Algunas definiciones relacionadas.....	19
3.2 Sobre los parámetros de calidad.....	20

3.2.1 La calidad del producto.....	21
3.2.2 La calidad del servicio.....	23
3.3 Causas y efectos de la mala calidad del producto.....	29
3.3.1 Algunos efectos negativos observados.....	29
3.3.2 Disturbios eléctricos, causas y efectos.....	29
3.3.3 Responsabilidades.....	33
3.4 Causas y efectos de la mala calidad de servicio.....	35
3.4.1 Algunos efectos negativos observados.....	36
3.4.2 Suspensiones de servicio y responsabilidades.....	36

CAPÍTULO IV

LA SEGURIDAD EN LA INDUSTRIA DE PLÁSTICOS

4.1 Conceptos y principios generales.....	38
4.1.1 Riesgos y seguridad.....	38
4.1.2 Responsabilidades en la seguridad industrial.....	39
4.2 Desarrollo de la seguridad en la industria de plásticos.....	40
4.2.1 Prioridades industriales.....	40
4.2.2 Errores de mantenimiento.....	41
4.3 Riesgos y protecciones en la industria de plásticos.....	42
4.3.1 Riesgos en las actividades de producción.....	42
4.3.2 Reglas de seguridad para las actividades de mantenimiento.....	43
4.3.3 Riesgos específicos.....	44
4.3.3.1 Riesgos de contactos eléctricos.....	44
4.3.3.2 Riesgos por el uso de equipos especiales.....	50
4.3.3.3 Áreas con peligro de incendio y explosión.....	52
4.4 La seguridad industrial y el mantenimiento.....	54
4.4.1 Análisis de riesgos.....	54
4.4.1.1 Sectorización funcional de una planta industrial.....	55
4.4.1.2 Matriz de riesgos	56

CAPÍTULO V

MANUAL DE MANTENIMIENTO.

5.1 Consideraciones importantes sobre el mantenimiento industrial.....	60
5.1.1 Nuevas concepciones de mantenimiento.....	60
5.1.2 Concepción del mantenimiento y planes en nuestras industrias.....	62
5.2 Análisis previos a los planes de mantenimiento.....	63
5.2.1 Características de la producción en la industria de plásticos.....	63
5.2.2 Análisis de la fiabilidad de las instalaciones y equipos.....	65
5.2.2.1 Recopilación de información.....	65
5.2.2.2 Etapa de decisiones y plan de mantenimiento preventivo/predictivo.....	66
5.3 Organización del mantenimiento.....	68
5.3.1 El mantenimiento en caso de averías (mantenimiento de rotura).....	68
5.3.2 El mantenimiento preventivo/predictivo.....	71
5.4 Intervenciones de mantenimiento.....	74
5.4.1 Recomendaciones importantes.....	74
5.4.2 Intervenciones puntuales en máquinas y equipo eléctrico.....	75
5.4.3 Otras intervenciones y recomendaciones.....	85

CAPÍTULO VI

APLICACIÓN A UNA INDUSTRIA.

6.1 Características generales.....	90
6.1.1 Características y secuencia de producción.....	90
6.1.2 Situación actual y alcance del programa de mantenimiento.....	91
6.2 Sectorización funcional.....	92
6.2.1 Sectores generales.....	92
6.2.2 Sectorización y codificación de máquinas y equipo eléctrico por sistemas de servicio.....	93
6.2.3 Sectorización y codificación de máquinas y equipo eléctrico por máquinas de producción.....	95
6.3 Plan de mantenimiento.....	98
6.3.1 De la organización y las intervenciones de mantenimiento.....	98

6.3.2 Somera aplicación de herramientas para la elaboración de planes de mantenimiento.....	102
6.3.3 Fichas de mantenimiento preventivo/predictivo por equipos.....	109

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS

RESUMEN

El presente trabajo pretende desarrollar un "Manual de mantenimiento y seguridad en la industria de plásticos". Para ello partimos de la descripción de la maquinaria de producción que se utiliza en dicha industria; y considerando que como insumo importante para la operación de dicha maquinaria automatizada es el suministro de energía eléctrica; se analiza tal calidad con referencia a la seguridad que para las personas y equipos representa un buen servicio. Así mismo, se hace un breve análisis de responsabilidades sobre el deterioro de la calidad de la energía eléctrica.

Se realiza un análisis de la situación actual de la industria de plásticos sobre materia de seguridad industrial, particularizando algunos riesgos que presenta la operación y mantenimiento de equipos especiales en dicha industria. En términos más amplios se resume una herramienta para el análisis de riesgos que considera: la seguridad de producción, la seguridad de personal, costos de reparación y, efectos sobre el medio ambiente; lo cual pretende ser de utilidad para los propósitos de mantenimiento.

El manual desarrollado, presenta luego de un análisis de las concepciones actuales de mantenimiento, un resumen de la utilización de una herramienta para el análisis previo a los planes de mantenimiento a diferentes niveles; es decir: a partir de sectorizaciones funcionales que serán determinadas de conformidad a los intereses de esta y otras industrias. Se realiza un resumen para la organización de actividades concretas de mantenimiento sobre máquinas y equipos eléctricos puntuales. Añadiendo recomendaciones para el mantenimiento de equipos específicos de la industria de plásticos.

Finalmente se considera una aplicación de las operaciones de mantenimiento antes analizadas, particularizando las acciones, al equipamiento de una industria dedicada a la fabricación de fundas y empaquetamientos especiales de material plástico.

PRESENTACIÓN.

La elaboración de planes de mantenimiento requieren, tanto de personal especializado más el conocimiento previo de la maquinaria objeto de intervención. El desarrollo de planes generales de mantenimiento frente a la gran variedad de maquinaria existente en la industria, corre el riesgo de desvirtuar sus propósitos si se desconoce las características técnicas y los requerimientos que precisan para su correcto funcionamiento. Por otro lado el desconocimiento de los riesgos que involucran la operación y mantenimiento de maquinaria específica, puede ser causa de daños irreparables para personas y equipos.

Un manual de mantenimiento que considere además la seguridad en términos amplios de personas y equipos en una industria determinada, pretende ser más específico y útil.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1 INTRODUCCIÓN

La historia del desarrollo del sector industrial en nuestro país, demuestra un proceso de crecimiento no planificado ni armónico en los aspectos tecnológico y/o de profesionalización; de allí que al observar la maquinaria que opera en las diferentes industrias, se encuentra con gran variedad de tecnología, tanto por su procedencia (europea o de Norteamérica), como por la adquisición de maquinaria no actualizada; todo con relación a la situación económica del país o simplemente al interés del inversionista, sin obedecer a ninguna política de estado clara y determinante.

Si bien en los países industrializados (llamados del primer mundo), la diversidad de industrias y la diversidad de maquinaria no ha sido un obstáculo sino el motivo para dictar normas de seguridad y exigir su cumplimiento, y en el planteamiento de nuevos objetivos han incursionado en planes sofisticados de mantenimiento que son de gran ayuda para los profesionales involucrados; sin embargo en nuestro país muchas normas y planes de mantenimiento no han podido ser aplicables por diversas razones, y una de ellas es el desconocimiento apropiado del objeto sobre el que se desea actuar; de allí que para plantear una práctica consciente de mantenimiento y que sea útil a la industria local, será necesario un conocimiento más cercano de su maquinaria, los propósitos y características técnicas de la misma, los requerimientos que precisan para su correcto funcionamiento y los riesgos que involucran su operación y mantenimiento; todo en procura de eliminar o reducir al mínimo prácticas inadecuadas de mantenimiento que han afectado a la vida útil de equipos de la maquinaria, y han involucrado mayores riesgos de operación y mantenimiento.

Por otro lado, la adquisición de maquinaria y equipos con última tecnología en las industrias de nuestro país, a efecto de ser eficientes y competitivos en un mundo globalizado; hace necesario dar el carácter de especialización al aspecto de mantenimiento como uno de los parámetros importantes de la producción.

1.2 OBJETIVO

Consecuente con la introducción, el presente trabajo pretende, ubicándose dentro de una industria determinada, en este caso la INDUSTRIA DE PLASTICOS:

- Desarrollar una descripción adecuada de la maquinaria que involucra dicha industria.
- Analizar adecuadamente los efectos que la calidad de servicio eléctrico pueden causar en la operación de una industria de plásticos y su maquinaria.
- Reconocer adecuadamente las condiciones de riesgo que se involucran en la industria de plásticos por sus características propias de maquinaria y equipos.
- Elaborar un manual de mantenimiento bajo condiciones de seguridad y que sea útil a la industria de plásticos.

1.3 ALCANCES

Los capítulos subsiguientes abarcarán:

- En el capítulo dos, luego de las consideraciones generales sobre la industria de plásticos, se procede a la descripción de las características técnicas particulares de operación y requerimientos en la maquinaria y equipos que operan en dicha industria; para ello se considera los distintos procesos principales y secundarios de producción, y se lista algunas máquinas generalmente utilizadas, clasificándolas como máquinas individuales y líneas de producción; se incluye la descripción de equipos especiales propios de esta industria. Se resume las características técnicas, generales al propósito de mantenimiento.
- En el capítulo tres se considerará aspectos relacionados a la calidad de servicio eléctrico, se hace alusión a los parámetros que lo definen, y se analiza los factores internos y externos a la planta industrial que influyendo sobre dicha calidad afectan a la maquinaria en particular en términos de consecuencias operacionales, trastornos de producción y otros; se considera la pertinencia de la utilización de equipos de protección; mencionando además los efectos de la calidad de servicio en mayor o menor grado sobre la seguridad de personas y en general sobre una planta industrial.

- En el capítulo cuatro, partiendo de conceptos y principios fundamentales sobre seguridad industrial, y consecuente al estudio previamente realizado en los capítulos dos y tres, se procurará un adecuado análisis de las situaciones de riesgos que involucre personas maquinaria e instalaciones en general; planteándose además las posibles medidas de seguridad que deberían ser adoptadas para salvaguardar personas y equipos. Se incluye una herramienta de análisis de riesgos, útil a los propósitos de planificación de mantenimiento.
- En el capítulo cinco como aplicación práctica del estudio realizado, y luego de considerar nuevos criterios de análisis sobre planes de mantenimiento hasta la toma de decisiones cuya base es el análisis de las situaciones de riesgo, se planteará un manual de mantenimiento preventivo/predictivo y de intervención en situación de falla (mantenimiento correctivo), estableciendo los requerimientos correspondientes para la práctica de los mismos, y particularizando las intervenciones para ciertos equipos especiales propios de la industria de plásticos.
- El capítulo seis, considerará una planta particular de procesamiento de plásticos en la que se hará la aplicación del manual desarrollado arriba.
- Finalmente se manifestará las conclusiones y recomendaciones que de este trabajo se deriven.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINARIA EN LA INDUSTRIA DE PLÁSTICOS.

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INDUSTRIA

Antes de pasar directamente a la descripción de la maquinaria correspondiente, considero importante realizar un vistazo general de ubicación de este importante sector industrial, en el contexto al menos de nuestra América latina, considerando de paso las posibilidades de nuestro país.

2.1.1 UNA INDUSTRIA EN CRECIMIENTO

Estudios realizados por conocedores del tema, demuestran un importante crecimiento del sector de la industria de plásticos en América latina en la década de los noventa, y aunque empañado éste crecimiento por las dificultades económicas de 1999 por los fenómenos del Sudeste Asiático, sin embargo en estos dos últimos años se ha visto una recuperación aún a pesar de la subida de los precios del petróleo que afectando a la industria petroquímica, afectan en el costo de la materia prima. Se proyecta como una industria para el nuevo siglo al considerar factores como:

- El consumo de material plástico se ha incrementado en casi todos los países de la región
- Se ha intensificado el comercio de materia prima y productos manufacturados de plástico
- La acelerada inversión en dicha industria en la década de los noventa.

Expertos estiman que para el año 2001 esta industria crecerá en un 4% en la región, y países como México y Brasil proyectan mayores crecimientos a mediano plazo; una razón importante de crecimiento es que el consumo de material plástico por habitante es aún todavía bajo, y por otro lado existe importación de manufacturas de plástico que la región esta en posibilidades de suplir.

Nuestro país como parte de la región no se halla al margen del reto de crecimiento en esta industria y en su respectiva dimensión ha experimentado también un incremento en la inversión para maquinaria y materia prima.

2.1.2 MATERIA PRIMA Y PRODUCCIÓN

Partiendo de la industria petroquímica, la materia prima para la industria de plásticos es material que debe ser procesado térmicamente y que dependiendo del tipo de material (polipropileno, Polietileno de alta y de baja densidad lineal, resina pet, masterbach, etc.), y el producto intermedio (de servicio a otra producción de consumo) o final (de consumo), requiere la utilización de maquinaria específica con características técnicas propias.

Algunos productos plásticos conocidos que se elaboran en nuestro país son: menajes y juguetería, botellas plásticas y otros envases, sacos de polipropileno, sillas, mesas, tubería PVC. Fundas y material de empaquetamiento (packaging).

2.1.3 DE LA TECNOLOGÍA INVOLUCRADA

Al observar a diario los productos de plástico con sus características de desechables, la persona común no se imagina que detrás existen grandes esfuerzos tecnológicos, pues el incremento de producción así como la demanda de nuevos productos, exigen procesamientos más exactos y de mejores acabados.

Todos los procesos son automatizados, de allí el desarrollo de maquinaria de pequeño y gran tamaño, que requieren tecnología de punta en sistemas eléctricos, electrónicos, mecánicos, hidráulicos, neumáticos, etc., para el procesamiento del plástico; unas veces concentrada en una maquina individual y otras integrada en una línea de producción a través de varios equipos para el efecto de cumplir los procesos que el material requiere.

2.2 PROCESOS Y MAQUINARIA INDUSTRIAL

En toda industria, cada maquinaria tiene su razón de ser en razón de los procesos industriales involucrados a partir de la materia prima hasta la obtención del producto final.

2.2.1 PROCESOS GENERALES – MÁQUINAS

El proceso productivo en la industria de los plásticos esencialmente es un proceso térmico, iniciando con la fundición de la materia prima se logra hacerlo manejable por diversos medios y para fines de producción de objetos determinados; el acabado y las características del producto dependen en gran medida del control preciso de las temperaturas del material en sus diferentes etapas: fundición, inyección, moldeo y enfriamiento. El sistema principal de calentamiento se halla a lo largo de un túnel que contiene un tornillo sinfín y se lo hace mediante resistencias anulares ubicadas por zonas a lo largo de dicho túnel (fig. 2.1); dependiendo de la dureza del material a tratar, operan con temperaturas hasta de 400°C y potencia total promedio en maquinas medianas de hasta 25Kw.

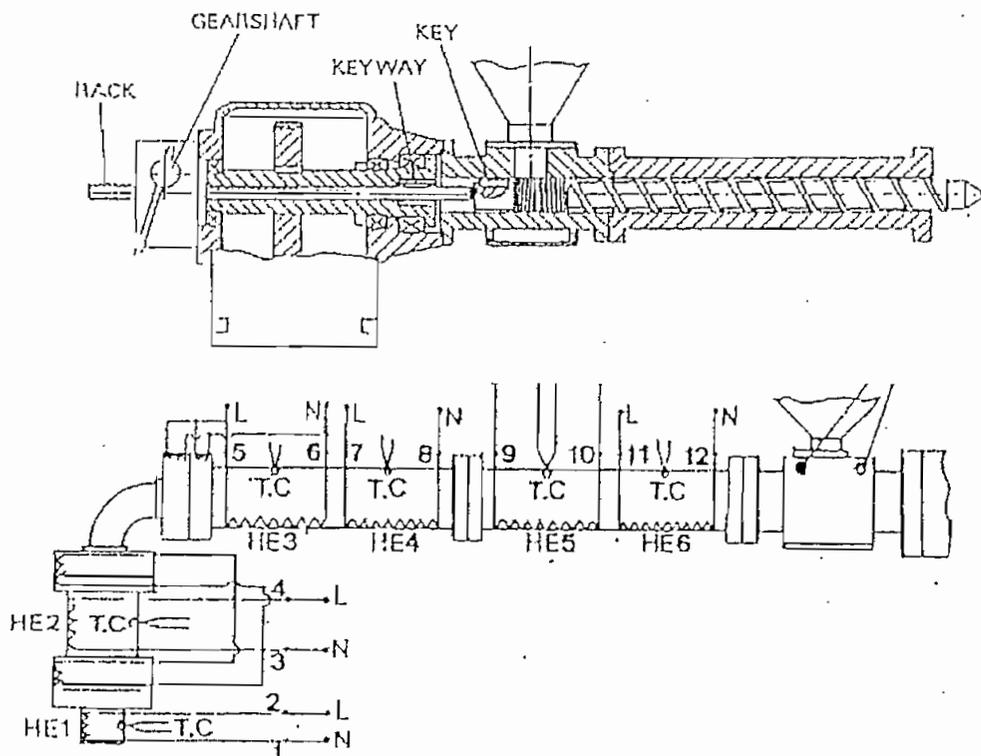


Fig. 2.1 Tornillo sinfín y resistencias de calentamiento (ref.12)

Las "máquinas generales" utilizadas para este proceso térmico del plástico puede decirse que son: Las máquinas inyectoras y las máquinas extrusoras; existen máquinas de diferentes tamaños y que involucran diferente grado de tecnología sea eléctrica, electrónica o mecánica, dependiendo no solo de la actualización de la maquinaria sino también del tipo y acabado del producto.

Una diferencia importante de las inyectoras con las extrusoras está en el sistema de moldeo del material; mientras las primeras involucran un proceso cíclico, las segundas lo hacen mediante un proceso continuo.

En cuanto a las máquinas extrusoras, es importante anotar que son máquinas utilizadas como punto de partida para otros procesos de producción, no así las inyectoras cuyo producto se puede considerar terminado. En cuanto a los sistemas electromecánicos involucrados en su operación se puede anotar:

Requerimientos Hidro - neumáticos

Una de las características de especificación de las inyectoras tiene que ver con las presiones de operación, de allí que existan máquinas de pequeño y gran tamaño que operan con presiones desde decenas hasta cientos de toneladas, y poseen movimientos rápidos que pueden ser programados. Los sistemas principales de operación mecánica están constituidos por:

- SISTEMAS HIDRÁULICOS.- Constituidos por bombas, bancos hidráulicos, conductos y válvulas mecánicas y electro-válvulas que controlan las diferentes etapas de cierre apertura de molde y/o carga (retroceso y giro de tornillo) e inyección (avance y giro contrario de tornillo) de material del tornillo hacia el molde. Las presiones desarrolladas en estos sistemas deben ser controladas con exactitud evitando cualquier tipo de fugas y utilizando el tipo de aceite adecuado, a riesgo de afectar la producción y la máquina misma.
- SISTEMAS NEUMÁTICOS Y DE ENFRIAMIENTO POR AGUA.- Por lo general son servicios exteriores (generales de la planta) que a presiones controladas y en tiempos programados deben actuar adecuadamente para la operación precisa de etapas, tal el caso de la operación de válvula para la expulsión del producto luego de la apertura del molde y antes del re-cierre para un nuevo proceso. En la etapa de enfriamiento de las inyectoras, operan electro-válvulas que permiten la circulación de agua a través de los moldes. En

máquinas para producir envases tipo botella, el sistema neumático coordinado efectúa los niveles de soplado correspondiente.

En las máquinas extrusoras, si bien el sistema hidráulico es reducido, el sistema neumático debidamente controlado juega un papel importante en todo el proceso de producción.

Requerimientos eléctricos – electrónicos

El tipo de maquinaria que estamos considerando, depende 100% para su operación del sistema de alimentación eléctrica y control eléctrico – electrónico, las exigencias aumentan mientras mayores son las características de tamaño, precisión y productividad de la máquina.

Dependiendo de la actualización de la tecnología, los controles van desde los tableros totalmente electromecánicos a controles con programadores digitales y pantallas de vídeo para programación, vigilancia de procesos y determinación de fallas.

Todos los movimientos en las máquinas son logrados a partir de las máquinas eléctricas rotativas aún aquellos movimientos rotativos que usan medios hidráulicos.

Para la inyección de piezas de precisión utilizadas en industrias como la médica o de instrumentación, se ha comprobado que un mejor control se logra utilizando máquinas totalmente eléctricas, es decir que se ha substituido el sistema de rotación hidráulica por el uso de motores controlados electrónicamente.

Como se indicó anteriormente, el proceso productivo de los plásticos esencialmente es un proceso térmico, siendo el sistema de calentamiento totalmente eléctrico con un control electrónico de precisión.

2.2.2 PROCESOS COMPLEMENTARIOS - MÁQUINAS

A partir de las extrusoras

Al considerar la variedad de productos plásticos vemos que igualmente existen diferentes formas de moldeo y tratamiento; para ello y a partir de la máquina extrusora se integran equipos diferentes para productos diferentes.

Si bien hay productos que no requieren mayor procesamiento, sin embargo para su elaboración se hallan involucrados varias partes y equipos tanto eléctricos como mecánicos que trabajando sincronizadamente a manera de "línea de producción" influye en el acabado de productos finales o intermedios; tal es el caso de la producción de láminas de plástico en sus diferentes anchos y espesores, así como acabados para propósitos subsiguientes.

Podemos anotar además, que son diferentes los equipos para moldeo y enfriamiento que utilizan las extrusoras horizontales y las extrusoras verticales; así como son diferentes los equipos para la obtención de laminas plásticas, envases y otros productos termo formados, hilo plástico para la utilización en otros procesos, etc.

Sea cual sea el proceso, este involucra el uso de máquinas eléctricas rotativas con diferentes sistemas de control y transmisión de rotación y así mismo equipos generales o especiales para el control de temperaturas de procesamiento.

Las "líneas" con sus diferentes equipos son máquinas de gran tamaño y sus velocidades de procesamiento son considerables, a veces se incluye partes que siendo necesarias, no son esenciales para el proceso en sí, por ejemplo los medios de carga de material a las extrusoras.

Los equipos trabajando en conjunto pueden ser exclusivos y esenciales para la operación de la "línea", y otras veces pueden ser equipos opcionales que operan en cierta producción y que además pueden ser de uso para varias máquinas.

Aunque cada etapa de la "línea" desde la entrada del producto inicial, el procesamiento mismo hasta la obtención del producto terminado, tiene sus propios controles de ajuste y calibración; se incluyen sistemas de control general mayormente para las velocidades de producción.

Otros procesos

Para la elaboración de productos a partir de materiales intermedios obtenidos de las máquinas descrita en el numeral anterior, unas veces se requiere un proceso más como es el caso de las torcedoras de cabos o las máquinas tejedoras o telares para la elaboración de los sacos de polipropileno; sin embargo, otros productos de plástico como aquellos usados para envolturas y empaquetamiento, requieren pasar sea por procesos de terminado o procesos previos de impresión

y/o laminado u otro tipo de recubrimiento; para ello se han desarrollado máquinas que integrando varios equipos individuales trabajan coordinadamente a manera de otras "líneas de producción". Una descripción general de un par de procesos ayudará a entender la complejidad de las máquinas:

IMPRESORAS

Partiendo de los rollos de plástico previamente tratado, se ubican en una desbobinadora de donde el material pasará a un cilindro precalentado, en cuya superficie y sobre el material a imprimir se asentarán otros "cilindros de impresión" de menor diámetro (tinteros) en cuya superficie se montan los "clichés" (láminas de un material especial llamado "cirel" que contiene el arte al que se le impregna un color asignado de conformidad al arte total) (Fig. 2.2); para mejores acabados se tienen máquinas con mayor número de tinteros, de allí que se tiene de cuatro, seis y hasta ocho colores. Luego de la impresión, el material pasa a un proceso de secado y de allí a una etapa de rebobinado luego de pasar por un equipo que alinea adecuadamente el material a fin de obtener un rollo perfecto; se debe cuidar mucho la tensión de rebobinado a riesgo de deformar el material y afectar la impresión.

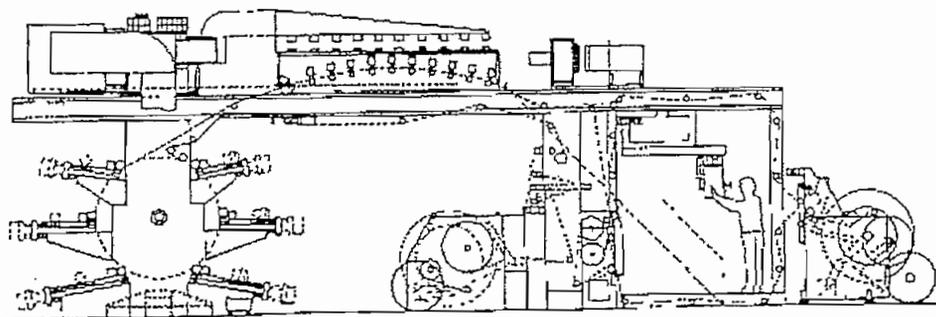


Fig. 2.2 Máquina impresora de seis colores (ref. 12)

LAMINADORAS

Son máquinas cuya función es adherir materiales procedentes de dos bobinas diferentes: por un lado el plástico impreso o no, y por otro puede ser una lámina de aluminio u otro material de recubrimiento; de esta manera se tiene dos desbobinadoras, una de ellas dirigirá el material correspondiente a un medio de

tratamiento de su superficie mediante descarga eléctrica por efecto corona; la otra bobina dirigirá su material a un medio de impregnación de un pegamento especial; una vez unidos los dos materiales previamente preparados pasan a un proceso de secado y de allí a su rebobinado.

Son "líneas" de gran tamaño, y sus velocidades de procesamiento son considerables; aquí es importante dar atención a los sistemas de control sincronizado de los equipos en funcionamiento, aunque se incluyen equipos como: bombas para carga de tinta en las máquinas de impresión, o equipo para la mezcla dosificada y carga de pegamento en las laminadoras, o equipos para controles precisos de temperatura; que pese a ser esenciales funcionan independientemente del sistema de control electrónico integrado.

SELLADORAS

Complementariamente a la producción de láminas de plástico sea con o sin impresión, se tienen a manera de pequeñas líneas (por el involucramiento de varios equipos) las máquinas selladoras para la producción de fundas plásticas (Fig. 2.3).

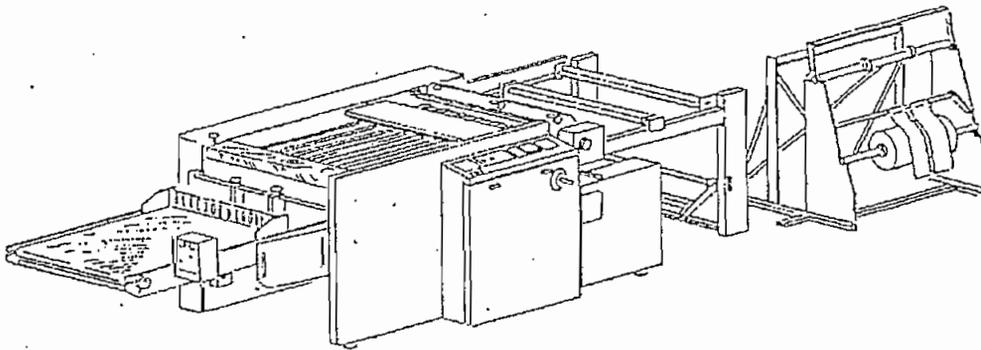


Fig. 2.3 Máquina selladora (ref. 12)

Partiendo de un desbobinador, el material pasa a un medio de doblado de allí a una sección de transportación y adecuación para luego pasar a la parte de corte y sellado mediante un cabezal que calentándose a una temperatura adecuada descende cíclicamente sobre la lámina preparada, dando como resultado las fundas programadas que se llevan mediante un transportador a una mesa apiladora.

La parte que podría considerarse como principal en estas máquinas lo constituye un sistema eléctrico de freno – embrague que opera para el arrastre de material en longitudes programadas, ayudado por un sensor óptico (detector de marcas) para cortes de precisión en los casos de fundas impresas; siendo la parte más importante, ésta incluye a veces PLC's y aún servo motores.

También operan equipos de alineación de material (fall) que pueden ser neumáticos o electromecánicos; y que trabaja junto a un sistema de tensión de material a su vez controlado por un motor operado por un variador de velocidad, regulado por un potenciómetro "bailarín" que ubica la posición de los tensores.

Puesto que el proceso de arrastre del material y aún los residuos de carga estática producidos durante la impresión hace que el producto cargado electrostáticamente no sea manejable, se incluye en estas máquinas equipos de alto voltaje para la supresión de cargas estáticas.

Por otro lado se incluye una bomba para la recirculación de agua en un sistema de enfriamiento; al igual que un sistema neumático tomado de la planta para la operación de electro-válvulas.

El sistema de calentamiento en el cabezal de corte y sellado maneja temperaturas de hasta 400 °C dependiendo del material con que se está trabajando

Requerimientos Hidro - neumáticos

- SISTEMAS HIDRÁULICOS.- Unas veces se utiliza para el movimiento de partes mecánicas grandes y aún para el funcionamiento de motores impulsados hidráulicamente y otras en sistemas de calentamiento por medio de circulación de aceite. También como parte hidráulica esta el sistema de control de temperatura por circulación de agua caliente y también para enfriamiento.
- SISTEMAS NEUMÁTICOS.- Parte generalmente de un sistema dedicado a la planta o sección y llega a un control principal de la máquina, se filtra residuos de agua etc., y se distribuye a las partes que requieren el control de movimientos mecánicos, o controles de presión de contacto de partes que se mueven a velocidades considerables.

Requerimientos eléctricos – electrónicos

Además de los ya indicados en el numeral anterior, se incluyen los relacionados a las características propias de "líneas de producción". En un armario dedicado, los equipos se integran a través del sistema general de alimentación eléctrica con sus respectivas protecciones, otro sector definido del armario integra los sistemas de control electromecánico (relés y contactores) y protecciones correspondientes para la alimentación de cargas principales, otro sector ubica equipos de control electrónico como: PLC's, Variadores de velocidad y otras tarjetas electrónicas de control.

Puesto que en cada proceso se debe tener la respectiva independencia de ajuste, es normal que existan tableros independientes tanto para los equipos de entrada como de salida y en el transcurso de la línea de producción; sin embargo no son del todo independientes, ya que para la operación sincronizada de la línea existen comandos generales que controlan los términos de velocidad de producción; aunque los primeros, afectan más directamente en el control de calidad del producto. Por estos requerimientos, de integración e independencia, los sistemas electrónicos de control (PLC's y amplificadores) y los equipos mismos de operación de motores (variadores de frecuencia y/o variadores de velocidad de motores de corriente continua) deben ser de características definidas y se deben considerar seriamente los requerimientos mecánicos y/o eléctricos para su correcta operación.

2.2.3 PROCESOS ESPECIALES – EQUIPOS

Al anotar los procesos especiales y señalar ciertas máquinas involucradas, es importante considerar que son procesos opcionales en cuanto a las características de una máquina, pero complementarios para la terminación de ciertos productos de plástico como: fundas y empaques, envase, cabos, etc.,etc.

Mención especial por sus características eléctricas y/o mecánicas requieren equipos como tratadores por efecto corona, supresores de electricidad estática, calentadores por circulación de agua, "chillers" (enfriadores), motores hidráulicos, etc.

EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE SUPERFICIES DE PLÁSTICO (LÁMINAS)

Cuando la lámina de plástico obtenida a partir de una extrusora va a pasar a un proceso de impresión o laminación, el material antes de pasar al bobinador, pasará por un proceso de tratamiento mediante descargas por efecto corona, que actuando sobre la superficie del plástico lo dispone para mejor adhesión de otros materiales como la pintura u otras láminas de plástico o aluminio.

Son equipos que pueden ser adaptados según requerimientos del producto; sus potencias varían desde 1Kw hasta más de 40Kw y es importante la consideración de los electrodos y el material de aislamiento en términos de lograr su operación segura y su máxima eficiencia.

No se debe descuidar las características de alto voltaje y alta frecuencia que genera éste tipo de equipos, cuyo proceso de descarga es a lo largo de la lámina de plástico en tratamiento, mientras ésta pasa por un rodillo debidamente aislado. Este equipo opera separadamente del resto de la maquinaria y se halla constituida por dos partes esenciales: una fuente para la generación y control de salida de la alta frecuencia, y el tratador propiamente dicho que incluye un transformador elevador de alto voltaje y, el sistema de descarga y aislamiento respectivo.

SUPRESORES DE ELECTRICIDAD ESTATICA

Utilizada en particular en máquinas selladoras de fundas plásticas, compuesta por una fuente principal de generación de alto voltaje más un número determinado de barras ubicadas antes del sellado y a la salida del producto, con propósitos de neutralizar la carga electrostática acumulada en el material plástico por efecto del rozamiento a lo largo del proceso; y cuyos propósitos son de hacer que el material sea manejable.

Con la entrada de 120 y hasta 220 Vac. Este sistema maneja en las barras hasta 7.000 V; es importante cuidar el aislamiento adecuado de las barras descargadoras así como de los cables de alta tensión que los interconectan los cuales deben estar bien fijos para evitar que se suelten y hagan contacto a la estructura del equipo.

EQUIPOS ESPECIALES PARA CONTROL DE TEMPERATURA

En las máquinas de impresión es importante mantener el tambor central de casi dos metros de diámetro y una longitud algo menos de tres metros, a una temperatura constante de 30 grados centígrados mediante el circuito cerrado de agua que circula por su interior; de esta manera se evita dilataciones en el tambor que causarían defectos de impresión. Las características importantes de éste equipo, se halla en sus componentes constituidos por: una bomba a base de un motor eléctrico que proporciona el caudal necesario; resistencias de calentamiento conectado en grupos y en estrella o triángulo según el voltaje de alimentación; circuito de control de temperatura; diferentes elementos de seguridad como válvulas de seguridad detectores de nivel, presostatos, etc.

Ciertas máquinas como las extrusoras horizontales utilizan sistemas especiales para el rodillo de enfriamiento, para ello se utilizan los "chiller", cuyas características particulares mayormente mecánicas como válvulas de control de flujo de agua, y el sistema mismo de refrigeración requieren las respectivas seguridades de operación de compresores, ventiladores, válvulas de seguridad, condiciones del líquido refrigerante, aceite etc.

2.2.4 OTRAS MÁQUINAS COMPLEMENTARIAS

A las que se ha llamado líneas de producción en el presente trabajo, se complementan con maquinas individuales e independientes para el proceso de ciertos productos finales; así tenemos:

TORCEDORAS DE CABOS

Varios hilos de material plástico de dureza específica y aún colores determinados, pasan a un proceso de trenzado en máquinas que incluyen motores a cuyos ejes se hacen aditamentos mecánicos especiales para que al girar se produzca dicho proceso a una tensión determinada, para obtener los cabos correspondientes en los diferentes diámetros y en bobinas de tamaños programados. Utilizan motores de varias decenas de hp y para su arranque muchas veces utilizan sistemas electrónicos.

Son máquinas que mayormente presentan peligros mecánicos para el personal por los movimientos bruscos que involucra el proceso, de allí que usan cobertores herméticos, y pequeños visores de material plástico permiten observar el proceso en el interior adecuadamente iluminado.

TEJEDORAS

Para la producción de sacos de polipropileno, el hilo producido en las extrusoras pasa a un proceso de tejido a través de máquinas circulares cuya producción se controla por sistemas electrónicos y utilizan motores de corriente alterna o corriente continua cuya velocidad se determina mediante variadores de velocidad igualmente electrónicos.

REBOBINADORAS

Son máquinas complementarias en la producción de láminas de plástico y dan el acabado final a las formas perfectas de las bobinas luego de realizar cortes para el arreglo de los fillos (refilado) o separar varias impresiones. Estas máquinas que incluyen control electrónico para la variación de velocidad de motores de corriente continua o corriente alterna, también incluyen entradas y salidas neumáticas para controles de tensión de bobinado. Poseen un sistema de desbobinado y rebobinado que opera sincronizadamente.

RECICLADORAS

Basadas en el sistema de extrusión, y aunque en cada fabrica de plásticos existen pequeñas recicladoras; sin embargo se están desarrollando fábricas incipientes dedicadas exclusivamente al reciclaje de todo tipo de material plástico, utilizan el mismo proceso pero en mayor escala, con extrusoras manejadas por motores de cientos de hp, y ayudados por otras maquinas para desmenuzar "la materia prima"; y otras para granular el producto final.

2.3 CONSIDERACIONES TÉCNICAS GENERALES.

El propósito de mantenimiento muchas veces puede verse obstaculizado por la confusión al encontrar gran cantidad de máquinas y sus componentes en la

industria que consideramos; de allí que son de gran ayuda las agrupaciones generales de máquinas componentes y equipos eléctricos.

2.3.1 LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Definidas como las que son capaces de producir, transformar o aprovechar la energía eléctrica, como las siguientes:

- Generadores.- Importante como fuente de respaldo al faltar el suministro público.
- Máquinas rotativas y equipos de control.- Importante considerar el conjunto pues en caso de averías, el daño puede ser transferido y es importante revisar el conjunto. Aquí se pueden considerar independientemente los motores de corriente continua y los motores de corriente alterna y su respectivo control; que pueden ser electromecánicos o electrónicos.
- Transformadores.- de diferentes voltajes y potencias involucrados para la alimentación de la planta, maquinaria, equipos y/o partes del conjunto industrial.

2.3.2 EQUIPOS ELÉCTRICOS

Considerados aquellos equipos utilizados para la distribución manejo y protección en el uso de la energía eléctrica, así tenemos:

- Equipos en Alta tensión. - Todos los equipos utilizados en la distribución, protección y mediciones
- Equipos en baja tensión.- Todos los equipos utilizados en la distribución y sus respectivas protecciones
- Equipos de accionamiento.- Todos los equipos relacionados con el accionamiento y control electromecánico tales como: pulsadores, señalización, finales de carrera, contactores, arrancadores estrella triángulo, frenos y embragues, y otros.
- Equipos de mediciones eléctricas y control.- Tales como: voltímetros, amperímetros, cosfímetros,
- Edificio.- Sistemas de puesta a tierra
- Alumbrado

- Equipos electrónicos industriales Como: Tarjetas electrónicas, sistemas automáticos de control (PLC) con sus respectivos elementos de entrada y salida, sistemas computarizados de visualización y control de calidad
- Equipos electrónicos especiales de protección como: reguladores de voltaje, UPS.

2.3.3 SISTEMAS DE OPERACIÓN EN LAS MÁQUINAS

Será de particular ayuda para el mantenimiento, la sectorización funcional de las máquinas de producción en sí mismas, al considerar partes o sistemas propios de las máquinas sean éstas individuales o "líneas" de producción, tales sistemas pueden ser:

- Sistema neumático con valores de presión determinados, equipos de regulación y operación de partes mecánicas y aún para fines de enfriamiento.
- Sistemas hidráulicos de aceite integrados por las respectivas bombas para levantar la presión, medidores, conductos, válvulas mecánicas y electroválvulas para control de flujo con fines de movimiento de partes mecánicas grandes y aún en sistemas de calentamiento.
- Sistemas hidráulicos de entrada y salida de agua o con sistemas de recirculación, utilizados para calentamiento de partes mecánicas y/o enfriamiento a veces complementados con equipos especiales de refrigeración.

Sistemas eléctricos para la operación de la máquina con sus respectivos tableros de alimentación y protecciones de motores y equipos; muchas veces incluyendo transformadores dedicados debido a los requerimientos de voltaje diferentes al sistema general de alimentación.

Es de considerar un ítem particular el sistema electrónico, especialmente en las llamadas líneas de producción, que incluyen diferentes equipos electrónicos como variadores de velocidad, controles integrales o parciales mediante PLC's o tarjetas electrónicas para amplificación de señales de control y otros equipos íntegramente electrónicos para control de calidad y tratamientos especiales.

CAPÍTULO III

LA CALIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO Y LA SEGURIDAD INDUSTRIAL

3.1 GENERALIDADES

3.1.1 PERTINENCIA DEL CAPÍTULO

Siendo la energía eléctrica un insumo principal para la operación de la industria de plásticos así como para muchas otras; la pertinencia del presente capítulo dentro del marco de mantenimiento y seguridad, se debe en primer lugar al desarrollo tecnológico de los últimos tiempos que ha permitido el involucramiento en la industria, de equipos electrónicos sensibles a las variaciones y pérdidas de voltaje así como a otras distorsiones en el suministro de la energía eléctrica, lo cual puede ser causa de alteración de sus funciones y aún daños de equipos. Por otro lado ciertos parámetros relacionados con la calidad de dicha energía, afectan la operación normal de las plantas industriales, que a su vez involucran riesgos para la producción; y otros riesgos tanto para la maquinaria como para el personal.

Hasta aquí parecería que el usuario industrial es un ente pasivo en cuanto a la generación de distorsiones a la calidad de suministro eléctrico y a las medidas de protección que se debe adoptar en esta materia; sin embargo es importante anotar la existencia de factores internos a las plantas industriales que hacen notar la corresponsabilidad que existe entre la empresa suministradora de energía y el usuario industrial cuando se habla detalladamente de la calidad de suministro eléctrico.

3.1.2 ALGUNAS DEFINICIONES RELACIONADAS. (ref. 3, 4, 6)

Al considerar que la calidad del suministro eléctrico se halla relacionada con: la continuidad de servicio, el valor de voltaje eficaz (V_{rms}), y la distorsión de la onda

sinusoidal; debemos tomar en cuenta algunas definiciones y parámetros importantes como:

- Armónicas: Son ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60Hz.
- Fluctuaciones del voltaje (o variaciones): Son perturbaciones en las cuales el valor eficaz del voltaje de suministros cambia con respecto al valor nominal.
- Frecuencia de las interrupciones: Es el número de veces, en un período determinado, que se interrumpe el suministro a un consumidor.
- Interrupción: Es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los consumidores del área de concesión del distribuidor.
- Perturbación rápida de voltaje (flicker): Es aquel fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, generalmente menos del 10% del voltaje nominal, pero que pueden repetirse varias veces por segundo. Este fenómeno conocido como efecto "Flicker" (parpadeo) causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano.
- Voltaje nominal (V_n): Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica a la cual se va a conectar un equipo.
- Voltaje de suministro (V_s): Es el valor del voltaje de servicio que el Distribuidor suministra en el punto de entrega al Consumidor en un instante dado.

3.2 SOBRE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD

En cuanto a los parámetros para medir la calidad de suministro eléctrico, en nuestro país el Consejo nacional de electricidad (CONELEC) como ente regulador, y basado en normas internacionales, consideran los aspectos siguientes a ser controlados en los próximos años (ref. 3):

"1. - Calidad del producto:

- a) Nivel de voltaje
- b) Perturbaciones de voltaje
- c) Factor de potencia

2. - Calidad de servicio técnico:

- a) Frecuencia de interrupciones
- b) Duración de interrupciones

3. - Calidad de servicio comercial

- a) Atención de solicitudes
- b) Atención de reclamos
- c) Errores en medición y facturación" (ref. 3)

Puesto que un estudio completo sobre la calidad del suministro eléctrico en nuestro país, es el que debería analizar todos estos aspectos; a efecto del presente trabajo sobre mantenimiento y seguridad industrial, únicamente nos interesa considerar los índices relacionados a los numerales 1 y 2.

3.2.1 LA CALIDAD DEL PRODUCTO (ref. 3)

Según el CONELEC los aspectos de calidad del producto que se controlarán son el nivel de voltaje, las perturbaciones y el factor de potencia; siendo el distribuidor responsable de efectuar las mediciones correspondientes, el procesamiento de los datos levantados, la determinación de las compensaciones que pudieran corresponder a los consumidores afectados y su pago a los mismos.

Lo que sigue a continuación sobre calidad de producto y calidad de servicio, se toma de la regulación CONELEC 004-01 considerando que será de interés para los consumidores particularmente industriales en los próximos años.

a) El nivel de voltaje

Cuyo índice de calidad se mide de la siguiente manera

$$\Delta V_k (\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100$$

Donde:

ΔV_k : variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

V_k : voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.

V_n : voltaje nominal en el punto de medición.

b) Perturbaciones de voltaje

Considerados particularmente el Parpadeo o flicker y los Armónicos.

b.1) Parpadeo o flicker

Para efectos de la evaluación de la calidad se considera el índice de severidad por Flicker de corta duración (P_{st}), en intervalos de medición de 10 minutos, definido de acuerdo a las normas IEC; mismo que es determinado mediante la siguiente expresión:

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}}$$

Donde:

P_{st} : Índice de severidad de flicker de corta duración.

$P_{0.1}, P_1, P_3, P_{10}, P_{50}$: Niveles de efecto "flicker" que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del período de observación.

b.2) Armónicos

Cuyo índice de calidad se obtiene de las expresiones:

$$V_i' = \left(\frac{V_i}{V_n} \right) * 100$$

$$THD = \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right) * 100$$

Donde:

V_i' : factor de distorsión armónica individual de voltaje.

THD: factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje

V_i : valor eficaz (rms) del voltaje armónico "i" (para $i = 2 \dots 40$) expresado en voltios.

V_n : voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

c) Factor de potencia

Cuyo índice de calidad se manifiesta bajo los siguientes términos, si en el 5% o más del período evaluado (conforme lo establezca el organismo regulador) el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el consumidor esta incumpliendo con el índice de calidad.

El valor mínimo es de 0,92

3.2.2 LA CALIDAD DEL SERVICIO (ref. 3)

Considerando que nuestro país se halla en proceso de regulaciones, para el presente trabajo considero importante anotar algunas características relacionadas a este aspecto de calidad.

Conforme disposición del CONELEC la evaluación de la calidad de servicio se realiza sobre la base de la frecuencia y la duración total de interrupción de servicio eléctrico. Como uno de los parámetros de calidad, y considerando la seguridad industrial; su efecto se halla relacionado específicamente con los procesos de producción.

Identificación de las Interrupciones

La información relacionada con cada una de las interrupciones que ocurran en la red eléctrica se identificará de la siguiente manera:

- Fecha y hora de inicio de cada interrupción.
- Identificación del origen de las interrupciones: internas o externas
- Ubicación e identificación de la parte del sistema eléctrico afectado por cada interrupción: circuito de bajo voltaje (BV), centro de transformación de medio voltaje a bajo voltaje (MV/BV), circuito de medio voltaje (MV), subestación de distribución (AV/MV), red de alto voltaje (AV).
- Identificación de la causa de cada interrupción.
- Relación de equipos que han quedado fuera de servicio por cada interrupción, señalando su respectiva potencia nominal.
- Número de Consumidores afectados por cada interrupción.
- Número total de Consumidores de la parte del sistema en análisis.

- Energía no suministrada.
- Fecha y hora de finalización de cada interrupción.

Clasificación de las Interrupciones

Las interrupciones se pueden clasificar de acuerdo a los parámetros que se indican a continuación, los que deberán tener un código para efectos de agrupamiento y de cálculos:

a) Por su duración

- Breves, las de duración igual o menor a tres minutos.
- Largas, las de duración mayor a tres minutos.

b) Por su origen

- Externas al sistema de distribución.
 - Otro Distribuidor
 - Transmisor
 - Generador
 - Restricción de carga
 - Baja frecuencia
 - Otras
- Internas al sistema de distribución.
 - Programadas
 - No Programadas

c) Por su causa

- Programadas.
 - Mantenimiento
 - Ampliaciones
 - Maniobras
 - Otras
- No programadas (intempestivas, aleatorias o forzadas).
 - Climáticas
 - Ambientales

- Terceros
- Red de alto voltaje (AV)
- Red de medio voltaje (MV)
- Red de bajo voltaje (BV)
- Otras

d) Por el voltaje nominal

- Bajo voltaje
- Medio voltaje
- Alto voltaje

Interrupciones a ser Consideradas

Para el cálculo de los índices de calidad, se considerarán todas las interrupciones del sistema con duración mayor a tres (3) minutos, incluyendo las de origen externo, debidas a fallas en transmisión. No serán consideradas las interrupciones con duración igual o menor a tres (3) minutos.

No se considerarán las interrupciones de un Consumidor en particular, causadas por falla de sus instalaciones, siempre que ellas no afecten a otros Consumidores.

Indices a nivel global (en la primera fase de control de las regulaciones)

Los índices de calidad se calcularán para toda la red de distribución (R_d) y para cada alimentador primario de medio voltaje (A_j), de acuerdo a las siguientes expresiones:

a) Frecuencia Media de Interrupción por kVA nominal Instalado (FMIK)

En un período determinado, representa la cantidad de veces que el kVA promedio sufrió una interrupción de servicio.

$$FMIK_{R_d} = \frac{\sum_i kVA_i f_i}{kVA_{inst}}$$

$$FMIK_{A_j} = \frac{\sum_i kVAfs_{iA_j}}{kVA_{instA_j}}$$

b) Tiempo Total de interrupción por kVA nominal Instalado (TTIK)

En un período determinado, representa el tiempo medio en que el kVA promedio no tuvo servicio.

$$TTIK_{Rd} = \frac{\sum_i kVAfs_i * Tfs_i}{kVA_{inst}}$$

$$TTIK_{A_j} = \frac{\sum_i^{A_j} kVAfs_{iA_j} * Tfs_{iA_j}}{kVA_{instA_j}}$$

Donde:

FMIK: Frecuencia Media de Interrupción por kVA nominal instalado, expresada en fallas por kVA.

TTIK: Tiempo Total de Interrupción por kVA nominal instalado, expresado en horas por kVA.

\sum_i : Sumatoria de todas las interrupciones del servicio "i" con duración mayor a tres minutos, para el tipo de causa considerada en el período en análisis.

$\sum_i^{A_j}$: Sumatoria de todas las interrupciones de servicio en el alimentador "A_j" en el período en análisis.

kVAfs_i: Cantidad de kVA nominales fuera de servicio en cada una de las interrupciones "i".

kVAinst: Cantidad de kVA nominales instalados.

Tfs_i : Tiempo de fuera de servicio, para la interrupción "i"

- R_d : Red de distribución global
 A_j : Alimentador primario de medio voltaje "j"

Para estos y otros cálculos, el CONELEC a incluido valores a alcanzar como metas en los próximos años a fin de que las empresas comercializadoras sirvan con calidad al consumidor en general. A nivel industrial es importante recalcar la disposición siguiente.

c) Índices para consumidores en AV y MV

Para el caso de consumidores en áreas urbanas cuyo suministro sea realizado en el nivel de Alto y Medio Voltaje (donde están las industrias) no se aplicarán los índices descritos anteriormente, sino que se controlará la calidad de servicio en función de índices individuales.

Índices a nivel de consumidor

Los índices de calidad antes indicados, serán calculados mediante las siguientes fórmulas:

a) Frecuencia de Interrupciones por número de Consumidores (FAIc)

Representa el número de interrupciones, con duración mayor a tres (3) minutos, que han afectado al Consumidor "c", durante el período de análisis (un año).

$$FAIc = Nc$$

Donde:

FAIc: Frecuencia de las interrupciones que afectaron a cada Consumidor "c", durante el período considerado.

Nc: Número de interrupciones, con duración mayor a tres minutos, que afectaron al Consumidor "c", durante el período de análisis.

b) Duración de las Interrupciones por Consumidor (DAIc)

Es la sumatoria de las duraciones individuales ponderadas de todas las interrupciones en el suministro de electricidad al Consumidor "c", durante el período de control.

$$DAIc = \sum_i (K_i * dic)$$

Donde:

dic : Duración individual de la interrupción "i" al Consumidor "c" en horas

K_i : Factor de ponderación de las interrupciones

K_i = 1.0 para interrupciones no programadas

K_i = 0.5 para interrupciones programadas por el Distribuidor, para el mantenimiento o ampliación de las redes; siempre que hayan sido notificadas a los Consumidores con una anticipación mínima de 48 horas, con horas precisas de inicio y culminación de trabajos.

Límites

Los valores límites admisibles, para los índices de calidad del servicio técnico, aplicables durante la Subetapa 2 (año 2004) son los siguientes:

Indice	Lim FAIc	Lim DAIc
Consumidores en AV	6.0	4.0
Consumidores en MV Urbano	8.0	12.0
Consumidores en MV Rural	10.0	24.0
Consumidores en BV Urbano	10.0	16.0
Consumidores en BV Rural	12.0	36.0

3.3 CAUSAS Y EFECTOS DE LA MALA CALIDAD DEL PRODUCTO

Aunque podrían ser muchos los factores externos que afectan a una planta industrial determinada, sin embargo el único ente que asumiría la responsabilidad será la empresa suministradora de energía eléctrica ante quien se hace los reclamos correspondientes; estas por su parte exigirán del usuario se cumplan requerimientos técnicos para garantizar la calidad de servicio; tal es el caso del control y penalización del factor de potencia.

3.3.1 ALGUNOS EFECTOS NEGATIVOS OBSERVADOS

Teniendo en mente que la seguridad industrial en términos más amplios no solo considera los riesgos para personas; en materia de suministro eléctrico no adecuado, se ha tenido que lamentar la pérdida de programas grabados en memorias en particular de los programadores lógicos (PLC's); también se han visto afectados equipos como variadores de velocidad cuyas protecciones de entrada (varistores) y aún los elementos de entrada (módulos y puentes rectificadores) han sido afectados por sobre voltajes llegando hasta a explotar; otras veces a sucedido que algún sobre pico de alta frecuencia sin afectar a las protecciones, han afectado a elementos electrónicos internos (aunque esta posibilidad todavía se discute a nivel de fabricantes y suministradores de energía eléctrica).

3.3.2 DISTURBIOS ELÉCTRICOS, CAUSAS Y EFECTOS. (ref. 1, 2, 5, 6)

Manifestados algunos de los efectos negativos, y los parámetros relacionados con la calidad de energía eléctrica, es importante identificar las fuentes de los disturbios que pueden afectar a un equipo, a fin de considerar su posible eliminación o atenuación.

FLUCTUACIONES DE VOLTAJE (VARIACIONES)

Cualquier cambio en el valor nominal del voltaje de suministro, sea positivo o negativo; incluye las reducciones intencionales de voltaje mediante lo cual la

empresa eléctrica pretende conservar la energía; son causadas además en líneas de alimentación no reguladas y que se experimentan por los cambios de carga en un período de tiempo. A veces también se experimenta éstas variaciones de voltaje por cambios intencionales en el sistema y que realiza la empresa eléctrica a fin de servir a ciertos consumidores.

Dentro de las plantas industriales, se experimentan estas variaciones al realizar cambios de cargas fuertes aún cuando el voltaje de suministro permanece constante.

Las variaciones de voltaje afectan la operación apropiada de la memoria y los circuitos lógicos; y producen sobre calentamiento cuando se incrementa el voltaje. Depresiones de voltaje de duración menor a medio ciclo, son causadas por inapropiados sistemas de aterramiento, taladros eléctricos, y motores tipo escobillas. Otras, depresiones de duración mayores a medio ciclo hasta dos ciclos provienen de fallas en los sistemas de distribución o del arranque de motores; otros bajones de duración mayor a dos ciclos proceden del incremento de carga en el estado estable de circuitos no regulados.

Aunque las depresiones de voltaje pueden no ser dañinos para los equipos, sin embargo pueden afectar su buen funcionamiento; todo dependerá de la capacidad de regulación de la fuente de potencia del equipo (la ventana del regulador, es decir el voltaje mínimo y máximo que soporta). Pueden existir equipos especiales que incluyen relés de bajo voltaje con propósitos de proteger de un rendimiento no adecuado, que puede afectar procesos de análisis (ej. Equipos de rayos X).

FUENTES DE ARMÓNICOS

Producto de la interacción entre el suministro de energía y la carga existente.

Probablemente la mayor causa de distorsión por armónicos, son los sistemas de control de potencia que utilizan el switcheo de SCR's, tecnología que utilizan los variadores de velocidad de motores de corriente continua y otros controladores. A menudo las fuentes de potencia de los computadores son los más afectados. En general, los armónicos de baja frecuencia (ondas cuadradas) pueden afectar el funcionamiento de las fuentes switching. Los armónicos de alta frecuencia (ruidos) pueden causar errores en los computadores.

Un nuevo concepto relacionado con la aplicación de variadores de velocidad y que afecta al suministro eléctrico es la llamada: Compatibilidad electromagnética (EMC): Es un concepto asociado con cualquier aparato electrónico que mide la "habilidad", del equipo para no generar interferencias de radio frecuencia (RFI), y también el grado de inmunidad frente a las emisiones RFI producidas por otros equipos. Los variadores poseen interruptores (IGBT) que generan ruidos eléctricos de alta frecuencia que pueden interferir en el funcionamiento del resto de los equipos electrónicos a su alrededor, conducidas a través del cableado, o radiadas en el aire (ref. 2)

Al respecto existen normas a fin de que los fabricantes incluyan filtro a la entrada de los equipos, sin embargo muchos disponen los filtros como opcionales lo cual encârece más el equipo.

Volviendo a la problemática de los armónicos, los variadores de velocidad al igual que todo equipo que convierte la CA en C.C. mediante rectificadores, generan armónicos. Algunos de estos armónicos pueden distorsionar la alimentación monofásica de ordenadores y otros dispositivos de bajo consumo, incrementar pérdidas en motores y otros dispositivos magnéticos y, a medida que aumenta la frecuencia, disminuir la impedancia de los condensadores para corrección de factor de potencia, produciendo sobre calentamiento en los mismos pudiendo llegar a destruirlos.

PERTURBACIONES DE CORTA DURACIÓN (FLIKERS)

Siendo perturbaciones rápidas de voltaje que se repiten varias veces por segundo y que son perceptibles al ojo humano en las lamparas de iluminación incandescentes; esta consideración ayuda a enmarcar varios términos utilizados para reconocer ciertos disturbios en las líneas de alimentación eléctrica.

El término "transiente" usado para describir cualquier disturbio transitorio, generalmente se refiere a un incremento de voltaje de duración de al menos medio ciclo; más específicamente es una perturbación de 1 microsegundo a varios milí segundos sobrepuesto a la onda de voltaje normal.

Los transitorios a ser considerados en el sistema de distribución tienen origen en tormentas eléctricas naturales, entrada y salida de condensadores para compensación de caídas de voltaje, despeje de fallas, arcos a tierra y otros; en el

área del usuario su origen se manifiesta en el uso de motores con colectores de conmutación y carbones (taladros y otras máquinas de limpieza y oficina), la entrada y salida de cargas inductivas como: motores, transformadores, arrancadores de luz, equipos de rayos X, operación de solenoides, etc.

Con excepción de las descargas atmosféricas, la mayoría de transitorios se generan como resultado de la interacción entre la energía almacenada en los circuitos, las inductancias y las capacitancias.

El efecto de los transitorios en los computadores puede ser errores causados por la variación dv/dt que afectan a las fuentes de poder y si el voltaje es tan alto puede dañar al equipo.

Al hablar de la seguridad para los equipos en la industria, en particular para los equipos computarizados, debemos tomar en cuenta que los transitorios más comunes causados por el switcheo de cargas inductivas, son de simple recuperación, resultado de la interrupción (apertura de un breaker de protección) en el cruce por cero de la corriente de carga. Teóricamente, estos transitorios pueden alcanzar hasta dos veces el valor pico normal del voltaje para cargas puramente inductivas. Los transitorios son más severos cuando se interrumpe en otro punto en que la corriente no es cero, lo cual es una operación anormal de la protección. La energía almacenada en la carga inductiva inter-actúa con la capacitancia del circuito causando un circuito oscilador LC que puede teóricamente alcanzar picos de voltaje de hasta 10 veces el pico normal. Una posibilidad de este efecto se presenta al desconectar la corriente de excitación de un transformador descargado.

El switcheo de condensadores causa también sobre voltajes transitorios; en sistemas no aterrados las fallas de arco pueden causar también transitorios.

OTROS

Se manifiestan también como perturbaciones de corta duración, la pérdida total de voltaje con un tiempo de duración de menos de 5ms; y pueden resultar de las operaciones de los equipos de protección de fallas de la empresa eléctrica. La mayoría de breaker toman un mínimo de 30 a 45 ciclos para abrir y volver a cerrar. La operación de los variadores de velocidad de motores de corriente continúa también pueden causar estos problemas.

Estos disturbios pueden causar la flotación de las cabezas de los diskdrives, afectando pérdida de memoria y daños en los equipos de computación.

3.3.3 RESPONSABILIDADES

De antemano se debe reconocer la responsabilidad compartida que existe entre la empresa eléctrica y el usuario, de allí que al considerar regulaciones sobre calidad y medidas de control, será importante la participación del ingeniero eléctrico en procura del adecuado asesoramiento particular al usuario industrial; trabajando coordinadamente con los responsables del suministro.

Los cuadros que siguen a continuación, pretenden resumir los parámetros de calidad afectados y, las responsabilidades de control. (ref. 1)

En cuanto a la responsabilidad de la empresa suministradora de energía:

PARAMETROS	RANGO O MAXIMO
Regulación de voltaje, estado estable	+5, - 10 a +10 % (ANSI C84.1, 1970 es +6, -13%)
Disturbios de voltaje, Bajones de voltaje momentáneos	-25 a -30% por menos de 0,5 s con -100% aceptable para 4 – 20 ms
Variaciones de frecuencia	60Hz \pm 0,5 Hz a \pm 1Hz
Relación de cambio de frecuencia	1Hz

Se incluyen las variaciones de frecuencia aunque hoy en día son raras debido a las precauciones que las empresas eléctricas toman al preveer las capacidades de generación mayores a las fluctuaciones grandes de carga anticipadas. Por otro lado los sistemas de generación de emergencia utilizados en las industrias, a menudo si experimentan variación de frecuencia por la respuesta lenta del "governor" de combustible a las variaciones de carga; así mismo afecta la frecuencia la sobrecarga momentánea al generador. Solamente un sobre dimensionamiento puede prevenir este suceso.

Los efectos de la carga sobre las redes de suministro eléctrico contribuyen al deterioro de la calidad de servicio, y en consecuencia afectan a terceros.

PARAMETROS	RANGO O MÁXIMO
Distorsión de voltaje por armónicos°	3 – 5 % con cargas lineales
Ruido	No normalizado
Voltaje Trifásico desbalanceado*	2,5 – 5%

° Calculado como la suma de todos los armónicos de voltaje, sumados vectorialmente.

$$3(V_{\text{máx}} - V_{\text{mín}})$$

$$*\text{Voltaje desbalanceado \%} = \frac{\quad}{V_a + V_b + V_c} \times 100$$

Responsabilidades en cuanto a los correctivos propios que debe considerar la planta en particular.

PARAMETROS	RANGO O MAXIMO
Carga desbalanceada trifásica°	5 – 20% máximo de cualquier fase
Factor de potencia	0,8 – 0,9
Demanda de carga	0,75 – 0,85 (de carga conectada)

° Calculado como la diferencia del promedio de carga monofásica

Los rangos anotados se refieren a propuestas de fabricantes de equipos de computación, pero pueden ser diferentes según las consideraciones de fabricantes de otros equipos electrónicos utilizados en las industrias y aún de las empresas suministradoras de energía.

UTILIZACIÓN DE ACONDICIONADORES

La seguridad de equipos sensibles a disturbios en la energía eléctrica, ha llevado a la proliferación de "equipos acondicionadores", en especial para uso con computadores o microprocesadores, tecnología que se halla ampliamente aplicada en los procesos industriales automatizados.

Para la selección adecuada de un equipo acondicionador, será importante para el ingeniero electricista, entender los disturbios del sistema de alimentación y

entender la tecnología disponible para eliminarlos o disminuirlos; sin embargo no se podrá decidir aún, sin conocer las necesidades del usuario y los requerimientos del equipo que se desea proteger, así como los costos comparados con la posibilidad de daño del equipo.

Adicional al conocimiento del problema, las necesidades del usuario así como las características de fabricantes; otros aspectos deben ser cuidadosamente consideradas para no desvirtuar la medida de protección:

- Conocer las características de la fuente del equipo que se desea proteger. Si es una fuente regulada, ¿cual es la tolerancia (ventana) de voltaje de entrada?; puede ser que no necesita acondicionador de voltaje. También es importante conocer cuan efectiva es la fuente de voltaje para filtrar los transitorios de la línea de alimentación.
- Puesto que la mayoría de transitorios no deben pasar a la memoria ni a los circuitos lógicos de computadores, un apropiado aterramiento es importante.
- Muchas veces se deben suprimir o atenuar los sobre voltajes. El nivel más bajo o grado de atenuación posible, debe evaluarse con el costo. Los circuitos de supresión que incluye el equipo aumentan considerablemente su valor.
- Los modos comunes de ruido deben ser atenuados ya que las fuentes de los computadores no son capaces de filtrar.
- No aplicar inadecuados acondicionadores que podrían introducir ruidos al equipo protegido. Esto puede evitarse reconociendo las características del equipo protegido. Además debe entenderse la tecnología que incluye la fuente del acondicionador para evitar desagradables sorpresas.
- En el caso de un sistema de procesamiento de datos, debe asegurarse que todos los componentes se hallen conectados a un mismo acondicionador y aun mismo sistema de aterramiento.

3.4 CAUSAS Y EFECTOS DE LA MALA CALIDAD DE SERVICIO

Conforme disposición del CONELEC la evaluación de la calidad de servicio se realiza sobre la base de la frecuencia y la duración total de interrupción de servicio eléctrico. Como uno de los parámetros de calidad, y considerando la seguridad industrial; su efecto se halla relacionado específicamente con los procesos de producción.

3.4.1 ALGUNOS EFECTOS NEGATIVOS OBSERVADOS

Muchas veces se ha visto el efecto de la pérdida de una o dos fases en la alimentación de motores trifásicos, lo cual ha ocasionado daño en los devanados de los motores, sobrepasando las protecciones térmicas.

Otro aspecto de riesgo es la pérdida de producción y el aumento de desperdicios, cuando máquinas que requieren un largo proceso de inicialización repentinamente se ven suspendidas de energía eléctrica.

En cuanto al riesgo para personas la suspensión de procesos de arrastre por medio de rodillos, o procesos de corte, cierre y apertura de moldes, y otros en que los operarios requieren su mayor atención, la suspensión repentina de procesos afecta de alguna manera su salud mental y predisposición, más cuando tales suspensiones son repetitivas y la reinicialización requiere mucho cuidado.

3.4.2 SUSPENSIONES DE SERVICIO Y RESPONSABILIDADES

A este respecto baste considerar lo anotado en el numeral 3.2.2, en relación a lo cual no está sujeto el servicio actual y es responsabilidad principalmente de la empresa suministradora mejorar este aspecto de calidad.

Como podemos ver de las disposiciones del CONELEC, casi toda la responsabilidad de interrupciones de servicio en la industria, recae sobre la empresa suministradora; aunque no se descarta la posibilidad de daños interiores en una planta industrial que afecten con la interrupción de servicio propio y aún a terceros, allí la responsabilidad del profesional de mantenimiento eléctrico en la industria.

Finalmente considero importante anotar la falta de interés genuino en los programas de mantenimiento eléctrico, al considerar que son algo distinto a la maquinaria industrial, y que todos los equipos pueden funcionar

ininterrumpidamente dentro de cualquier condición de trabajo. La realidad demuestra lo contrario, pues el equipo eléctrico se daña con más facilidad frente a condiciones ambientales adversas: agua, calor, polvo, humedad, ambiente corrosivo, residuos de producto químico, vibraciones, etc. Consecuentemente se han producido suspensiones parciales o totales de servicio eléctrico al interior de la planta y aún se han presentado riesgos de incendios por terminales flojos recalentados o cables cuyo aislamiento ha sido deteriorado y presentan riesgos de cortocircuitos.

De hecho, la calidad de servicio al interior de una planta se ve amenazada muchas veces desde su inicio, al no considerar una adecuada y debida planificación profesional de las instalaciones, sujetándose únicamente a las improvisaciones y soluciones momentáneas.

CAPITULO IV

LA SEGURIDAD EN LA INDUSTRIA DE PLÁSTICOS

Hablar simultáneamente de seguridad y mantenimiento industrial puede parecer extraño, ya que son dos temas que demandan por si solos investigaciones exhaustivas, e involucran cada uno manuales voluminosos de consulta; sin embargo al considerar la eficiencia y la competitividad de una industria específica, es menester un cuidadoso manejo de desperdicio de tiempo de producción, como fruto de accidentes y acciones de mantenimiento.

Por un lado es importante considerar el mantenimiento de equipos a fin de evitar costos excesivos de reparación debido a malos manejos o falta de mantenimiento, por otro lado tal vez más importante es la aplicación de la seguridad industrial para evitar accidentes que afectando al empleado, afecte a la empresa con la pérdida de un trabajador de experiencia más pérdida de tiempo para el cumplimiento de pedidos.

4.1 CONCEPTOS Y PRINCIPIOS GENERALES

4.1.1 RIESGOS Y SEGURIDAD

Puesto que la seguridad no es susceptible de ser medida, lo que se mide son los riesgos, y solo cuando se sopesan los riesgos en la balanza de los valores sociales, cabe ponderar la seguridad: "decimos que algo es seguro si los riesgos que implica se consideran tolerables" (ref. 7)

Por otro lado, la determinación de la medida de aceptabilidad del riesgo, es una actividad política normativa.

Al utilizar el término aceptable, esto también posee un carácter relativo y depende del juicio personal. ¿Aceptable desde que punto de vista?, ¿Aceptable en que sentido?, ¿Aceptable para quien?; de tal manera pues, se elude la suposición de que la seguridad sea una propiedad intrínseca, absoluta y mensurable de las cosas. (ref)

Sin embargo, en una industria específica cabe al área de mantenimiento asumir su rol de influencia en las políticas gerenciales, pues al responsabilizarse de

minimizar los riesgos de fallas de producción en términos de fallas de maquinaria y equipos, puede de alguna manera conjugar este interés empresarial con el interés del personal implicado como fuerza laboral de la industria e influir en las políticas de decisión gerencial para los fines de seguridad en términos más amplios; de allí que el análisis de riesgos debe ser un paso previo en la elaboración de planes de mantenimiento (se realizará una exposición más detenida al final del capítulo).

Considerada la seguridad industrial como: la encargada del estudio de normas y métodos tendientes a garantizar una producción que contemple el mínimo de riesgos para personas y/o elementos (equipos, herramientas, edificaciones etc.); para ello es importante antes, realizar un reconocimiento y evaluación de dichas condiciones de riesgo al menos en los siguientes términos:

Reconocer.- Los riesgos vinculados con el trabajo y el desarrollo del mismo así como comprender los efectos en el trabajador y en los equipos e instalaciones.

Evaluar.- La magnitud de riesgo, basados en experiencias más la ayuda de técnicas de medida cuantitativa y cualitativa.

Controlar.- Es decir, establecer normas y métodos para eliminar o al menos reducir los riesgos.

La experiencia demuestra, que no existe riesgo que no pueda ser eliminado o reducido a través de la toma de medidas adecuadas de seguridad en el trabajo. En términos de mantenimiento las medidas adecuadas de seguridad para las intervenciones, redundará también en el cuidado y conservación de los elementos de seguridad para los operarios de las máquinas; un punto importante es que la actitud de la supervisión de mantenimiento este de acuerdo con el aumento de los peligros y que esta actitud se proyecta a sus trabajadores

4.1.2 RESPONSABILIDADES EN LA SEGURIDAD INDUSTRIAL

Al abordar el problema de la seguridad en la industria de plásticos y en toda industria en general, nos encontramos con que la seguridad en el departamento de mantenimiento es algo diferente de la seguridad del departamento de producción.

En un departamento de producción, donde se pueden determinar riesgos obvios que deben controlarse mediante la instrucción adecuada de personal para realizar operaciones de rutina; son más efectivas las instrucciones específicas de seguridad.

La seguridad en las actividades del departamento de mantenimiento no se desvincula de la seguridad personal de sus trabajadores; para ello los técnicos deben pensar en términos de seguridad y trasladar sus pensamientos a una multitud de situaciones en que no necesariamente existen reglas establecidas.

Aunque generalmente se reconozca que la posibilidad de imprevistos es mayor en el departamento de mantenimiento que en el de producción, y que la incidencia de accidentes normalmente es mayor, aún es posible que el trabajo de mantenimiento puede realizarse en forma tan segura como el de producción.

Es importante reconocer por otro lado, la amplia participación del departamento de mantenimiento en materia de seguridad para la planta, al responsabilizarse de mantener los equipos y servicios en condiciones seguras de operación, de lo contrario tampoco serían efectivas las normas de seguridad dictadas en el departamento de producción.

4.2 DESARROLLO DE LA SEGURIDAD EN LA INDUSTRIA DE PLÁSTICOS

4.2.1 PRIORIDADES INDUSTRIALES

La industria de plásticos siendo de desarrollo reciente ha pasado el proceso de no considerar una prioridad el aspecto de seguridad sino más bien motivar al operario a pensar que la prioridad es obtener una alta productividad, quedando la seguridad en un segundo plano.

Prueba de la actitud de desinterés en la seguridad, la oficina de estadísticas del trabajo de Estados Unidos (U.S. Bureau of Labor Statistics, BSL) muestra para el año 1997 que el número de accidentes en la industria de plásticos (SIC 3080) fue mucho más alto que en el promedio de la industria manufacturera. El número de días laborales perdidos en esta industria fue 21% mayor que en el promedio de la industria manufacturera en ese país. Muchos de los accidentes registrados se consideran como de menor seriedad; 38% están relacionados con estiramientos y

torceduras musculares, golpes y problemas de espalda. Sin embargo en los últimos años se han tomado las medidas correctivas al punto de disminuir rápidamente la tasa de accidentes en un porcentaje mayor a la de las industrias manufactureras (ref.29)

En nuestro país, a más de la falta de una "cultura de seguridad", la concepción *accidentes de menor seriedad* en la industria de plásticos afecta grandemente a otros aspectos, pues esta actitud de desinterés trasladada al personal de mantenimiento agrava más la situación para los obreros y la empresa misma, ya que ignorando las requisiciones de trabajar sobre una base de seguridad, no se prioriza los trabajos correspondientes y se procura por todos los medios la producción de las máquinas aún eliminando elementos de seguridad sin considerar el aumento de riesgos para todo el personal (producción y mantenimiento), así como para la maquinaria.

4.2.2 ERRORES DE MANTENIMIENTO

Aunque en materia de seguridad existen elementos propios que deben ser regulados y controlados por el departamento de producción; se manifiestan errores del departamento de mantenimiento que hacen que aumenten los riesgos para el personal, al contravenir normas de seguridad aceptadas; o simplemente al improvisar desafiando el buen criterio. De esta manera se han observado trabajos realizados por personal no calificado o que sin aplicar criterios profesionales incurren en errores como:

- Cables eléctricos descubiertos
- Mantenimiento con equipos energizados
- Uso de herramientas no adecuadas
- Uso de las manos en lugar de herramientas
- Uso de repuestos inadecuados y adaptaciones que quebrantan normas de seguridad
- Suspensión de elementos de emergencia y seguridad
- Limpieza, lubricación o ajustes de maquinaria en movimiento (causa de amputaciones en muchos casos)

- Falta de entrenamiento apropiado de los operarios y aún de técnicos de mantenimiento (cambios permanentes de personal).

Otro foco donde se generan los accidentes está definido por las condiciones de trabajo como: Iluminación deficiente, mala ventilación, falta de orden en los procedimientos y en el mismo lugar de trabajo.

Todo lo expuesto, afecta la seguridad y la salud ocupacional en la industria de los plásticos, de allí que sea necesario crear una "cultura de seguridad", con el compromiso de la dirección de las empresas y la participación de los colaboradores, como es el caso del departamento de mantenimiento.

4.3 RIESGOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA INDUSTRIA DE PLÁSTICOS

4.3.1 RIESGOS EN LAS ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN

Debe aceptarse de antemano que las plantas de procesamiento de plástico ofrecen algunos peligros inherentes a la actividad. Los trabajadores operan a veces entre una maraña de maquinaria con movimientos rápidos, moldes pesados o que se cierran con varias toneladas de fuerza, resinas en estado fundido, algunas veces en presencia de químicos muy reactivos y de elementos cortantes de alto estado filo. El peligro es mayor en las plantas que cuentan con equipos anticuados. Sin los suficientes mecanismos de protección.

Corren más peligro los operarios que no conocen estos riesgos, o que se han acostumbrado a ellos y se han vuelto descuidados.

De acuerdo con estudios realizados en Estados Unidos, los errores más peligrosos son aquellos que contravienen normas aceptadas de seguridad (como las de la OSHA, U.S. Occupational Safety and Health Administration) y otros que simplemente desafían la lógica, como los que se cita a continuación:

- Plantas desordenadas: que obligan a los operarios a realizar movimientos extremos en medio de obstáculos que no deberían estar presentes. Por otro lado, los pisos sucios o con elementos resbaladizos provocan caídas.
- Ropa inadecuada: la ropa muy holgada que puede ser agarrada por equipos en funcionamiento

- Limpieza o ajustes de máquinas en movimiento
- Obturadores de emergencia desconectados: operar sin estas medidas de seguridad, en algunos países es una violación a la ley; aceptar estas situaciones, es poner la productividad por encima de la seguridad.
- Falta de entrenamiento apropiado de los operarios
- Los operarios acostumbran subirse en las máquinas para atender tolvas, molinos o secadores. Esta práctica está prohibida por la ley de algunos países.

La seguridad es responsabilidad de todos, pero comienza en la línea gerencial. Algunas de las actividades que pueden encontrarse formando parte de las gestiones administrativas pueden ser:

- Formación de grupos de seguridad y reuniones frecuentes con los mismos para una retroalimentación entre directivos y colaboradores.
- Seguimiento consistente de las máquinas y de las actividades de los colaboradores
- Recordatorios de acciones de seguridad visibles en la planta.
- Reiteración continua de las metas a alcanzar en materia de seguridad.
- Inversiones de capital en equipos de seguridad y automatización para disminuir exposición de los operarios en máquinas que ofrecen mayor peligro.
- Programas de incentivación de la seguridad entre los colaboradores.

4.3.2 REGLAS DE SEGURIDAD PARA LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Son reglas importantes que deben ser observadas por todo el personal de mantenimiento al trabajar con equipos y máquinas eléctricas, bien para realizar pruebas e inspecciones o realizar trabajos de reparación.

- Se debe evitar en lo posible las pruebas con tensión de servicio. Solo si es absolutamente necesario realizar pruebas con tensión, limitando los circuitos y tomando todas las precauciones aconsejables para evitar accidentes.

- Nunca proceder a la ejecución de pruebas e inspecciones sin antes revisar los planos correspondientes de las instalaciones y equipos, incluidos circuitos de control y conexiones de alimentación de fuerza.
- Se debe revisar la documentación, comprobando que es la correspondiente y actualizada. Es posible que existan cambios o que el plano únicamente es referencial a un conjunto de instalaciones o equipos.
- No ignorar deliberadamente las recomendaciones de procedimientos y seguridades dados por los fabricantes de los equipos respectivos.
- Debe proveerse de los avisos correspondientes de "máquinas o equipos en reparación" y no permitir la presencia de personal no autorizado en las zonas afectadas y cuando se realicen pruebas de operación de maquinaria a distancia, cerciorarse que no haya personas que pueden ser afectadas.
- Nunca trabajar en forma individual aislada, trabajar por parejas o bajo la observación de otros.
- El personal de prueba y revisiones debe recibir entrenamiento en primeros auxilios, en previsión de un eventual accidente que puede sufrir algún operario.

4.3.3 RIESGOS ESPECÍFICOS

Luego de las consideraciones manifestadas, pasamos a reconocer y evaluar ciertos riesgos específicos que pueden afectar a personas y equipos en las actividades de la industria de plásticos.

4.3.3.1 Riesgos de contactos eléctricos.

Siendo la energía eléctrica el insumo primordial en la industria para la operación de todas las máquinas, a pesar del trabajo en bajo voltaje no es menos cierto que existen riesgos latentes que pueden ser causa de lesiones tanto para operarios como para personal de mantenimiento.

Se ha determinado que una intensidad de corriente de 20mA ya puede producir la muerte en el supuesto de que una parte de esta corriente pase por el corazón; tal

ocurre por ejemplo, cuando la corriente entra por una mano y sale por uno o por los dos pies. (ref. 17)

Por otro lado, la resistencia eléctrica de un individuo depende de los siguientes factores:

- Constitución física
- Naturaleza de los puntos de contacto, por ejemplo las manos, si están secas o sudorosa o si son ásperas, etc.
- La tensión de contacto, a mayor tensión mayor perforación eléctrica que sufre la piel que esta en contacto y por tanto disminuye la resistencia de paso a la corriente.
- En las mujeres es menor la resistencia que en los varones

El siguiente cuadro puede ayudar a entender mejor los riesgos de contactos eléctricos.

Efectos de la circulación de la corriente eléctrica de 60hz atravesando el cuerpo humano (ref. 8)

Intensidad de corriente durante 1 seg. de contacto	Efecto
1 Ma	Umbral de percepción
5 Ma	Aceptada como máxima intensidad de corriente inofensiva
10 – 20 Ma	Limite de corriente antes de una contracción muscular sostenida
50 Ma	Dolor, posible pérdida de conocimiento, incapacidad de reacción.
100 – 300 Ma	Indicios de fibrilación ventricular, falla de la respiración.
6 A	Contracción sostenida del miocardio. Parálisis temporal del sistema respiratorio. Quemaduras si la densidad de corriente es alta en el punto de contacto.

Los riesgos de contactos más notables en las máquinas de la industria de plásticos, se originan principalmente en los sistemas de calentamiento; la razón es que los diferentes tipos de resistencias de calentamiento a pesar de ser aisladas, no garantizan las pérdidas o deterioros de estos aislamientos y que por estar en contacto con la estructura de las máquinas permanece latente el riesgo de contacto para las personas (fig. 4.1)

Otra posibilidad de riesgo de contacto eléctrico se produce al manifestarse pérdidas de aislamiento de cables que conectados a partes mecánicas sujetas a movimientos constantes, sufren roces permanentes del aislante con su consecuente deterioro y riesgo para personas por el contacto de cables energizados a la estructura del equipo.

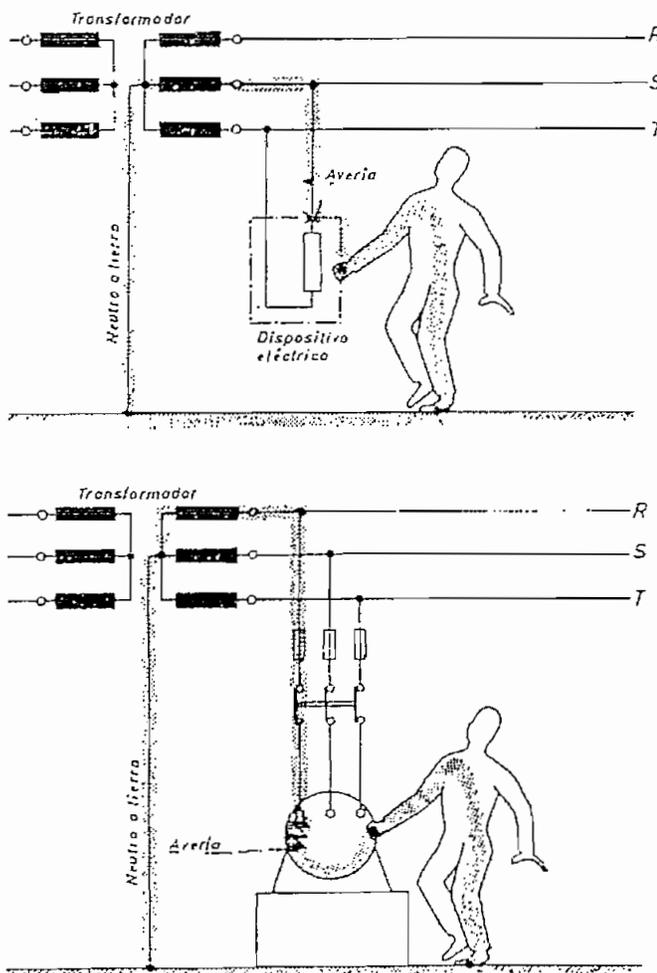


Fig. 4.1 Contactos con equipos averiados (ref. 17)

El uso de selladoras manuales que involucran transformadores y resistencias de calentamiento sin las medidas adecuadas de aislamiento, pueden afectar a las instalaciones y al personal.

Por otro lado damos por sentado las consideraciones de riesgo de contactos directos que involucra para el personal de mantenimiento, la manipulación de equipo energizado, y las precauciones recomendadas en diversos manuales para el efecto (ejem. ref. 9, 17, 19), y que por su extensión no se incluye en el presente trabajo.

ELECTRICIDAD ESTÁTICA

Otro de los riesgos eléctricos, presenta el material plástico al cargarse electrostáticamente como producto de la fricción continua con otros materiales durante los procesos de producción (Impresión, tejido, etc.), y que vienen a ser fuente potencial de riesgos serios en presencia de gases y fibras combustibles.

En primera instancia se han construido equipos supresores de electricidad estática que desarrollando voltajes de hasta 4.500 y 5.000V aplicados a barras ubicadas en el camino de las láminas plásticas, suprimen dicha electricidad y disminuyen los riesgos de ignición; sin embargo crean nuevos riesgos de choque eléctrico para el personal de operación de la máquina y otros, que desconociendo sus características y propósitos incurran en un inadecuado manejo de este tipo de equipos.

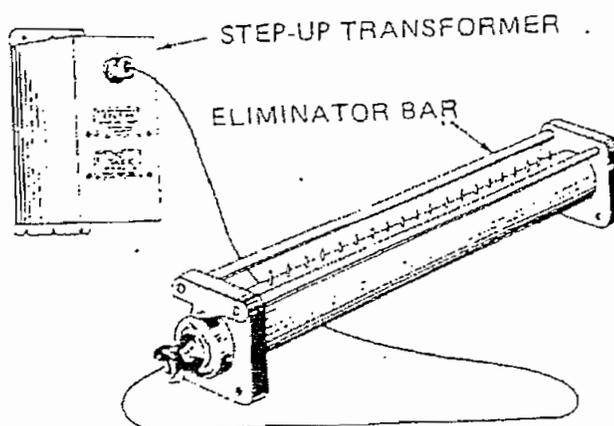


Fig. 4.2 Sistema Ionizador (ref. 26).

Últimos equipos desarrollados a prueba de choques y que generan voltajes de hasta 7.500V con corrientes de cortocircuito de 0.5mA referidos al secundario (fig. 4.2), buscan eliminar todo tipo de riesgos, pero por el momento son de aplicaciones limitadas.

SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

Un adecuado sistema de puesta a tierra puede prevenir dichos contactos y a su vez servir para el efecto de otras protecciones del equipo mismo.

En cuanto al aterramiento de sistemas, el National Electrical Code, auspiciado por el National Fire Protection Association, contiene regulaciones pertinentes para el aterramiento de sistemas eléctricos y equipos y que son aplicables a la industria. Tales disposiciones, son consideradas como requerimientos mínimos para la protección de la vida y la propiedad.(ref)

Cabe anotar en este punto que según las normas americanas, es diferente el aterramiento del sistema eléctrico, del aterramiento del equipo maquinaria o partes metálicas que normalmente no deben estar energizadas. En cuanto al aterramiento del sistema eléctrico, para nuestro medio se da por descontado el buen criterio que usa la empresa eléctrica para proveer la alimentación con el neutro a tierra.

Al considerar la puesta a tierra de la maquinaria y equipos que es lo que nos interesa ahora, es importante anotar los objetivos generales del mismo:

- Asegurar al personal que opera en el área, la libertad de riesgo de la presencia de voltajes en las estructuras de los equipos que puedan provocar shock eléctrico.
- Proveer un camino adecuado para la corriente de falla a tierra (en magnitud y duración) que circula antes de la operación de los sistemas de protección, sin crear riesgos de fuego o explosión.
- Contribuir a un mejor rendimiento del sistema eléctrico

Para la protección de riesgos de shock eléctrico, el sistema de puesta a tierra debe presentar una impedancia baja desde la estructura del equipo al punto de referencia de potencial cero.

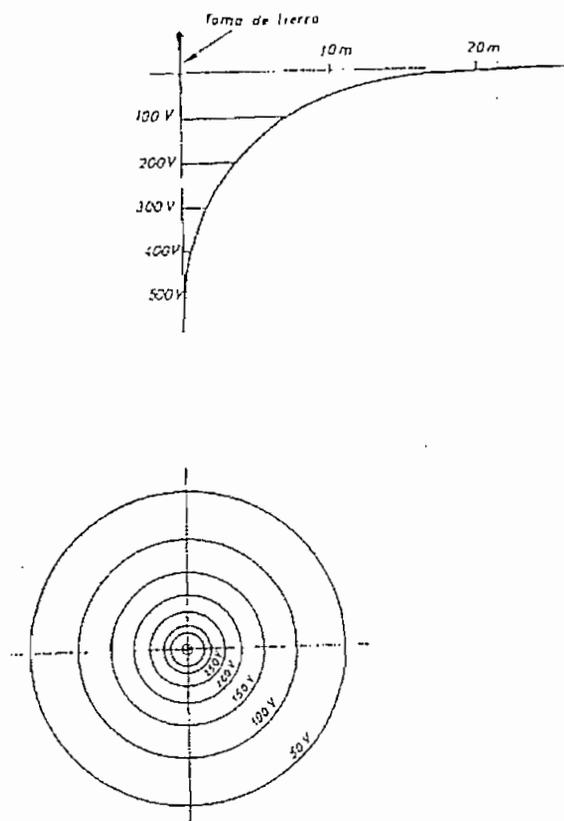


Fig. 4.3 Área de influencia de una barra a tierra (ref. 17)

Sin embargo de los propósitos mencionados de un buen sistema de aterramiento, la gran cantidad de equipos electrónicos incluidos en la industria, hace necesaria otras consideraciones no solo de seguridad para personas sino de seguridad de operación de equipos de producción y otros. Muchas veces las fallas en los equipos de control se pretende solucionar mediante la utilización de UPS (fuentes ininterrumpidas de voltaje), prácticas que no necesariamente son útiles si se desconoce el origen del problema y las características de operación del equipo a proteger, así como de las instalaciones eléctricas y disturbios que se presentan y son dañinos para dicho equipo (ref.16).

Por considerarse una práctica común de puesta a tierra, el uso de barras de aterramiento, creo importante añadir en este punto las figuras relacionadas al área de influencia de la barra de aterramiento (fig. 4.3), y a una forma práctica de realizar tal instalación (fig. 4.4).

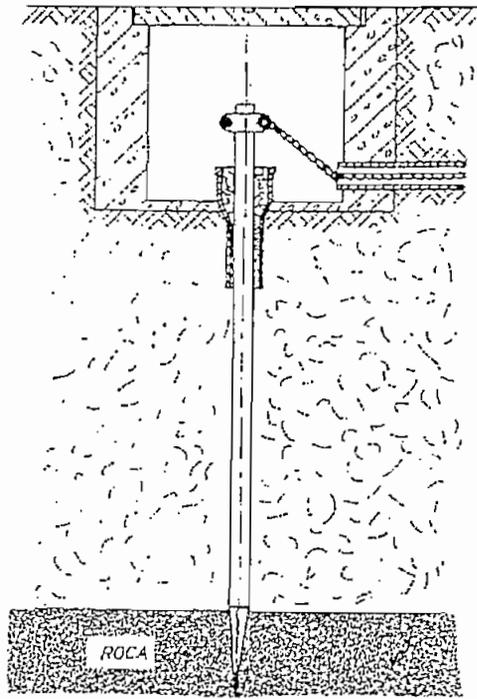


Fig. 4.4 Barra de puesta a tierra (ref. 17)

En cuanto al área de influencia de la barra y la implementación de varias barras de aterramiento para diferentes equipos, es de anotar que para no desvirtuar los propósitos de esta medida de seguridad, la distancia entre barras no debe ser menor que la profundidad de enterramiento. Así mismo se anota que el cable de aterramiento debe ser desnudo y de un calibre suficiente (ref. 17,19).

4.3.3.2 Riesgos por el uso de equipos especiales

Generadores de efecto corona

Una inadecuada conexión de puesta a tierra, puede afectar al operador al producirse una corriente de pérdida inducida a través de toda la estructura de la máquina; así mismo afecta a la eficiencia del tratador y a la calidad del producto.

Se debe evitar el contacto de la línea de transmisión de alto voltaje con cualquier elemento metálico y no poner cosas sobre el equipo

Es un equipo que genera alto voltaje a alta frecuencia, y la producción del arco por la ruptura dieléctrica del aire permite la generación de ozono que a su vez

contaminando el ambiente afecta el sistema respiratorio del personal que trabaja en el entorno

Sistema de eliminación de electricidad estática

Utilizada en particular en máquinas selladoras de fundas plásticas, compuesta por una fuente principal de generación de alto voltaje más un número determinado de barras ubicadas antes del sellado y a la salida del producto, con propósitos de neutralizar la carga electrostática acumulada en el material plástico por efecto del rozamiento a lo largo del proceso; y cuyos propósitos son de hacer que el material sea manejable.

Con la entrada de 120 y hasta 220 Vac. Este sistema maneja en las barras hasta 7.000 V; aunque las corrientes de cortocircuito son bajas, sin embargo un inadecuado conexión de puesta a tierra, agravado con la exposición de las barras al contacto con personas, presenta un peligro de contacto eléctrico.

Es importante cuidar el aislamiento adecuado de las barras descargadoras así como de los cables de alta tensión que los interconectan los cuales deben estar bien fijos para evitar que se suelten y hagan contacto a la estructura del equipo, poniendo en riesgo a personas en el área.

Equipos para control de calidad

En ciertas máquinas modernas se incluyen equipos computarizados de rastreo para el control de calidad y que involucran riesgos para personas particularmente de mantenimiento que no conozca de este tipo de equipos; por ejemplo existen equipos que usan generadores de rayos X para el control de espesor de láminas de plástico; así mismo cuando se realizan el control de impresión, las cámaras fotográficas especiales requieren para su funcionamiento fuentes especiales de alto voltaje para el disparo de la lámpara estroboscópica.

Estos equipos por su tecnología son "delicados" en términos de sus requerimientos de uso y mantenimiento, y deben ser equipos y zonas de operación no accesibles a cualquier persona que no tenga la capacitación correspondiente y conozca de los riesgos; cuidando de esta manera el Hardware y el Software de dichos equipos, y salvaguardando la integridad física del personal.

4.3.3.3 Areas con peligro de incendio y explosión

Las altas temperaturas que se maneja en las máquinas, y la presencia de materiales combustibles como es el plástico mismo y otros elementos, hacen de la industria de plásticos y en áreas específicas, un lugar de riesgo de incendios en que se debe considerar las medidas pertinentes.

SECCIONES DE IMPRESIÓN

El uso de pinturas y solventes para efectos de trabajos de impresión, involucra riesgos debido a la emisión de gases explosivos.

De conformidad al National Electric CODE usado para propósitos de clasificación, manifiesta en una de las clasificaciones de atmósferas peligrosas:

Clase I : Atmósferas peligrosas

Grupo A.- Acetileno

Grupo B.- Hidrógeno, gases o vapores de peligrosidad similar

Grupo C.- Etileno, Ether , Ciclopropano

Grupo D.- Gasolina, Nafta, Bencina, Alcohol, Acetona, Vapores similares de laca, gas natural, etc.

Por otro lado existen, otras regulaciones para el control de la concentración de los gases peligrosos, de donde se desprende un nuevo parámetro, el LEL (lower explosive limit) utilizado por equipos electrónicos que han sido desarrollados para propósitos de seguridad.

Límite inferior de explosividad (LIE o LEL)

El límite inferior de explosividad es la más baja concentración de gases inflamables o vapores que mezclados con aire, puede propagar una llama cuando el valor de la temperatura (temperatura de ignición) ha sido sobrepasada. Esta concentración es específica para cada sustancia y es definida como 100% del LIE (o LEL en inglés: Lower Explosive Limit), y un 0% cuando el aire es fresco.

En la siguiente tabla, se relacionan algunos de los gases inflamables más comunes (ref. 12), con su específico LIE y los valores de su densidad respecto al aire.

NOMBRE	FORMULA	%LEL	DENSIDAD REF. AL AIRE
ACETATO DE ETILO	C ₄ H ₈ O ₂	2.1	3
ACETILENO	C ₂ H ₂	2.4	0.9
ACETONA	CH ₃ COCH ₃	2.5	2
ALCOHOL ETILICO	C ₂ H ₆ O	3.5	1.6
BUTANOL	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₂ OH	1.4	2.6
ALCOHOL ISOBUTILICO	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ OH	1.7	2.6
ALCOHOL PROPILICO	CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	2.3	2.1
ALCOHOL ISOPROPILICO	CH ₃ CH(OH)CH ₃	2	2.1
METANOL	CH ₃ OH	5.5	1.1
AMONIACO	NH ₃	15	0.6
GASOLINAS	-----	1.4	3.4
BENCENO	C ₆ H ₆	1.2	2.8

En cuanto a la medición y control de estas concentraciones, aunque algunas máquinas modernas de impresión incluyen en lugares estratégicos (túnel de secado, ducto de desfogue de gases desde los rodillos de impresión) sensores especiales para medir dichas concentraciones peligrosas; sin embargo el área misma se manifiesta desprotegida si no se toman las medidas adecuadas en términos de instalaciones eléctricas y otras que podrían ser fuentes de ignición de estos gases.

De esta manera cabe la importancia del mantenimiento (modificaciones y conservación) de instalaciones exclusivas para estos ambientes peligrosos: Interruptores, arrancadores, botoneras, tomacorrientes, etc.

PREVENCIÓN EN OTRAS ÁREAS

En primer lugar recordemos que para que se presente un incendio, se debe contar con oxígeno, calor y combustible. Existen cuatro categorías de incendios, identificados por letras así:

Clase A: producidos a partir de combustibles sólidos.

Clase B: producidos a partir de combustibles líquidos.

Clase C: producidos a partir de equipos eléctricos, conductores o redes energizadas.

Clase D: producidos por metales como magnesio, titanio, sodio, etc.

Para contrarrestar estos tipos de conflagraciones se cuenta con los extintores, que son aparatos portátiles diseñados especialmente para combatir incendios incipientes. Son de tres tipos: enfriantes, de recubrimiento y sofocantes.

Los cinco tipos de extintores más usados son, en primer lugar los de agua, otros los de espuma, polvo químico, los de bióxido de carbono y por último el llamado universal. Lo importante es que sean ubicados en sitios estratégicos, pero no en la misma fuente del posible incendio.

4.4 LA SEGURIDAD INDUSTRIAL Y EL MANTENIMIENTO

Hablar de la seguridad en términos que van más allá de los riesgos que para las personas involucra las actividades industriales, ha permitido la creación de nuevas herramientas útiles para la elaboración de planes de mantenimiento y que considero importante añadir al presente trabajo.

4.4.1 ANÁLISIS DE RIESGOS (ref. 14)

Lo que se presenta a continuación, antes que una aplicación pormenorizada y exclusiva en la industria de plásticos, pretende ser una herramienta a considerar en todo plan de mantenimiento en ésta y otras industrias; para lo cual se requiere una investigación exhaustiva (aún con datos estadísticos) de cada industria en particular.

Un buen análisis de riesgos, será importante en la planificación de mantenimiento y seguridad; pues planteados los problemas en términos de riesgo debidamente investigados y que tienen relación con problemas de: operatividad de la maquinaria; seguridad de personas; efectos sobre el medio ambiente; costos elevados de reparaciones por daños que podrían haber sido evitados; entonces es posible plantear un plan de mantenimiento preventivo/predictivo en la búsqueda de soluciones reales.

El análisis de riesgos, es un paso previo a la realización de un plan de mantenimiento, en el se estudian los distintos fallos que se suelen producir y las consecuencias de los mismos. La primera premisa del análisis de riesgos es reconocer la imposibilidad de realizar un plan de mantenimiento que prevenga o evite todos los fallos en las máquinas o instalaciones, ya que esto supondría realizar un mantenimiento con un costo infinito (absoluta disponibilidad de recursos). Por esta razón se ha de definir límites bajo los que se desea estar y en función de los mismos diseñar los planes de mantenimiento para ceñirnos a ellos. El análisis de riesgos aplicado al mantenimiento se basa en estudiar las consecuencias producidas por los fallos en las máquinas e instalaciones, bajo los siguientes marcos:

- Consecuencias operacionales, en las que el fallo produce trastornos en la producción o en la calidad que al final se traduce en tiempos perdidos en el proceso productivo.
- Consecuencias en la seguridad, en las que el fallo puede afectar en mayor o menor grado a la seguridad del personal de la fábrica.
- Consecuencias medio ambientales, en las que el fallo puede afectar al medio ambiente o al entorno, considerando las disposiciones legales que existen al respecto.
- Consecuencias en los costos, propias de las reparaciones que el fallo trae consigo y que en ocasiones pueden ser de extraordinaria importancia.

Para el estudio correspondiente, es importante dividir la planta en partes funcionales y en ellas definir una matriz de riesgos para cada consecuencia indicada arriba.

4.4.1.1 Sectorización funcional de una planta industrial

Aunque no existe una estructura normalizada en cuanto a la organización funcional de las plantas industriales, es posible definir una forma común de agrupación de las instalaciones, bajo las siguientes consideraciones:

- Los diferentes procesos de producción en secuencia, desde la obtención de la materia prima hasta la obtención del producto terminado. La industria de plásticos, hasta la obtención de sus productos terminados involucra uno o

varios procesos; muchos productos inyectados son ejemplo de un solo proceso para producción, otros productos como láminas impresas de plástico y aún fundas de plástico impresas o no; igualmente la elaboración de productos termoformados; han de pasar por dos o más procesos.

- Cada uno de los procesos involucra cierto número de máquinas de producción, que conforme a los propósitos de la industria de plásticos podemos decir que se identifican como máquinas individuales e independientes, o como "líneas de producción" (conforme se definió en el capítulo 2), relacionadas entre sí aunque con funciones propias dentro de un proceso.
- Las máquinas individuales y/o líneas de producción involucran a su vez equipos unos esenciales y otros opcionales que se acoplan mutuamente para los fines consiguientes de funcionalidad.
- Los equipos esenciales y otros opcionales, forman parte de sistemas que cumplen funciones específicas; los primeros en la correcta operación básica de una máquina y los segundos para procesos específicos en la producción.
- Todos los equipos sean esenciales o no, se hallan constituidos por partes que correctamente relacionados permiten la correcta funcionalidad de los mismos.

4.4.1.2 Matriz de riesgos

Realizada la división funcional de la planta en secciones (procesos), máquinas y/o líneas, sistemas, equipos y aún partes; se pasa a definir una matriz de riesgos para cada consecuencia: Operacional, de seguridad, medio ambiente, y costos de reparación; de la siguiente manera:

- Para esa línea, sección o máquina, se determina de forma general una escala de gravedad de las consecuencias (desde insignificantes hasta catastróficas) cuantificando cada una de las partes de la escala con las unidades de medida correspondientes.
- Se determina también una escala de probabilidad o frecuencia de ocurrencia de fallos en el tiempo (desde muy improbable hasta muy frecuente).

- Esta matriz debe elaborarse sobre la base de las investigaciones de hechos y datos, de tal forma que el análisis posterior sea lo más preciso posible. El hablar con hechos y datos nos impide tomar decisiones sin fundamento, lo cual desvirtuaría los propósitos del plan de mantenimiento.

Muy frecuente				
Frecuente				
Ocasional				
Remota				
Improbable				
Imposible				
PROBAB./ GRAVEDAD	Insignificante (I)	Moderada (M)	Crítica (C)	Catastrófica (T)

Combinación Gravedad – frecuencia (ref. 14)

- Teniendo en cuenta la combinación gravedad – frecuencia de los fallos y empezando por los más graves y más remotos se determina la aceptabilidad o no-aceptabilidad de las consecuencias de dicho fallo, estableciendo así (después de haber recorrido toda la escala de gravedad) una línea denominada perfil de riesgo que separa la zona de admisibilidad de la de no-admisibilidad de las consecuencias de los fallos.

Ahora estamos en situación de ir estudiando los fallos y las consecuencias de los mismos, y según sea su combinación gravedad – frecuencia, así estará situado dentro de las matrices correspondientes.

Una vez caracterizados los fallos dentro de la matriz, veamos las diferentes zonas en las que se divide:

Probab.					
A		Zona H			
B					
C		Zona M			
D					
E					
F		Zona L			
	IV	III	II	I	Severidad

Zonas de riesgo (ref. 14)

- **Zona H:** Es la zona inadmisibles de las consecuencias de los fallos, situada en la parte superior derecha de la matriz, bien por la severidad de las mismos o bien por la frecuencia que tengan de ocurrir. No podemos admitir un fallo cuyas consecuencias queden en esta zona, por eso esta zona es la de mayor prioridad de actuación. Hemos de eliminar o disminuir sus consecuencias por tanto aquellos puntos situados en ella, deben ser objeto de actuaciones de Mantenimiento para tratar de: o bien disminuir su frecuencia de ocurrencia, o bien minimizar las consecuencias del fallo, de manera que logremos "sacarlo" de esa zona.
- **Zona L:** Situada en la parte inferior izquierda de la matriz. Aunque corresponde a fallos con consecuencias aceptables, estamos dispuestos a aceptar que tengan unas consecuencias mayores. Si estamos realizando algún tipo de tarea de prevención para conseguir que las consecuencias de una fallo estén en esta zona, podríamos plantearnos el gastar menos en dichas tareas, pues estaríamos dispuestos a aceptar una severidad mayor (desplazándose hacia la derecha de la matriz), o una probabilidad de ocurrencia mayor (desplazándose hacia arriba en la matriz de riesgo), o ambas cosas al mismo tiempo. Dentro de la zona admisible es la de bajo riesgo.

- Zona M: Situada en la zona central, entre las dos líneas dibujadas en la matriz. Corresponde a los fallos con consecuencias aceptadas. El óptimo sería que todos los fallos tuviesen sus consecuencias dentro de esta zona, pues representa la relación óptima desde el punto de vista consecuencias - coste.

El siguiente paso es el diseño de un plan de Mantenimiento que elimine las consecuencias indeseables, optimizando además costes tanto de intervención (mano de obra, repuestos, etc.) como de pérdidas de producción.

Como podemos ver, la situación óptima sería que todas los fallos tuvieran sus consecuencias en la zona M. Pero no debemos olvidar que el proceso es dinámico y que se ha de adaptar a las circunstancias cambiantes del entorno. Por ello, cuando el entorno cambia, puede cambiar también el perfil de riesgo y desplazarse hacia la esquina inferior izquierda (en el caso de que aumente la demanda de mantenimiento), o hacia la esquina opuesta, la superior derecha (en el caso de que la demanda decrezca). Ante estos cambios en el perfil de riesgo, puntos que antes estaban en una zona, se desplazarán a otras zonas distintas (aunque ellos sigan estando en la misma casilla), y las políticas de mantenimiento que antes eran adecuadas pueden ahora dejar de serlo.

Recordemos que lo que queremos eliminar son las consecuencias inaceptables de los fallos, para cada uno de los cuatro tipos:

- Tengan consecuencias Operacionales
- Afecten a la Seguridad de personas
- Afecten al Medio Ambiente
- Sólo afecten al coste de la Reparación

CAPÍTULO V

MANUAL DE MANTENIMIENTO.

Previa la consideración de riesgos en términos ampliados a la seguridad de personal, maquinaria y equipos, realizado en los capítulos anteriores; ahora estamos en la posibilidad de proponer un manual de mantenimiento, que de manera general sirva a la industria de plásticos; no sin antes establecer consideraciones importantes sobre el mantenimiento industrial y las bases para la planificación de dicho mantenimiento.

5.1 CONSIDERACIONES IMPORTANTES SOBRE EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

El área de actividad del mantenimiento industrial es de capital importancia en el ámbito de la ejecución de las operaciones en la industria.

De un buen mantenimiento depende, no sólo un funcionamiento eficiente de las instalaciones, sino que además, es preciso llevarlo a cabo con rigor para conseguir otros objetivos como son el control del ciclo de vida de las instalaciones sin disparar los costos destinados a mantenerlas.

5.1.1 NUEVAS CONCEPCIONES DE MANTENIMIENTO

Las estrategias convencionales de “reparar cuando se produzca la avería” ya no sirven en un medio competitivo y globalizante. Fueron validas en el pasado, pero ahora se es consciente de que esperar a que se produzca la avería para intervenir, es incurrir en costos excesivamente elevados, que incluyen pérdidas de producción, deficiencias de la calidad, etc.; de allí la necesidad del planteamiento de planes de prevención de estas averías mediante un adecuado programa de mantenimiento.

La evolución del mantenimiento en los países industrializados ha sido muy importante en los últimos años, pasándose del correctivo puro al desarrollo de complejas técnicas de mantenimiento predictivo con los equipos en operación, pasando por los mantenimientos preventivos cíclicos.

En la actualidad existen desarrolladas técnicas avanzadas de elaboración de planes de mantenimiento tanto predictivo como preventivo, basadas en el análisis de riesgos y fiabilidad de instalaciones y equipos; así como técnicas para mejorar las intervenciones de mantenimiento.

La concepción de gasto de mantenimiento ha cambiado a la concepción de una oportunidad de crear beneficios en la empresa; de esta manera, las estrategias de mantenimiento se hallan encaminadas a "garantizar la disponibilidad y eficacia requerida de los equipos e instalaciones, asegurando la duración de su vida útil y minimizando los costes de mantenimiento, dentro del marco de la seguridad y el medio ambiente". (ref. 14)

Con fines de la búsqueda de eficacia se consideran los tiempos mostrados en la fig. 5.1 en un calendario de producción.

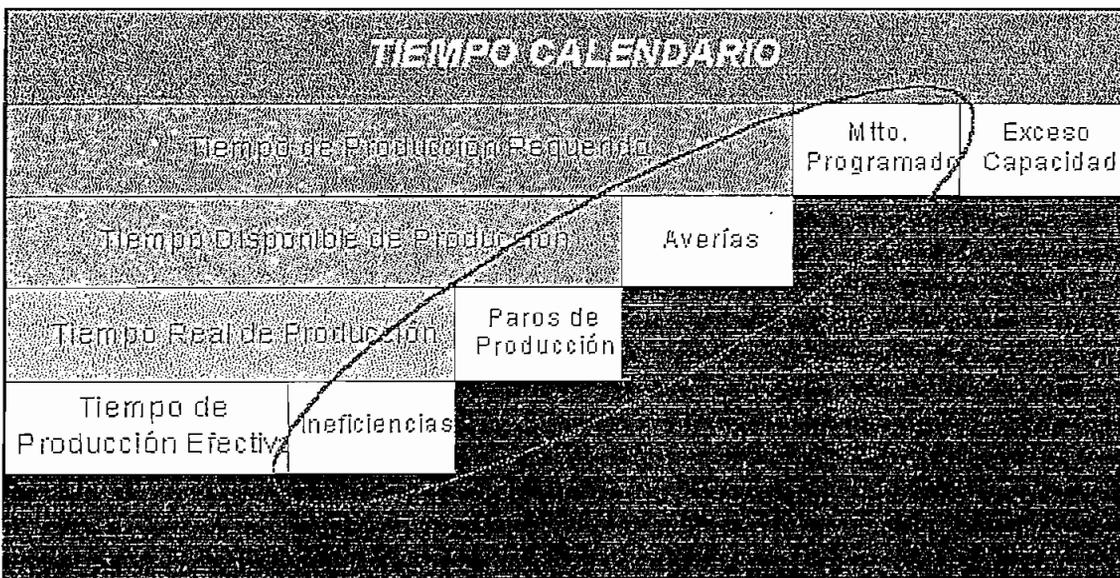


Fig. 5.1 Tiempos de atención para el aumento de eficacia (ref. 14)

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo disponible para Producción}}{\text{Tiempo de Producción requerido}}$$

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Tiempo de Producción efectiva}}{\text{Tiempo de Producción requerido}}$$

La mejora de estas relaciones y la disminución de los costos de mantenimiento suponen aumento de rentabilidad para la empresa.

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Eficacia} - \text{Costes de Mantenimiento}}{\text{Activos de Mantenimiento}}$$

5.1.2 CONCEPCIÓN DEL MANTENIMIENTO Y PLANES EN NUESTRAS INDUSTRIAS

A fin de establecer de mejor manera la concepción de mantenimiento en nuestras industrias, es necesario considerar la evolución del mantenimiento y la calidad en los países industrializados:

- Primera generación.- Mantenimiento correctivo total o mantenimiento de rotura, se espera a que se produzca la avería para reparar, la industria incurría en costos de no-calidad al tener que reprocesar productos (algunos cuando el cliente advertía el defecto).
- Segunda generación.- Se vio que controlar la calidad costaba menos que la consecuencia de no hacerlo, así nacen los controles de calidad en los procesos, y se empieza a realizar tareas de mantenimiento para prevenir averías. Se establecen trabajos cíclicos y repetitivos con una frecuencia determinada.
- Tercera generación.- Al comprobarse los elevados costos de los controles cíclicos, se pasó al control de calidad por procesos y al control estadístico de calidad; se empieza el monitoreo de parámetros en función de los cuales se efectuarán los trabajos propios de sustitución o reacondicionamiento de los elementos (Mantenimiento a condición).
- Cuarta generación.- La creación de círculos de calidad y grupos de mejora continua con objetivos de alcanzar la calidad total y la integración de personal; llevan a implantar sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo/predictivo, de la organización y ejecución del mantenimiento. Se establecen grupos de mejora y seguimiento de las acciones. Aparece un nuevo concepto, Mantenimiento productivo total (TPM).
(ref. 14)

La situación actual de nuestra industria por diversas causas que no son tema de análisis del presente trabajo, no ha obedecido en ninguna manera a un proceso similar al descrito; de allí que en materia de mantenimiento, muchas de las plantas industriales en nuestro país se hallan entre los desarrollos de la primera y segunda generación, aunque se cuenta con pocas excepciones que luchan por plantear modalidades de mantenimiento dentro de la tercera generación.

Conscientes del marco general en materia de mantenimiento, es necesario establecer planes realistas de mantenimiento, de conformidad a las limitaciones (Económicas, tecnológicas, de profesionalización, etc) y a los desafíos (Afirmar nuestras posibilidades, reconocer y apreciar nuestros recursos, ganar y reclamar nuestro espacio en el contexto internacional) que representa producir en un mundo globalizado y altamente competitivo.

Reconociendo que las propuestas de elaboración de planes de mantenimiento bajo los criterios de las últimas generaciones en los países industrializados es irreal, y que por otro lado ignorar dichos avances que de alguna manera ayudarían al desarrollo de nuestras industrias sería una actitud de irresponsabilidad profesional; es necesario siempre buscar el equilibrio técnico y económico que aprovechando los recursos disponibles, impulsen la práctica de mantenimiento industrial en términos amplios de beneficios.

5.2 ANÁLISIS PREVIOS A LOS PLANES DE MANTENIMIENTO

Lo que se presenta a continuación, hasta la toma de decisiones en mantenimiento; antes que una aplicación pormenorizada en la industria de plásticos, pretende ser una herramienta a considerar en todo plan de mantenimiento en esta y otras industrias; para lo cual se requerirá una investigación exhaustiva (aún con datos estadísticos) de cada industria en particular, considerando sus características propias.

5.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA DE PLÁSTICOS

A fin de no incurrir en gastos innecesarios, consideración importante para establecer los procedimientos de mantenimiento o decisiones (inspecciones,

pruebas, frecuencias, tareas de reparación y aún reportes, etc.), merece el análisis de operación de cada equipo, es decir: el tiempo de operación, el tipo de trabajo que realiza, las condiciones de exigencia (carga), y el medio ambiente en que operan. En la industria de plásticos es necesario reconocer la forma de trabajo de equipos y maquinaria en general; al respecto es importante anotar que la mayor forma de producción es bajo pedido, de allí que muchas veces se posibilitan paradas cortas (minutos y aún horas) para realizar las adecuaciones propias al cambio de producción, o paradas largas (varios días y aún meses) de las máquinas luego de la terminación de ciertos pedidos. En cuanto a los períodos de producción efectiva conforme a los pedidos, pueden variar desde horas hasta días y aún meses, tiempo durante el cual se considerará la disponibilidad y la eficiencia de la maquinaria.

Sin embargo de la situación descrita, existen equipos de sistemas generales que operan permanentemente, y aún máquinas que por ser únicas y sirven a varios pedidos igualmente pueden considerarse que funcionan permanentemente en turnos seguidos.

Esta forma de producción "irregular" lleva a modificar la concepción de los planes de mantenimiento preventivo específicamente al hablar de frecuencias, donde será importante considerar mayormente el tiempo de producción que el tiempo calendario; por otro lado el monitoreo previo de parámetros para fines de mantenimiento predictivo podría ser mas adecuado pero a la vez más costoso. Lo que permanece inalterable es la concepción de mantenimiento correctivo ya que son acciones en situaciones de fallos imprevistos.

Aplicable a la industria de plásticos y a toda industria, deducimos que el programa de mantenimiento necesita además, los datos de organización de la producción; de esta manera se cumple los propósitos de mantenimiento no como un fin en si, sino como un medio para alcanzar los objetivos de la producción en términos cualitativos y cuantitativos.

Por otro lado, es importante considerar la diferencia entre la producción de máquinas inyectoras y la producción de máquinas extrusoras, las primeras con la obtención de productos prácticamente terminados, y las segundas con productos iniciales (intermedios) a otros procesos. La forma de "producción por lotes" de las primeras, podrían tolerar un tipo de mantenimiento de rotura a costa de excesivos

costos de reparación por sus características de automatización; mientras que las segundas exigen una planificación de mantenimiento preventivo/predictivo. Es importante entonces el análisis técnico adecuado complementario al modo de producción, que influyendo en la sectorización funcional de los componentes, permita un adecuado análisis de riesgos y toma de decisiones de mantenimiento.

5.2.2 ANÁLISIS DE FIABILIDAD DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS

La fiabilidad de equipos e instalaciones, entendida como la disponibilidad de operación en condiciones de eficiencia en un momento determinado y durante un tiempo requerido; tiene relación directa con la toma de decisiones para las acciones de mantenimiento y su tipo (preventivo/predictivo, de rotura, de mejoras); y a la vez es parte complementaria en el análisis de riesgos (capítulo anterior numeral 4.4); su base principal es la información exacta, la cual determinará las decisiones pertinentes.

5.2.2.1 Recopilación de información

Como parte importante del análisis de la fiabilidad de las instalaciones y equipos, la recopilación de información es un complemento importante al análisis de riesgos expuesto anteriormente en el capítulo 4.

En la fase de información se determinan las distintas *funciones* (principales y secundarias) de cada sección (proceso), maquinaria, sistema, equipo o parte del mismo que se esté analizando en su contexto operacional; posteriormente se determinan para cada función los fallos de función, es decir la forma en que se manifiesta la incapacidad del elemento para desarrollar la función correspondiente.

El paso siguiente es determinar los *modos de fallo*, que son los fallos que realmente apreciamos en el equipo (lo normalmente conocido como avería), una vez hecho esto es necesario determinar la causa raíz del fallo sobre la que estudiaremos su solución.

Con todos estos datos se realiza la evaluación de las consecuencias de cada fallo en cada una de las escalas (Operacional, Seguridad, Medio ambiente y Coste) y

se sitúa en la matriz de riesgo en el lugar correspondiente según sean la severidad y la probabilidad del fallo.

Una tabla como la siguiente (Base ref. 14) podría ser usada en esta fase de información a nivel sistemas o equipos y fallas:

Sistema o Equipo	Función	Fallo de Función	Modo de fallo	Causa raíz	Consecuencia (Riesgo-Zona)
Calentamiento	Fundición de material a una temperatura determinada	Material "crudo"	Resistencias de calentamiento abiertas	Cortocircuito de la resistencia a tierra	Operacional (Zona M)

5.2.2.2 Etapa de decisiones y plan de mantenimiento preventivo/predictivo

En esta etapa, es donde en esencia se trata de establecer tareas de prevención técnicamente factibles y económicamente rentables, a partir de la consideración de las consecuencias del modo de fallo de un equipo determinado. Un diagrama como el de la fig. 5.2 puede ser de gran utilidad, y la elaboración de un cuadro como el siguiente ayudará a establecer y clarificar las decisiones.

Causa raíz	Decisión	Tarea	Frecuencia	Ejecutante	Stock	Nuevo riesgo
Cortocircuito de resistencia a tierra	Mantenimiento preventivo – predictivo	Supervisión de aislamiento, limpieza y ajustes, cambio de elemento de ser necesario	Semanal	Encargado de mantenimiento eléctrico	Cinta aislante de alta temperatura, fusibles, Resistencias de repuesto	Zona L

DIAGRAMA DE DECISION

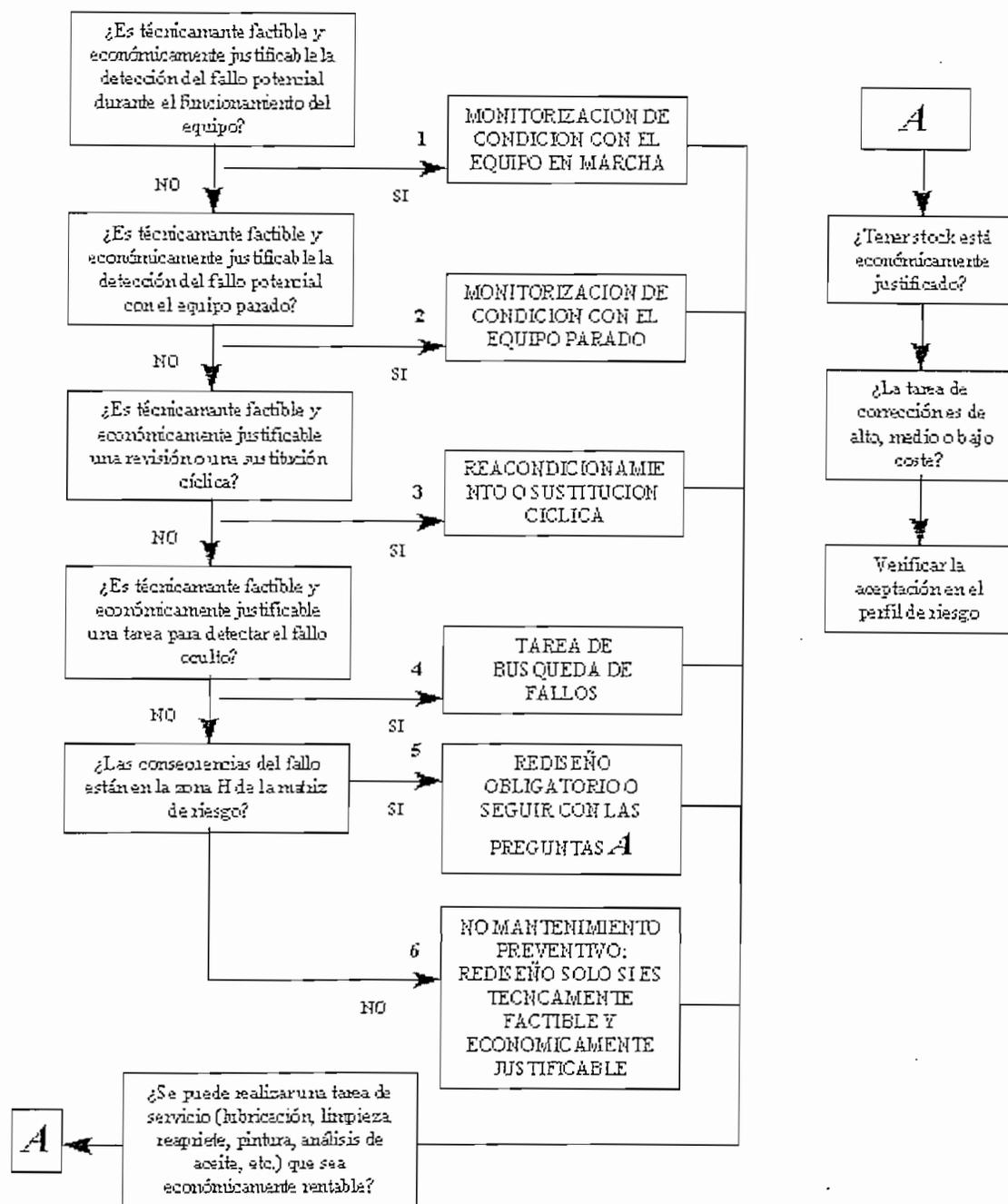


Fig. 5.2 Ayuda para decisiones (ref. 14)

De la hoja de decisión se genera el plan de mantenimiento de prevención y los rediseños a llevar a cabo, así como las decisiones sobre tener stock de partes y repuestos o no, y la importancia de las tareas de corrección que hay que hacer tras descubrir algo mal en las instalaciones, como consecuencia de realizar las

tareas de prevención. En el caso de tareas de mantenimiento Predictivo, que son las primeras que se tratan de establecer, se consideran el intervalo de tiempo del que se dispone desde que se detecta la avería (parámetro deteriorado medido durante el proceso de producción), hasta que el sistema deja de funcionar. En este intervalo de tiempo es que se deberá llevar a cabo el mantenimiento del equipo.

5.3 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Las diferentes acciones de mantenimiento sea preventivo/predictivo, o de rotura, debe gozar de una buena organización con propósitos de optimizar los recursos, y efectivizar las intervenciones. Así mismo, la elaboración de diversas fichas de control de las intervenciones con sus respectivos gastos, tiempo invertido, para de la máquina etc.; son parte importante en la evaluación de la eficacia de la producción y la rentabilidad de la industria.

5.3.1 EL MANTENIMIENTO EN CASO DE AVERÍAS (MANTENIMIENTO DE ROTURA)

Entendido como el conjunto de procedimientos y acciones que se derivan del mantenimiento preventivo, o que resultan de la manifestación de fallas imprevistas. Para estos procedimientos de reparación, son factores importantes considerar:

- La organización técnico administrativa
- El suministro de repuestos
- Herramientas y equipo adecuado para efectuar los trabajos
- Personal formado y calificado para la detección de averías

Organización técnico administrativa

Para fines de presupuestos y otros cálculos, es importante la relación del departamento de mantenimiento con el departamento de producción, y hasta las áreas administrativas, con los datos necesarios, de allí que se considera importante la creación de fichas de registro como:

1.- Parte de avería e intervenciones de reparación

El parte de averías, deberá ser emitido por los responsables de producción con los siguientes datos:

- Código de referencia de la máquina o equipo
- Línea o área de producción a que pertenece
- Corta descripción de la avería observada
- Código de urgencia de reparación conforme a la siguiente lista:

Urgencia 1:

- 1.1 Parada de producción
- 1.2 Riesgo de accidente grave

Urgencia 2:

- 2.1 Disminución en el programa de producción
- 2.2 Riesgo de accidentes leves

Urgencia 3:

- 3.1 Fugas de alguna clase de energía (eléctrica, hidráulica, neumática, etc.)
- 3.2 Problemas en la producción, sin afectar calendario de producción

Urgencia 4:

- 4.1 Cualquier otro trabajo

- Fecha y hora de emisión más firma de responsabilidad

La intervención de reparación, deberá unirse al parte de avería correspondiente, y deberá contener los siguientes datos:

- Nombre, cargo y área de mantenimiento
- Tiempo de intervención hasta la solución de la avería
- Informe corto y concreto de los trabajos realizados
- El responsable de mantenimiento, añadirá los costos de repuestos y será el encargado de entregar la máquina en operación, exigiendo firma de recepción al encargado de producción.

La oficina de mantenimiento, receptorá estos documentos junto con las respectivas facturas de partes y repuestos; y será encargada de otras valoraciones como: Material empleado, mano de obra, costo total de la reparación.

La ficha #1 del anexo A, muestra un modelo de esta ficha de registros.

2.- Historial de averías

Permitirá el ajuste del análisis de riesgos e influirá en la toma de decisiones de mantenimiento preventivo/predictivo.

Esta ficha debidamente archivada deberá ser llenada a partir de los partes de averías y los informes de las intervenciones correspondientes, y deberá contener los siguientes datos:

- Fecha y número de parte de avería
- Organo principal de la máquina en que se localizó la avería
- Detalle de trabajos realizados
- Horas de parada de la máquina
- Horas invertidas por el personal responsable de mantenimiento (mecánico, eléctrico)
- Costo de mano de obra empleado (sea personal foráneo especializado o calculado del personal propio)
- Costo de materiales empleados
- Costo total de reparación

Se incluirá como un punto adicional separado, una lista de los repuestos utilizados y proveedores. Las fichas #2 y #3 del anexo A, muestran los modelos correspondientes.

3.- Parte diario de trabajo

En el se anotará: las tareas asignadas y el número de personas involucradas en el trabajo; sea éste de reparación de averías, mantenimiento preventivo/predictivo, montaje de máquinas, equipos e instalaciones, mejoras,

etc.; esto ayudara en el análisis de rendimiento del departamento de mantenimiento y en la práctica de incentivos (Ficha #4 Anexo A).

5.3.2 EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO

Entendido como el conjunto de procedimientos y acciones que sujetos a las condiciones de operación y esquemas de producción, se hallan debidamente programadas en el tiempo con el propósito de anticiparse a la manifestación de fallas. Estas intervenciones estrictamente programadas que no admiten improvisaciones, requieren los siguientes conceptos básicos como punto de partida:

- Disponer de los datos necesarios
- Establecer la frecuencia (cuando y como deben realizarse las inspecciones y reparaciones)
- Medir la eficacia del servicio de mantenimiento
- Conocer los costes de mantenimiento y su repercusión en el presupuesto de la empresa

Relacionados con la organización técnica misma, están los dos primeros conceptos.

Datos necesarios

Lo primero y fundamental, es conocer el número y las características de los edificios, maquinaria, e instalaciones en cuanto a equipos eléctricos se refiere. Sea cual fuere el equipo que se considere, existen gran cantidad de datos que se puede recoger, sin embargo solo se considerarán los indispensables para los propósitos de mantenimiento:

- Número de referencia o código, conforme a la organización funcional de la empresa
- Denominación usual
- Ubicación
- Año de adquisición

- Fabricante
- Representante(dentro o fuera del país)
- Referencia y número de serie del fabricante
- Características de los motores (capacidad, voltaje, frecuencia, clase, etc.)
- Otras características y observaciones

Se han de manejar fichas individuales, aunque se las puede agrupar conforme a su numeración correlativa o por grupos idénticos o por su ubicación en el lugar de trabajo; en todo caso, la codificación o numeración de cada elemento ha de coincidir con el de la ficha de características de la máquina o instalación.

Un segundo dato es el de disponer del historial de averías que la máquina o instalación ha tenido desde su montaje en la fábrica. (útil en el análisis de los numerales 5.2.2.1 y 5.2.2.2)

Por último se ha de disponer de la documentación más completa en cuanto a instrucciones de mantenimiento, dictadas por los fabricantes del equipo. Manuales de operación y mantenimiento así como otros datos que el empresario exige con el asesoramiento del personal de mantenimiento, al adquirir un equipo o maquinaria.

Equipos, revisiones y frecuencia

Aunque al inicio de la implementación de los planes de mantenimiento de deberá partir de las características de producción de la planta, los manuales disponibles del fabricante respecto a mantenimiento y la experiencia no registrada de averías manifestadas; el análisis previamente presentado en el numeral 5.2 , junto al análisis de riesgos (numeral 4.4), serán de gran ayuda para la elaboración de los planes anuales subsiguientes de mantenimiento preventivo/predictivo.

En relación a los equipos sujetos a mantenimiento, será interesante comparar los porcentajes considerados como ideales en un programa de mantenimiento:

- | | |
|---|------|
| - Alumbrado | 50% |
| - Instalaciones y equipos de generación eléctrica | 100% |
| - Maquinaria e instalaciones de producción | 65% |
| - Material de manejo y transporte | 60% |

- Equipos que presentan riesgos o están sujetos a reglamentos de seguridad 100%

Dichos porcentajes pueden ser de gran ayuda al iniciar la implementación de los planes de mantenimiento.

En cuanto a los registros de las actividades de mantenimiento y las responsabilidades correspondientes, se ha de elaborar una ficha que contenga:

- El código de referencia de la máquina o equipo.
- Operaciones que se deben realizar
- Frecuencia o periodicidad
- Area responsable

Un modelo como el que se indica en la ficha #5 del anexo A, puede ser de ayuda para las visitas de mantenimiento preventivo.

El registro de la planificación de mantenimiento, es conveniente que se diseñen para inspecciones semanales, debiendo así mismo elaborarse por máquinas o equipos, desfasando adecuadamente las ejecuciones. La ficha #6 del anexo A, muestra un ejemplo de una ficha generadora recomendada (ref. 17).

Una inspección muchas veces requiere la para de la máquina o instalación, de allí la importancia de la comunicación con el área de producción para acordar el día de la semana en que corresponde intervenir; será necesario entonces la elaboración de avisos de mantenimiento y los respectivos informes de las actividades realizadas. (ficha #7 anexo A)

En la programación se procurará hacer coincidir el mantenimiento de las partes y equipos en una misma máquina, afin de aproximarse a la programación de mantenimiento por sistemas o subsistemas como:

- Motores principales y equipo de control
- Sistemas de calentamiento
- Sistema hidráulico (motores y equipo de control)
- Sistema neumático

- Equipos especiales
- Fuerza y control eléctrico
- Control electrónico

En caso de averías, la programación periódica ha de ser lo más flexible que permita aprovechar las circunstancias para el mantenimiento de otras partes, y el consecuente reajuste de próximas intervenciones.

Por otro lado, si se considera las características de producción, será más adecuado sincronizarse con los respectivos horómetros en cada máquina, afín de realizar las intervenciones correspondientes, flexibilizando de manera adecuada para una menor interferencia en los programas de producción.

5.4 INTERVENCIONES DE MANTENIMIENTO

Partiendo de recomendaciones a la hora de realizar los trabajos propiamente dichos, se presenta algunas actividades a realizar como trabajo de mantenimiento y se sugieren períodos de intervención que pueden ayudar en la programación de mantenimiento por sistemas o subsistemas.

5.4.1 RECOMENDACIONES IMPORTANTES

Las actividades de ajuste, mantenimiento e inspección especificadas deberán realizarse en los plazos previstos.

Hay que avisar al personal operador antes de comenzar cualquier trabajo de mantenimiento y reparación.

Asegurar contra una conexión inesperada todas aquellas partes de la instalación pre- y post-conectadas a la máquina/instalación así como los fluidos de servicio como son el aire comprimido y los líquidos de la hidráulica.

Colocar un rótulo de advertencia para que no se proceda a una nueva conexión

Al comienzo de las actividades de mantenimiento/reparación, limpiar de aceite o de otros tipos de suciedad la máquina, instalación y, especialmente, las

conexiones y los empalmes roscados. No utilizar productos de limpieza agresivos. Usa paños de limpieza que no desprendan fibras ni hilachas.

- Para realizar las actividades de reparación se requiere imprescindiblemente un equipo de taller apropiado para los trabajos.
- Al limpiar elementos de servicio eléctrico (motores, sensores, armarios de distribución, etc.), trabajar con el máximo cuidado. La entrada de agua o de otros productos de limpieza tienen que evitarse en cualquier circunstancia. No realizar trabajos de limpieza en componentes eléctricos con chorros de aire a muy alta presión y que no sea seco.
- Las uniones roscadas y atornilladas que se hayan soltado o aflojado para realizar los trabajos de mantenimiento y reparación se apretarán siempre de nuevo. Observar los datos sobre pares de apriete recomendados por los fabricantes.
- Una vez finalizados los trabajos de mantenimiento verificar la operatividad y el funcionamiento de los dispositivos de seguridad.
- Tomar las medidas pertinentes para una eliminación segura y no contaminante de los residuos de lubricantes, combustibles y materiales auxiliares así como de las piezas usadas sustituidas.

5.4.2 INTERVENCIONES PUNTUALES EN MÁQUINAS Y EQUIPO ELÉCTRICO.

MÁQUINAS ELECTRICAS

Generadores

Las siguientes son operaciones de mantenimiento preventivo recomendadas:

Con la máquina en marcha:

- Limpieza exterior
- Comprobar ventilación y calentamiento
- Prestar atención a ruidos anormales, roces, olor a quemado, vibraciones, etc.
- Comprobar estado de cojinetes observando calentamientos, nivel de aceite y vibraciones
- Comprobar carga anotando lecturas de aparatos de medida

- Comprobar el rozamiento de cadenas, correas o poleas
- Comprobar el estado de la máquina por la influencia de agentes exteriores (polvo, ácidos, gases, etc.).
- Observar aspecto y color del colector
- Comprobar escobillas, observando: Sí se producen chispas anormales o sí vibran o chirrian.

Con la máquina parada:

- Limpieza exterior con aire seco a baja presión o con aspirador.
- Comprobar escobillas, observando: Desgaste; Estado de corrosión de las trencillas (cable de conexión); Presión de muelles y movimiento libre en el porta escobillas.
- Comprobar la superficie del colector y sus conexiones y sujeción, reparando si es necesario
- Comprobar entre-hierro
- Comprobar conexiones y cabeza del devanado
- Examinar si existe señales de humedad, grasa o aceite en el devanado, limpiando adecuadamente
- Probar la resistencia de aislamiento y de puesta a tierra
- Examinar el aislamiento, Si estuviera agrietado o en mal estado, rebarnizar, para ello: Limpiar bien; Secar con un paño limpio; Rebarnizar; someter a un proceso de secado.
- Comprobar maniobra correcta de arranque
- Comprobar engrase, cambiado de aceite de ser necesario
- Limpiar conductos de ventilación
- Comprobar equilibrado del rotor

Motores

Como lineamientos generales en el mantenimiento de motores sean estos de corriente alterna o de corriente continua, podemos señalar lo siguiente:

Con el motor en marcha

- Limpieza exterior

- Supervisar el sistema de enfriamiento o ventilación y los calentamientos anormales
- Observar ruidos normales, olor a quemado y vibraciones
- Comprobar estado de rodamientos
- Comprobar situación de carga mediante la lectura de corriente y voltaje
- Supervisar la operación adecuada y sin rozamiento de cadenas, poleas, correas

Con el motor parado

- Limpieza exterior con aire seco a baja presión, o con aspirador
- Comprobar conexiones
- Examinar la existencia de humedad, grasa o aceite en los devanados
- Probar resistencia de aislamiento y puesta a tierra
- Comprobar la corriente de carga en el arranque
- Comprobar engrase y estado de cojinetes y rodamientos, cambiarlos si fuera necesario
- Limpiar ductos de ventilación, comprobar estado de carcasa
- Comprobar tensión de bandas de arrastre, estado y ajustes de poleas

Considero necesario anota que pese a la utilidad de las recomendaciones generales de mantenimiento para los motores, en la industria de plásticos muchas veces se utilizan motores especiales cuyo mantenimiento requiere necesariamente de los correspondientes diagramas de despiece (fig. 5.3) (fig. 5.4)

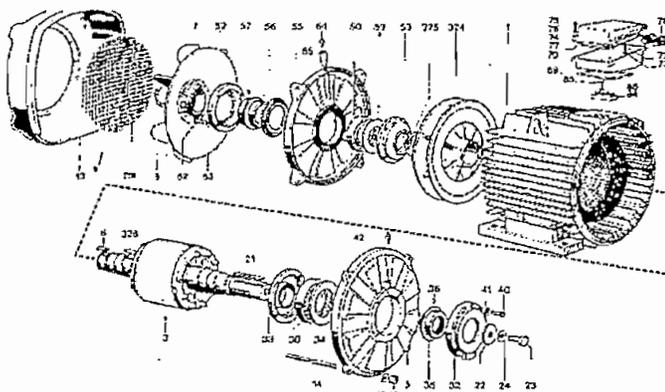


Fig. 5.3 Despiece de motor AC (ref. 12)

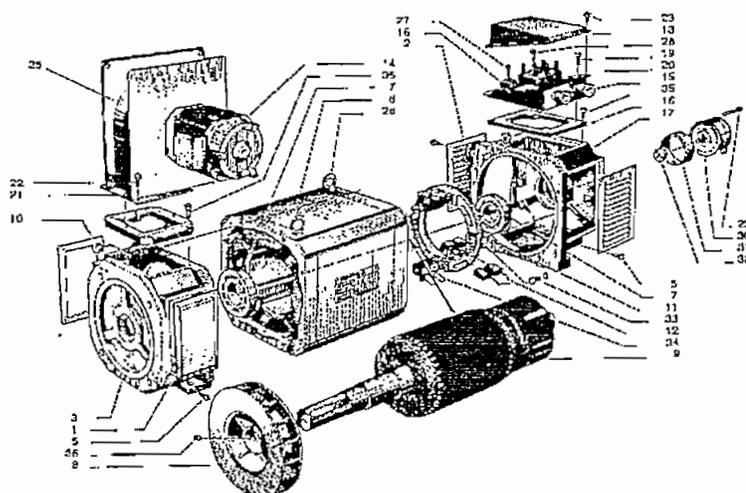


Fig. 5.4 Despiece de motor DC (ref. 12)

Transformadores

Aunque los transformadores mayormente de tipo seco utilizados para la adaptación de voltajes que requieren las máquinas, no requieren mayor atención; su mantenimiento parte de la adecuada instalación, en lugares sin riesgo de salpicaduras de agua, resguardados del polvo y humos químicos así como la existencia de una adecuada ventilación. En períodos largos fuera de servicio, conviene colocar calentadores para evitar la condensación de humedad que puede afectar la resistencia de aislamiento de los bobinados. Si se ha de realizar el secado del transformador, la temperatura de aire de secado no debe ser mayor a 110°C.

Acciones periódicas:

Con la máquina en tensión:

- Comprobar diariamente el funcionamiento de la ventilación
- Revisión ocular de conexiones
- Supervisión de estado de carga mediante los medidores de corriente y voltaje

Con la máquina desconectada:

- Apretar conexiones, bornes y uniones
- Revisión y limpieza de aisladores y barras

- Medir resistencia de aislamiento y puesta a tierra
- Revisar las superficies de los devanados y de los conductores internos, limpiar de ser necesario el polvo acumulado con aire comprimido (2 Kg/cm) seco
- Revisar barnizado y estado de humedad.

EQUIPOS ELÉCTRICOS

Puesto que el equipamiento en alta tensión (acometidas, protecciones, cámaras de transformación etc.) se hallan mayormente bajo la responsabilidad de las empresas eléctricas; todo el equipamiento eléctrico a que me referiré en esta sección, se referirá a la baja tensión (menor de 600 Vac.).

Seccionadores

Con el aparato conectado:

- Inspección ocular, terminales o cables recalentados, señalizaciones

Con el aparato sin tensión:

- Limpiar palancas
- Reapretar contactos
- Accionar el seccionador comprobando la correcta operación de las partes mecánicas y la presión misma de los contactos
- Revisar el estado de baquelitas de aislamiento y cuidar que no exista oxidación en las armaduras metálicas
- Comprobar circuitos de enclavamiento, de mando y señalización.

Fusibles

Con la instalación energizada

- Comprobar con carga si esta fundido
- Con la ayuda de un amperímetro de pinza, medir la intensidad en cada fase
- Comprobar calentamiento en los puntos de contacto

Con la instalación desconectada

- Limpiar

- Revisar y apretar conexiones
- Comprobar presión de contacto
- Comprobar si es el debido calibre

Interruptores automáticos (breakers)

Con la instalación conectada:

- Comprobar tensión en bornes de entrada/salida
- Supervisión ocular

Con la instalación desconectada:

- Revisar accionamiento
- Comprobar contactos

Interruptores manuales

Con la instalación en marcha:

- Comprobar el deslizamiento uniforme de los contactos
- Inspección de chisporroteo u oxidaciones
- En los tipo blindado, comprobar apagachispas, tapa juntas y estopas.

Con la instalación conectada:

- Comprobar desgaste uniforme de los contactos
- Observar presión de los contactos móviles y que el contacto se uniforme y sin holgura
- Comprobar ajuste mecánico, muelles bielas o palancas, aparatos de desenganche
- Limpiar si fuera necesario, desmontando la parte móvil
- Comprobar el buen estado de baquelitas y aislantes
- Reapretar conexiones
- Engrasar los contactos con una capa de vaselina neutra
- Engrasar el accionamiento mecánico
- Comprobar estado y funcionamiento del enclavamiento

Cables

Con la instalación conectada:

- Comprobar calentamientos
- Revisar grapas de sujeción
- Revisar canales de cables
- Comprobar y revisar cubiertas protectoras

Con la instalación desconectada:

- Revisar botellas terminales, reapretando bornes
- Comprobar aislamiento
- Comprobar empalmes y cajas de conexión
- Limpiar botellas, Observar pérdidas de grasa en cables con aislamiento de papel
- Comprobar puesta a tierra
- Comprobar continuidad.

EQUIPOS DE ACCIONAMIENTO

Finales de carrera

Con la instalación en marcha:

- Limpieza exterior
- Observar funcionamiento
- Comprobar y reapretar tornillos de sujeción

Con la instalación parada:

- Comprobar sistema de accionamiento
- Comprobar cierre estanco de la tapa
- Revisar el estado de los contactos sustituir de ser necesario o cambiar el fin de carrera completo
- Reapretar las conexiones flojas
- Comprobar manualmente el accionamiento correcto
- Efectuar limpieza interior y engrasar con vaselina neutra

Pulsadores

Con la instalación en marcha:

- Limpieza exterior
- Comprobar su correcto funcionamiento

Con la instalación parada:

- Revisar los contactos, limpiándolos con trapo seco y puliendo con lija fina, recambiarlos de ser necesario
- Limpiar el polvo interior, comprobar la maniobra correcta
- Reapretar conexiones

Unidades de mando y señalización

Con la instalación en marcha:

- Limpieza exterior
- Comprobar el correcto funcionamiento
- Observar la existencia de lámparas fundidas
- En unidades con relés temporizados, observar la correcta temporización

Con la instalación parada:

- Limpiar contactos
- Comprobar temporizadores
- Revisar y reapretar conexiones, comprobando la no alteración en planos de instalación
- Reemplazar lámparas defectuosas o fundidas

Contactores

Con la instalación conectada:

- Observar vibraciones
- Observar zumbidos que pueden ser causados por: Desgaste del núcleo magnético; mala regulación mecánica; circuito magnético sucio; dureza en la parte móvil.
- Comprobar la tensión de alimentación a la bobina

- Observar si hay chispas excesivas en los contactos, que pueden ser causadas por: Poca presión de los contactos; desconexión lenta por agarrotamiento mecánico; remanencia en el circuito magnético; mala regulación mecánica; contactos en mal estado.

Con la instalación desconectada:

- Comprobar el correcto accionamiento mecánico
- Limpiar totalmente el polvo
- Limpiar contactos, lijándolos apropiadamente o cambiarlos de ser necesario (muchos contactores de baja potencia no tienen contactos de reposición, se deberá asegurar la necesidad del cambio del contactor mismo)
- Comprobar la sujeción de los contactos fijos
- Comprobar la posición y maniobra de los contactos móviles
- Comprobar estado y presión de los muelles
- Apretar conexiones y tornillos de fijación
- Revisar bobinas. Si fuera necesario sustituir, anotar el voltaje nominal sea de corriente alterna o continua.

Arrancadores estrella triángulo

Siendo una combinación de contactores, relés temporizados, y pulsadores, se debe realizar un mantenimiento conjunto siguiendo los lineamientos antes indicados.

Relés de protección térmica

Normalmente usados para la protección a motores. La tecnología actual los hacen libres de mantenimiento y lo que se debe cuidar es su limpieza exterior y adecuado seteo de la corriente de desconexión.

EDIFICIOS

Pararrayos

Al menos una vez al año, realizar las siguientes operaciones:

- Comprobar la perfecta continuidad del circuito

- Limpiar las cabezas
- Medición de puesta a tierra
- Comprobar puntos de sujeción

Puestas a tierra

Cada tres meses:

- Supervisión ocular
- Comprobar cables y puntas de contacto

Cada año:

- Medir resistividad de puesta a tierra
- Revisar y limpiar la instalación
- Comprobar grado de humedad del punto de puesta a tierra

Alumbrado

Cada seis meses:

- Revisar todo el sistema de alumbrado reemplazando lámparas y tubos fluorescentes dañados y/o deteriorados.
- Observar anomalías en tubos, tales como parpadeos, luz descolorida, etc.
- Revisar interruptores, y reapretar conexiones
- Revisar estado de cables, fusibles y resto de componentes de la instalación.

EQUIPO Y HERRAMIENTA PARA EL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

- Megóhmetro de 500V
- Multímetro preferentemente digital
- Amperímetro de pinza
- Termómetro en escala centígrada
- Taquímetro
- Juego completo de llaves allen y planas (en milímetros y pulgadas)
- Juego completo de destornilladores
- Estetoscopio (necesario para la inspección del estado de rodamientos)
- Soldador eléctrico de 300 a 500W

- Cautín de 30W
- Papel de lija fina y una lima fina
- Cintas aislante térmica y eléctrica
- Aspirador de polvo
- Soplador de aire comprimido
- Tanque de lavado y producto adecuado de limpieza
- Horno o estufa de secado
- Banco de pruebas.
- Escalera.

5.4.3 OTRAS INTERVENCIONES Y RECOMENDACIONES

INTERVENCIONES AMPLIADAS

Como se indicó anteriormente, la programación de las intervenciones puntuales deben en lo posible ser coincidentes en una misma máquina o instalación, con propósitos de aproximarse a un programa de mantenimiento por sistemas o subsistemas para la cual se incluye las siguientes sugerencias:

- La programación de mantenimiento debe basarse en una adecuada sectorización funcional de la industria, las instalaciones generales, y las máquinas de producción en si mismas.
- De las sugerencias sobre períodos de intervención de las partes, (relés, contactores, motores, etc.), se procurará con ayuda datos propios de fiabilidad el mejor tiempo de intervención, considerando por un lado los períodos más largos y por otro los elementos más críticos.

Se ha de evitar el "sobre mantenimiento" de elementos, si por razones de un elemento crítico o por causa de averías se ha de acortar los períodos de intervención.

La para de producción de una máquina por falta de pedidos, sin ser necesariamente lo que determine las intervenciones de mantenimiento, deberán ser aprovechados para adelantar o retrasar prudencialmente los períodos de intervención, sin que esto afecte a la programación general ni eleve los costos de mantenimiento.

Un ejemplo de intervención ampliada y que incluye: motores, contactores, fusibles, control electrónico y que es de particular consideración en las máquinas inyectoras y extrusoras, es el sistema de calentamiento (fig. 5.5), en el cual se tomará en cuenta las consideraciones siguientes:

- Inspección visual del estado de resistencias de calentamiento, ajuste de fusibles de protección y terminales; medida y/o control de corriente de alimentación a las mismas observando si existe alguna anomalía (aumento o disminución de dicha corriente) para detectar apertura de resistencias o fugas de corriente por pérdidas de aislamiento; chequear la correcta operación de controles electrónicos. De ser necesario y posible, renovar el aislamiento de terminales.

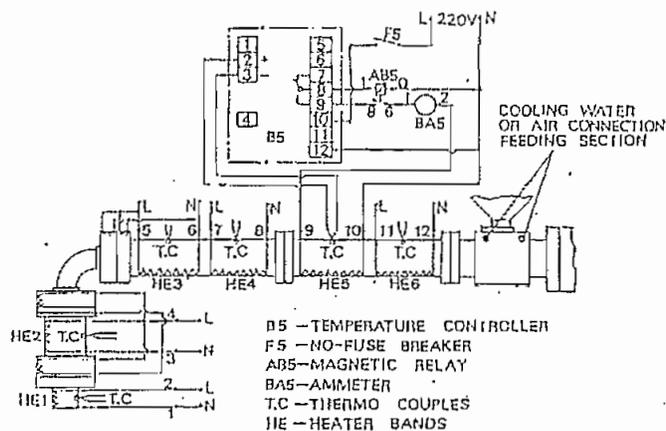


Fig. 5.5 Sistema de calentamiento de máquina extrusora (ref. 12)

- Para el cambio de resistencias, desenergizar la máquina y esperar un tiempo prudencial hasta que la temperatura de los elementos sea operable. Con el cambio de resistencias, revisar la integridad de los cables de alimentación en particular partes expuestas al calor o a constante movimiento. Utilizar los materiales recomendados con aislamiento térmico. No realizar remiendos.
- Revisar la integridad de termocuplas y su respectivo cableado. Revisar la operación normal de los contactores así como su la integridad de los contactos principales. Los fusibles de protección por ningún concepto debe sobre dimensionarse y menos puentearse

EQUIPO ELECTRÓNICO

Inspección periódica

Aunque muchas veces se considera que es un equipo libre de mantenimiento, sin embargo dependiendo de la tecnología involucrada, hay ocasiones que una observación más cuidadosa durante los períodos de limpieza, pueden ayudar a descubrir y corregir pequeñas fallas que abaratarán enormemente los costos de mantenimiento correctivo por la intervención de profesionales especializados fuera de la planta. Se considerará entonces lo siguiente:

- Realizar periódicamente la limpieza de polvo ya que este puede volverse conductivo y afectar el funcionamiento del equipo y aún causar daños irreparables.
- Revisar ocasionalmente el ajuste de conectores y terminales, y en tarjetas electrónicas con circuitos montados en zócalos, cerciorarse que no se encuentren flojos (empujarlos para ajustar).
- Sí en la revisión de conectores se reconoce visualmente algún calentamiento que no sea por causa de terminales flojos, revisar el circuito impreso y realizar la corrección de sueldas frías (sueldas flojas) que pueden ser causa de fallas intermitentes.
- Los reostatos y potensiómetros han de inspeccionarse con sumo cuidado; el eje de rotación no debe tener movimientos de cabeceo, debe comprobarse la integridad del elemento y la correcta operación de los contactos móviles.

Recomendación general en caso de averías

- Hasta donde sea posible y con ayuda de los "TROUBLE SHOOTING" (fallas y posibles causas y soluciones), eliminar las posibilidades de fallas leves que no requieran la intervención de mano de obra especializada con los consecuentes gastos elevados que encarecen los costos de mantenimiento. No olvidar por supuesto la correspondiente autorización y la intervención del personal correspondientemente entrenado (ingenieros o tecnólogos especializados de mantenimiento).
- Con máquinas y equipos que utilizan PLC's muchas veces las fallas de arranque se pueden deber a la falla u obstrucción de señales de entrada de

sensores, será importante contar con los diagramas correspondientes y familiarizarse con las señales de entrada y salida de estos autómatas programables.

Considero importante anotar en este punto, que debido a la gran cantidad de maquinaria automatizada, el equipo electrónico es variado y se hace necesario la creación de un laboratorio con los recursos materiales y humanos para que se ocupen exclusivamente de esta área. El desconocimiento total de estos sistemas electrónicos y la intervención inadecuada han llevado a errores que encarecen la actividad de mantenimiento, sea por daños ocasionados o por temores que llevan a la búsqueda de profesionales foráneos en ocasiones que no ameritan.

INTERVENCIONES EN EQUIPOS ESPECIALES

En equipos especiales como tratadores de efecto corona, eliminadores de electricidad estática, lámparas de luz UV, lámparas estroboscópicas y otros que utilizan principios físicos de alto riesgo, es particularmente importante hacer caso de las recomendaciones:

- Manténgase Limpio
- Manténgase seco
- Manténgase hermético

Aunque su misma característica de riesgo, ha llevado a los fabricantes a tomar las precauciones necesarias para construirlos como equipos libres de mantenimiento, la limpieza periódica de los residuos de producción así como del polvo del ambiente que se vuelve conductivo con la presencia de humedad y otros, es muy importante en especial en equipos generadores de alto voltaje.

La revisión del estado del aislamiento eléctrico o el aislamiento térmico, los conductores de puesta a tierra, así como los ajustes perfectos de terminales y conectores no deben dejar dudas en la inspección.

Las inspecciones de limpieza y ajustes siempre deben hacerse con el equipo fuera de servicio, y las correcciones de averías en talleres dedicados para el efecto y por el personal debidamente capacitado.

RECOMENDACIONES EN LA DETECCIÓN DE AVERÍAS

Es importante recordar las características de automatización y la variedad de máquinas que operan en la industria de plásticos, de allí que no se puede establecer lineamientos generales a más de fallas visibles declaradas en la operación de protecciones principales de alimentación general o alimentación a cargas específicas como motores, sistemas de calentamiento etc. Otras fallas de arranque por causa de protecciones o daños en sistemas de control, requieren de la existencia de los planos eléctricos correspondientes, las recomendaciones (trouble shooting) del fabricante, y la actuación de personal calificado y experimentado en este tipo de máquinas.

En cuanto a los sistemas generales como: Neumático, suministro de agua y otros; si no son automatizados, un buen manual de electricidad industrial y control son suficiente ayuda para el personal electricista que una vez familiarizado con la instalación, optimizará el tiempo de reposición de servicio.

El historial de averías y sus presumibles causas, así como la ubicación de las fallas, debe ser rigurosamente registrado pues será la base en las futuras programaciones de mantenimiento, sea éste preventivo/predictivo o de mejoras. Son de interés particular los registros de averías atribuidas al deterioro de la calidad de suministro eléctrico, particularmente cuando se ven afectados los sistemas de control electrónico por supuestas causas de disturbios eléctricos.

CAPÍTULO VI

APLICACIÓN A UNA INDUSTRIA

6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

6.1.1 CARACTERÍSTICAS Y SECUENCIA DE PRODUCCIÓN

La planta industrial que se va a considerar, se dedica a la producción de fundas y láminas (rollos de..) para empaquetamiento de productos mayormente alimenticios y otros. Es pues ésta, una industria de productos intermedios.

La materia prima utilizada se reduce a resinas de polipropileno de alta y baja densidad así como resinas especiales como stretch, UV y otras; se complementa para la producción otros aditivos para obtener la "dureza", el color y otras características del producto. Para cierta producción se utilizan láminas (rollos de..) de aluminio obtenidas como producto intermedio de otras industrias. Para el desarrollo de impresiones la materia prima utilizada es pintura y diluyentes así como productos especiales para la realización de los trabajos complementarios como las matrices de impresión que se elaboran en un área especial.

Como podemos deducir, los diferentes productos primarios y los productos acabados, es material combustible que requiere un adecuado manejo y bodegaje, con las consiguientes medidas de seguridad e higiene industrial.

El modo de producción es continuo (tres turnos), y aunque las averías en una o varias máquinas no paraliza la producción total, sin embargo puede ser causa de retrasos en los pedidos, pues se deberá esperar el relevo de otras máquinas o la reparación de la original.

En cuanto a la secuencia y/o dependencia de producción, en términos amplios se puede considerar las siguientes áreas:

- Bodegaje y transporte de materia prima, consistente en un área adecuadamente protegida desde donde y hacia donde se traslada el producto mediante el uso de montacargas.
- Como área dependiente de la anterior pero inicial de producción, está el área de extrusión, en la que se agrupan "líneas" extrusoras de capacidades diferentes, pero con características similares de operación.

- Siguiendo la característica de dependencia de producción, se encuentra el área de impresión, cuya maquinaria también tiene la característica de línea; también son de diferentes capacidades y características de impresión, pero de similares formas de operación.
 - Para productos de mayor elaboración, a la que se ingresa luego del proceso de impresión, cuenta con un línea de laminado en la que se obtienen productos terminados con recubrimientos especiales.
 - El área de sellado, también con máquinas tipo líneas con características similares de operación, que se utilizan para la elaboración de productos terminados en diferentes niveles: fundas sin impresión, inmediatamente después de la extrusión; productos impresos pero no laminados; y productos laminados e impresos. Cabe anotar aquí, que muchos productos se dan por terminados antes del sellado, pues se entregan en bobinas luego de la extrusión, o luego de la impresión o luego del laminado. Las bobinas antes de ser despachadas pasan por un proceso de refilado y/o rebobinado final, mediante máquinas que operan para tal efecto.
 - El área de bodegaje y despacho inmediato utiliza pequeñas máquinas de embalaje y montacargas de transporte.
 - Como área complementaria se puede considerar la línea de reciclaje o molino.
- Cada una de estas áreas involucra varias máquinas principales o líneas de producción (conforme consideraciones Cap. 2) con características propias, equipos especiales y máquinas individuales complementarias.

6.1.2 SITUACIÓN ACTUAL Y ALCANCE DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Siendo una de las industrias de plástico en proceso de desarrollo, esta planta industrial aún no ha establecido un trabajo programado de mantenimiento preventivo/predictivo; y aunque existe una política de mantenimiento para el área mecánica, el área de equipamiento eléctrico – electrónico, se halla muy desprotegida por la falta de un equipo de mantenimiento, capacitado para cumplir adecuadamente las tareas correspondientes.

Quizá un mal entendimiento de lo que es la utilización de maquinaria automatizada y que algunas veces involucra equipos "libres de mantenimiento"

lleva a una actitud de descuido de lo que son elementos fundamentales de producción, la energía y el equipamiento eléctrico.

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.

Partiendo del levantamiento de los diagramas unifilares y un estudio adecuado de la distribución de carga y coordinación de protecciones mediante un análisis de corto circuito, se planteará el mantenimiento de los equipos de mayor riesgo en términos de: para de producción; costos de reparación; riesgos para el personal.

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ELECTRICO EN LA MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN

Se puede elaborar teóricamente un plan de mantenimiento total, sin embargo dadas las condiciones actuales de mantenimiento, es necesario establecer este plan por etapas, esperando que cada etapa demuestre los resultados positivos e impulse nuevas etapas hasta llegar al programa total de mantenimiento (en un período no mayor de tres años).

6.2 SECTORIZACIÓN FUNCIONAL

Aunque se planteará el mantenimiento programado de sólo un número limitado de máquinas, sin embargo es importante considerar la sectorización funcional completa.

Este punto es de particular importancia ya que permitiendo una adecuada codificación, ayudará además a la investigación e historial de averías para un futuro análisis de riesgos, y otros de fiabilidad de instalaciones y equipos, con miras a la etapa de decisiones en los planes futuros de mantenimiento.

6.2.1 SECTORES GENERALES

Puesto que la sectorización funcional debe permitir el análisis de posibles fallas y sus consecuencias, en primera instancia se puede reconocer las siguientes secciones en términos de riesgos para la producción:

- Servicios generales de suministro de energía eléctrica, aire y agua, que en caso de falla, paralizaría íntegramente la producción. Se puede considerar también como equipo crítico que requiere el 100% de mantenimiento.
- Secciones de producción definida, en las que se ubican las máquinas de procesamiento mismas, aquí la falla de una máquina si bien no pararía la producción misma, ocasionará retrasos en los pedidos que serán más críticos si las características de producción de la máquina averiada, son únicas.
- La sección de bodegaje y transporte, tanto de materia prima como de productos intermedios hacia otras máquinas para procesos complementarios, si falla en su función, también retrasa pedidos.
- Otras secciones.

6.2.2 SECTORIZACIÓN Y CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPO ELÉCTRICO POR SISTEMAS DE SERVICIO.

Se pondrá particular atención a las máquinas y equipo eléctrico sujetos al programa de mantenimiento inicial.

SECCIONES Y SISTEMAS:

- Generadores.....	01
- Cámaras de transformación	02
- Distribución eléctrica.....	03
- Suministro de agua #1.....	04
- Suministro de agua #2.....	05
- Suministro de aire comprimido #1.....	07
- Suministro de aire comprimido #2.....	08
- Suministro de aire comprimido #3.....	09
- Bodegas.....	10
- Montacargas.....	11
- Laboratorio de cireles.....	12
- Talleres.....	13
- Oficinas.....	14

MÁQUINAS Y EQUIPOS POR SECCIÓN

El generador se considera como sistema completo sujeto a un solo plan de mantenimiento

La cámara de transformación se respetara la disposición de acceso restringido de la empresa eléctrica, a quien se acudirá en caso de averías.

Distribución eléctrica.

- Cableado.....01
- Tableros de distribución primarios.....02
- Tableros de distribución secundarios.....03

Suministro de agua:

- Equipos de cisternas.....01
- Equipos de bombeo.....02
- Equipos de control.....03

Suministro de aire comprimido

- Motor principal (compresor).....01
- Equipo de control de arranque.....02
- Equipo de control de distribución.....03
- Equipo de protección.....04

Laboratorio de cireles

- Equipo de exposición de luz ultra violeta.....01
- Bombas de vacío.....02
- Equipo de programación y control.....03
- Agitadores.....04

CODIFICACIÓN

De conformidad a la numeración anterior, se tendrá un código de seis dígitos:

Sección #	Conjunto funcional #	Equipo (motor) #
-----------	----------------------	------------------

Dos dígitos para determinar la sección de servicio; los dos siguientes para determinar el conjunto funcional del equipo, y los dos últimos dígitos para determinar el equipo o parte específica.

6.2.3 SECTORIZACIÓN Y CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPO ELÉCTRICO, POR MÁQUINAS DE PRODUCCIÓN.

Por ser del interés propio de mantenimiento, en este punto se considera los sistemas (ej. Figs. 6.1, 6.2) que son particularmente reconocidos en cada máquina y que a la vez involucran maquinas eléctricas (motores, transformadores) y equipo eléctrico, que son sujetos a nuestro interés de mantenimiento. Se realiza la más completa sectorización de una máquina modelo, a partir de lo cual se puede deducir y codificar otras máquinas similares.

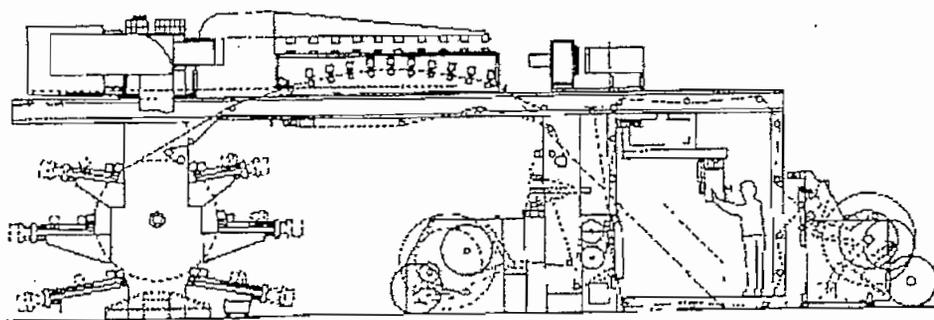


Fig. 6.1 Máquina impresora (ref. 12)

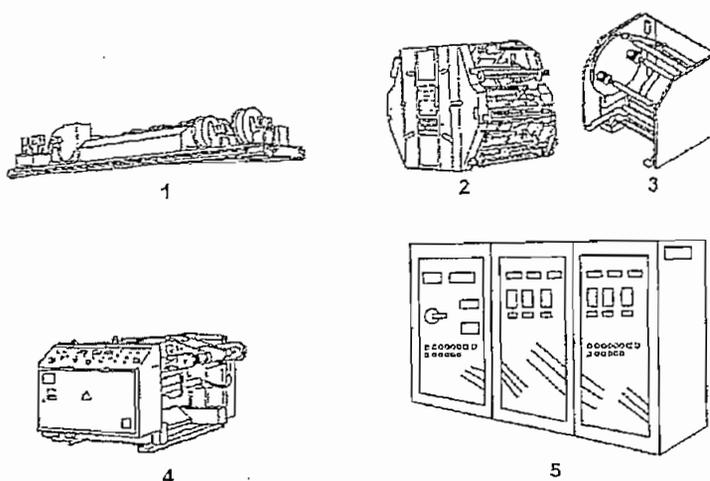


Fig. 6.2 Sistemas de máquina impresora 1 puente y túnel de secado, 2 unidad de impresión, 3 rebobinador, 4 desbobinador, 5 gabinete eléctrico (ref.12)

SISTEMAS Y EQUIPOS EN LAS MÁQUINAS DE PRODUCCIÓN

Extrusoras verticales

- Sistema eléctrico de alimentación y protecciones principales.....01
- Máquina principal de extrusión y control de velocidad de proceso.....02
- Sistema de calentamiento.....03
- Sistema de soplado y enfriamiento.....04
- Sistema de formado y estiramiento (motor y control de velocidad).....05
- Sistema de bobinado (motor y control de velocidad).....06
- Equipo especial (tratador por efecto corona).....07

Extrusora horizontal

- Sistema eléctrico de alimentación y protecciones principales.....01
- Máquina principal de extrusión y control de velocidad.....02
- Sistema de calentamiento.....03
- Sistema especial de enfriamiento (chiller).....04
- Sistema de formación y estiramiento.....05
- Sistema de bobinado (motor y control de velocidad).....06
- Equipo de tratamiento especial (tratador por efecto corona).....07
- Scanner computarizado de control de calidad por generación de rayos X.....08

Impresora

- Sistema eléctrico de alimentación y protecciones principales.....01
- Sistema especial para control de temperatura de tambor principal de impresión.....02
- Sistema de mezcla y bombeo de tinta a los rodillos de impresión.....03
- Sistema de calentamiento en el túnel de secado.....04
- Sistema hidráulico.....05
- Sistema de evacuación de gases peligrosos.....06
- Sistemas de desbobinado y rebobinado.....07
- Sistema de velocidad de impresión y control integral.....08
- Sistema de control electrónico integral (PLC's) y otros de visualización....09

- Scanner electrónico especial para control de calidad (cámara estroboscópica).....10

Laminadora

- Sistema eléctrico de alimentación principal y protecciones.....01
- Sistema especial para control de temperatura de rodillos principales.....02
- Sistema de desbobinado.....03
- Sistema de rebobinado.....04
- Sistema principal de laminado y control de velocidad de proceso.....05
- Sistema de eliminación de gases tóxicos.....06
- Sistema electrónico de control integral por PLC's.....07
- Equipo especial para mezcla y alimentación de pegamento.....08
- Equipo especial de tratamiento por efecto corona.....09

Selladora

- Sistema de alimentación eléctrica principal y protecciones.....01
- Sistema hidráulico para guía de lámina (fail).....02
- Sistema de control de estiramiento.....03
- Sistema electrónico de arrastre controlado (freno embrague).....04
- Sistema de calentamiento de cabezal.....05
- Sistema de transportación final.....06
- Equipo especial para eliminar electricidad estática (ionizador).....07
- Control electrónico integral.....08

Máquinas para rebobinado

Siendo máquinas individuales complementarias a los procesos de impresión y laminado, en ellas se puede reconocer los sistemas:

- Sistema de alimentación eléctrica principal y protecciones.....01
- Sistema hidráulico.....02
- Sistema de succión de residuos.....03
- Sistema principal de bobinado y control de velocidad de proceso.....04
- Sistema electrónico para control de refilado y/o bobinado (guía de lámina)....05

- Sistema independiente para enfriamiento de motores.....06

CODIFICACIÓN

Siendo éste el punto último de sectorización funcional a nivel de máquinas de producción, y dada la variedad y similitud de máquinas eléctricas y equipo, es importante considerar una codificación adecuada para la identificación de las partes.

Partiendo de la identificación de la máquina de producción por su nombre, se identificará las partes mediante seis dígitos:

Máquina (nombre)	Máquina #	Sistema #	Motor (equipo) #
------------------	-----------	-----------	------------------

- Los primeros dos dígitos, se referirá al número de máquina considerada
 - Extrusoras del..... 01... al....08
 - Impresoras del..... 01... al... 05
 - Selladoras del..... 01... al... 14
 - Bobinadoras del..... 01...al.... 05
 - Otras
- Los dos siguientes servirá para ubicar la sección o sistema de la máquina a la que pertenece el equipo.
 - Sistemas del....01... al... 09 (modificable conforme convenga la sectorización funcional)
- Los dígitos finales ubica en sí al equipo o la máquina eléctrica

6.3 PLAN DE MANTENIMIENTO

6.3.1 DE LA ORGANIZACIÓN Y LAS INTERVENCIONES DE MANTENIMIENTO

Tanto para el mantenimiento en condiciones de averías, como para el mantenimiento preventivo/predictivo, se utilizarán los documentos propuestos en

el numeral 5.3 del capítulo anterior; elaborando las fichas correspondientes para cada equipo.

Al considerar las intervenciones, así mismo se utilizará las direcciones dadas en el numeral 5.4 del capítulo anterior, añadiendo algunas intervenciones en equipos especiales como los que se considera a continuación:

Cámara computarizada de video

Pese a ser un equipo totalmente electrónico y en su mayor parte de componentes libre de mantenimiento, existen partes externas expuestas a riesgos de deterioros y daños que pueden afectar seriamente al equipo en toda su integridad de allí que sea necesario:

- Una inspección visual periódica de los cables interconectados y rieles que se hallan en constante movimiento, en búsqueda de magulladura desgastes o cortes que pueden afectar al normal funcionamiento.
- Tanto el ambiente como la orientación de la cámara influyen en la acumulación de polvo y la disipación de calor, esto acorta la vida de los elementos electrónicos y puede afectar aún endureciendo o quemando la impresión.
- Se debe realizar una limpieza del polvo con aire seco, y complementarla con un tejido suave untado con solución utilizada para la limpieza de cámaras fotográficas.

Sí no se dispara la luz estroboscópica o se manifiestan disparos irregulares, obviamente se requiere una operación de cuidado y/o mantenimiento. El polvo acumulado y que se vuelve conductivo puede ser causa de fugas a tierra desde el terminal de alto voltaje que dispara la lámpara, produciendo una operación errónea; aunque esto también puede ser causa de la necesidad de recambio de la lámpara debido al fin de su vida útil.

Para la acción de mantenimiento no olvidar remover la tensión de alimentación, y esperar al menos un minuto o más hasta que decaiga la temperatura y el alto voltaje.

Para el cambio de lámpara asegurarse que no tenga residuos de grasa ni marcadas la huellas digitales, limpiar cuidadosamente con paño de limpieza que no desprenda pelusa.

- La generación de alto voltaje en los monitores puede ser causa de acumulación de polvo, también requiere limpieza periódica; igualmente los PC, particularmente la fuente de alimentación.
- Puesto que estos equipos trabajan en las máquinas de impresión, se debe tomar todas las precauciones para evitar el ingreso de productos químicos en ninguna parte del sistema.
- Para el mantenimiento correctivo de cualquiera de las partes debe contarse con el personal especializado sea dentro o fuera de la empresa.

Eliminadores de estática

- En condiciones normales de uso, la fuente misma no requiere mantenimiento periódico, son libres de mantenimiento, sin embargo para su conservación se requiere la limpieza periódica de las barras estáticas, sea sopleteando con aire seco, o con una brocha o cepillo suave. El polvo o las partículas de material plástico adheridos a la barra pueden causar pérdidas del alto voltaje y aún cortocircuitos, observándose muchas veces arcos a tierra.
- Ocasionalmente debe verificarse las conexiones de fuerza tanto de entrada como de salida de la fuente, y el apropiado aterramiento.
- A veces el cortocircuito en una barra afecta a la operación de otras barras, si no es visiblemente detectable la barra en falla, desconectar todo el sistema de barras y proceder a probar una a una. La operación de la barra estática, puede chequearse con una pequeña lampara de neón que enciende al acercarlo a dicha barra si esta se halla en correcto funcionamiento.
- Al reubicar las barras, no olvidar que debe ser orientada hacia la lámina en proceso y localizada a una distancia entre 1/2 y 5/8 de pulgada.

Tratador por efecto corona

Siendo un equipo cuyas partes "activas" se hallan expuestas permanentemente al medio ambiente aunque ubicados en partes estratégicas de las máquinas(Fig. 6.3) (extrusoras, laminadoras), es conveniente:

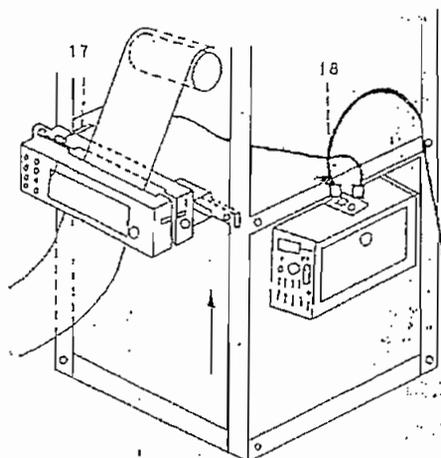


Fig. 6.3 Conjunto generador corona 17 sistema de tratamiento (electrodos), 18 fuente (ref. 12)

En el sistema de electrodos de tratamiento

- Realizar periódicamente la limpieza apropiada de los rodillos aislantes y revizar el estado de la cubierta aislante de silicona, cambiar si es necesario.
- Ante la presencia del alto voltaje, la suciedad o polvo se vuelve conductorio de allí la importancia de limpiar y cuidar de humedad el transformador de salida de alto voltaje, y revisar ventilador de enfriamiento.
- Revisar la integridad del cable de salida de alto voltaje, sus puntos de contacto y los aisladores que lo separan de la estructura
- Comprobar la distancia entere la barra de descarga y el rodillo aislante (entre 2 y 3 mm)
- Revisar la integridad de la puesta a tierra

En la fuente de alimentación

- Revisar la integridad del cableado de entrada /salida, y el ajuste apropiado de los conectores
- Limpiar el polvo acumulado en el sistema electrónico interior
- Revisar la integridad del cable de tierra que interconecta al sistema de electrodos.

- Siendo la fuente intercambiable a otro sistema de electrodos, en acciones de detección de averías si se desea probar con intercambio, fijarse que los equipos sean de potencias similares (no sobrecargar).

Toda intervención en este tipo de equipos, deberá realizarse sin tensión de alimentación.

Recomendaciones particulares

- Los controles automatizados incluyen motores particularmente de corriente continua, y utilizan por lo general dinamos taquimétricos como sistema de realimentación de control; es importante comprobar periódicamente el ajuste de los mismo a los ejes de fijación, revisando además la integridad del cableado y los amplificadores de señal si es que los hay.
- La variedad de maquinaria de producción en términos de procedencia, incluye también una gran variedad de controladores de velocidad electrónicos tanto de motores de corriente alterna como de corriente continua; en relación a los variadores de alterna será importante anotar cuidadosamente los parámetros de seteo con que normalmente opera el equipo, esto ayudará en caso alteraciones involuntarias o de recambio del equipo.
- La misma variedad se manifiesta con los controladores programables (PLC), lo cual imposibilita la adquisición de los software correspondientes, de allí la importancia de observar cuidadosamente las recomendaciones de los fabricantes en relación particular al sistema de alimentación, y el recambio de baterías para preservación de la memoria.

6.3.2 SOMERA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO DE PLANES DE MANTENIMIENTO.

Dadas las limitaciones del presente trabajo, únicamente se realizará un seguimiento general en la aplicación de las herramientas expuestas en el capítulo anterior, pero que servirán de ayuda en la elaboración de los planes de mantenimiento (acciones, frecuencia etc.)

DE LA SECTORIZACIÓN FUNCIONAL Y EL ANÁLISIS DE RIESGOS

Partiendo de la sectorización funcional y considerando que la matriz de riesgos permite sectorizar los equipos con mayor o menor necesidad de mantenimiento preventivo/predictivo; de la experiencia obtenida en los años de trabajo en esta industria, podría decirse que en la búsqueda de prevenir los fallos en la relación óptima de consecuencia – costes, (Zona M de la matriz de riesgos), se obtiene los siguientes sistemas y equipos que se deben considerar en el programa de mantenimiento:

De los sectores de servicio

- Generadores
- Distribución eléctrica
 - Cableado
 - Tableros de distribución secundarios
- Suministros de aire comprimido
 - Motor principal (compresor)
 - Equipo de arranque y control
- Suministros de agua
 - Equipos de bombeo
 - Equipos de control
- Laboratorio de cireles (cliches)
 - Equipo de exposición de luz ultra violeta
 - Equipo de programación y control

De las máquinas de producción

Por sistemas generales:

- Todos los sistemas que para su función incluyen motores sea de corriente continua o corriente alterna, incluyendo sus equipos de arranque y control (electromecánico o electrónico).
- Sistema eléctrico de alimentación y protecciones principales
- Máquina principal de procesos de extrusión, impresión o sellado
- Sistema de calentamiento o controladores especiales de temperatura
- Sistema de soplado, formado y/o enfriamiento

- Sistema de formado y estiramiento (motor y control de velocidad).
- Sistema de bobinado (motor y control de velocidad).
- Sistema de mezcla y bombeo de tinta a los rodillos de impresión.
- Sistema hidráulico.
- Sistema de evacuación de gases peligrosos.
- Sistemas de desbobinado y rebobinado.
- Sistema de control electrónico integral (PLC's) y otros de visualización.
- Sistema electrónico de arrastre controlado (freno embrague).
- Equipo especial para eliminar electricidad estática (ionizador).
- Equipo especial (tratador por efecto corona).
- Scanner computarizado de control de calidad por generación de rayos X.
- Scanner electrónico especial para control de calidad (cámara estroboscópica).
- Sistema de succión de residuos.
- Sistema electrónico para control de refilado y/o bobinado (guía de lámina o fail).

El resto de sistemas y equipos no incluidos, o bien se consideran con requerimientos mínimos de mantenimiento o por las bajas exigencias de operación se aceptan los riesgos de averías; lo cual se volverá a evaluar año a año utilizando los historiales de averías.

DEL ANÁLISIS DE FIABILIDAD DE LOS EQUIPOS Y LA ETAPA DE DECISIONES DE MANTENIMIENTO

El paso siguiente a la sectorización de riesgos, es determinar los *modos de fallo*, que son los fallos que realmente apreciamos en el equipo, sobre la que estudiaremos su solución.

Tomando el modelo expuesto en el capítulo anterior, se elabora las siguientes tablas por sistemas generales que ayudarán en la etapa de planificación.

Tabla de los sistemas de servicio general

Sistema o Equipo	Función	Fallo de Función	Modo de fallo	Causa raíz	Consecuencia (Riesgos)
Generadores	Suministro de energía eléctrica de respaldo	Indisponibilidad inmediata del generador (inoperancia ineficiencia)	Fallo de arranque, problemas de transferencia.	Fallos en sistema de arranque, fallos en equipo de transferencia	Operacional y de costos de reparación
Distribución eléctrica	Suministro de energía eléctrica en condiciones de seguridad para personas y equipos	Fallo de suministro total o a sectores de producción, efecto negativo sobre equipos electrónicos sensibles	Falla en tableros, pérdidas de aislamientos, recalentamiento de equipos e inoperancia de equipos eléctricos.	Deterioro en cableado, deterioro en tableros de distribución	Operacional y de riesgo para personas, así como costos elevados en reparación de equipos electrónicos sensibles.
Suministro de aire comprimido	Suministro general al sistema neumático de las máquinas de producción	Ineficiencia, y aún Para de la producción general o sectorial	Ineficiencia en el rendimiento de compresores daños en los equipos de distribución	Recalentamiento de motores principales, por causas de rodamientos y otros	Operacionales
Suministro de agua	Suministro general a sistemas de enfriamiento o control de temperatura especial	Falla de flujo normal de agua	Falla de bombas y/o equipo de distribución	Recalentamiento de motores o deterioro en equipos de control	Operacionales
Laboratorio de cireles	Elaboración de clichés con acabados de calidad para las máquinas de impresión	Deterioro de calidad, retrasos de pedidos	Daños en equipos de revelado	Deterioro de partes (fuerza y control)	Operacionales y de riesgo para personas.
Otros					

Tabla de los sistemas de las máquinas de producción.

Sistema o Equipo	Función	Fallo de Función	Modo de fallo	Causa raíz	Consecuencia (Riesgos)
Calentamiento	Fundición de material a una temperatura determinada	Material "crudo"	Resistencias de calentamiento abiertas	Cortocircuito de la resistencia a tierra	Operacional
Sistema eléctrico de alimentación y protecciones principales	Energización integral de la máquina	Para de la producción	Recalentamiento de terminales falla de protecciones	Falta de ajustes y comprobación de operatividad de protecciones	Operacional
Máquina principal de procesos (motor y sistema de control)	Velocidad y coordinación de proceso de producción	Operación defectuosa de la máquina, baja de rendimiento	Defectos en señales de control, motor principal defectuoso	Falta de ajuste en tacómetros de realimentación, Acumulación de polvo en equipo electrónico, defectos electromecánicos en motor	Operacional
Sistema de soplado, formado y sistemas de control)	Control de acabado y características de producto	Oscilaciones de arrastre y soplado	Operación defectuosa de motores de arrastre y enfriamiento	Rodamientos defectuosos control electrónico defectuoso	Operacional
Sistema de mezclado y bombeo de tintas en impresoras (equipo eléctrico especial, motores)	Suministro de tinta a los rodillos de impresión en condiciones seguras	Suministro defectuoso de deterioro de impresión	Recalentamiento de motores, falla en sistema de control	Malos contactos, atascamiento de rodamientos deterioro de aletas de enfriamiento	Operacional y de riesgo para personas (instalación en lugares explosivos)
Sistema de control electrónico integral con y sin PLC y su respectivas señales de I/O	Supervisión de protecciones y operación integral de la máquina	No inicializa la máquina	Falla de señales de entrada	Deterioro o descalibración de sensores de señales de entrada, daños en cables, acumulación de suciedad.	Operacional y de riesgo para personal
Sistemas bobinado de motores y equipo de	Enrollamiento uniforme de producto final	Descordinación con el sistema total de producción	Operación defectuosa de motores y sistema de	Fallas de rodamientos, defectos en sistema	Operacionales

control)			control	electrónico	
Tratadores por efecto corona	Tratamiento de productos para procesos complementarios	Defectos de tratamiento	Defectos en la operación del tratador.	Deterioro de aislamientos, recalentamiento en transformados de alto voltaje, defectos en fuente de control electrónico	Operacionales y de riesgo para personas
Ionizador para eliminación de electricidad estática	Manipulación adecuada de productos terminados	Inoperancia del equipo particular	Perdidas de alto voltaje o defectos de generación	Deterioro de aislamientos, terminales defectuosos	Operacionales y de riesgo para personas
Otros sistemas que para su función dependen de la operación de motores y equipo respectivo de control	Operatividad primordial o complementaria de la máquina de producción	Fallo de: enfriamiento de motores o partes del equipo, evacuación de residuos o gases peligrosos.	Motores y/o sistemas de control defectuosos	Deterioros en rodamientos y equipos de control.	Operacionales y costos elevados de reparación de máquinas afectadas
Otros equipos especiales.	Control de calidad	Inoperancia del equipo	Fin de vida útil de partes de recambio periódico, fallas en tableros de control	Deterioro de elementos, desajustes en sistema eléctrico - electrónico	

DE LA ETAPA DE DECISIONES Y PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO

Partiendo de la causa raíz, se puede hacer un análisis detenido de cada sección y aún referirse a equipos y partes más puntuales, para lo cual se requiere un mayor sistema de información estadístico y el manejo de características técnicas pormenorizadas.

Dadas las limitaciones del trabajo y del presente plan de mantenimiento por las condiciones antes expuestas, únicamente se muestra el cuadro general a ser utilizado en esta etapa, y se complementa con los planes de mantenimiento propuestos para ciertas máquinas y equipos más críticos que operan en los sistemas antes anotados. (fichas del anexo B).

Para los sistemas de servicio

Causa raíz	Decisión	Tarea	Frecuencia	Ejecutante	Stock	Nuevo riesgo
Falla sistema de arranque (generador)	Mantenimiento Preventivo/ predictivo	Supervisión de sistema de calentamiento previo, revisión de estado de batería, limpieza general, otras observaciones	Quincenal	Equipo de mantenimiento eléctrico		Zona M

Para los sistemas de producción

Causa raíz	Decisión	Tarea	Frecuencia	Ejecutante	Stock	Nuevo riesgo
Cortocircuito de resistencia a tierra (sistema de calentamiento)	Mantenimiento preventivo – predictivo	Supervisión de aislamiento, limpieza y ajustes, cambio de elemento de ser necesario	Semanal	Encargado de mantenimiento eléctrico	Cinta aislante de alta temperatura, fusibles, Resistencias de repuesto	Zona M

Como se puede observar de la hoja de decisión se genera el plan de mantenimiento de prevención y los rediseños a llevar a cabo, así como las decisiones sobre tener stock de partes y repuestos o no, y la importancia de las tareas de corrección que hay que hacer tras descubrir algo mal en las instalaciones, como consecuencia de realizar las tareas de prevención.

6.3.3 FICHAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO POR EQUIPOS

Considero importante reiterar que, el análisis previo a la planificación de mantenimiento, puede ser realizado a distintos niveles de sectorización funcional, y aunque en el numeral anterior se presento un somero análisis en una sectorización por sistemas, debo anotar que las fichas incluidas en el anexo B, se refieren a operaciones más puntuales por equipos que de hecho serán herramientas útiles a la hora de planificar el mantenimiento por sistemas como se recomienda en el numeral 5.4.3.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los procesos de automatización industrial en la búsqueda de la seguridad y la eficacia de la producción, corren el riesgo de ser desvirtuados por el retraso en materia de calidad total, lo cual no permite la utilización de personal especializado que trabajando en equipo saque adelante la industria nacional; de allí que muchas veces recae sobre un solo profesional diversas áreas de responsabilidad y se ve enfrentado a áreas técnicas desconocidas (según su especialización) a las que debe dar solución, para lo cual es importante su conocimiento general del asunto y el contacto con personas y empresas especializadas.
- Es necesario que en nuestra industria, trabajando con objetivos nacionales a largo plazo, nos acostumbremos a trabajar con ciertas estadísticas que en los propósitos de mantenimiento y otros, serían de base para el mejoramiento continuo. El historial de averías será uno de los elementos importantes para la realización de un análisis de riesgos con miras al establecer programas de mantenimiento más reales.
- Dados los lineamientos generales sobre análisis de riesgos, se espera motivar a una mayor investigación de esta herramienta importante en la elaboración de los planes de mantenimiento, añadiendo además el adecuado desarrollo de técnicas de análisis de la fiabilidad de las instalaciones.

En materia de mantenimiento industrial, será necesario realizar una investigación a la industria nacional a fin de establecer con mayor claridad la situación actual, y las perspectivas futuras, con miras al mejoramiento de los planes de profesionalización en esta materia, y los ajustes que correspondería al sistema educativo de nuestro país.

En cuanto a la calidad del suministro eléctrico y la seguridad industrial, cabe anotar el interés que debería manifestar la industria al entrar en vigencia los

reglamentos establecidos por el CONELEC, responsabilizando a las comercializadoras de daños y perjuicios al usuario.

- Es importante recordar la dependencia mutua del área de mantenimiento con las otras áreas de la industria, relacionando la operatividad, eficiencia y rentabilidad de la misma; de allí la responsabilidad profesional de crear conciencia de esta necesidad para que se integre al análisis de costos de producción; para ello se conoce la existencia de programas computacionales que permitan el flujo de información hacia el nivel administrativo que ayudan la toma de decisiones presupuestarias para los propósitos de mantenimiento.
- En términos de seguridad, el área de mantenimiento juega un papel importante que debe asumir, al no priorizar la producción a costa del incremento de riesgos para personas y equipos; de allí la importancia de la sectorización funcional y las decisiones de mantenimiento.
- La situación del mantenimiento de máquinas y equipos eléctrico en la industria de nuestro país, no ha logrado ganar el espacio de consecuente interés de los empresarios mas allá del mantenimiento correctivo (de rotura). Un ejemplo de tal actitud se muestra al considerar la práctica común de cambio de rodamientos, pues no se debe precisamente a un consecuente análisis del comportamiento de los motores eléctricos; lo cual ha llevado a decisiones erróneas de postergación de dichos cambios, sin considerar los deterioros por recalentamiento que sufren las máquinas eléctricas, ni las posibilidades de recuperar o mantener la eficiencia de las mismas; dicha actitud extendida a todo el equipamiento eléctrico, en definitiva redundará en perjuicio del desarrollo industrial. En consecuencia, es responsabilidad profesional demostrar en el campo, la pertinencia de dicho mantenimiento, partiendo y aprovechando de los espacios que da el mantenimiento mecánico.
- Tal vez sea de exagerado pesimismo considerar que si no se integra la preparación académica con la realidad que vive la industria de nuestro país, mal se puede servir en materia de desarrollo industrial, pues las perspectivas

y objetivos que cada uno tiene en particular sobre el mantenimiento y/o la seguridad, son de características a veces radicalmente diferentes.

- La elaboración de planes de mantenimiento bajo las consideraciones de la situación actual de nuestro país y nuestra industria en particular, no se puede dar solo desde una perspectiva de experiencia foránea o puramente teórica, a riesgo de ser considerados no prácticos o de costos muy elevados. Es importante el conocimiento cercano de la maquinaria que opera en nuestro país en un esfuerzo por amalgamar nuestra realidad con las herramientas de desarrollo industrial que utilizan los países desarrollados.
- En materia de seguridad industrial, aunque parece anecdótico, en nuestro país no se considera su importancia más allá del interés puramente de producción, descuidando lo que es propio de esta materia, la integridad del personal. Es necesario por lo tanto crear una "cultura de seguridad" a partir de un análisis que considere integrados el mantenimiento y la seguridad, para lo cual la herramienta de análisis de riesgos será de gran ayuda. No se debe olvidar que un análisis de riesgos en los términos planteados en el presente trabajo, no se puede desarrollar consecuentemente si se desconoce de la industria y/o maquinaria objeto de mantenimiento y consideración de riesgos que involucra.

El desarrollo tecnológico en materia de control automático industrial así como el equipamiento para controles de calidad y otros computarizados, hace necesario enfatizar el reconocimiento de las características de calidad de suministro eléctrico, particularmente en lo relacionado a disturbios; bajo cuyas perspectivas, el Ingeniero eléctrico procurará dar las mejores recomendación para proteger dichos equipos. Para ello se deberá realizar un análisis de los disturbios eléctricos reales o probables que se presentaren en la planta industrial, al igual que las posibles causa y probables efectos en los equipos electrónicos que se desea proteger. Es un cruce de información entre: el Ing. Eléctrico, el usuario y el fabricante del equipo electrónico que se esta utilizando. Se complementa este análisis con el reconocimiento de las características de los equipos de protección existentes en el mercado.

- Una muy particular consideración es el análisis de armónicos que no solo afecta a equipo electrónico sino también a máquinas y equipos eléctricos (motores, condensadores).
- Es necesario reconocer, que al utilizar UPS's más aún sin considerar detenidamente sus características de operación, y asumirlos como "la solución" a los problemas de suministro eléctricos que afectan a los equipo electrónicos en general e industrial en particular; ha sido un criterio no profesional. Es pues de suma importancia considerar con seriedad el asunto de los disturbios eléctricos en el sitio de utilización de la energía, de tal manera que estableciendo las características de los mismos, así como las fuentes y los probables efectos negativos, se asuman o recomienden las medidas adecuadas de protección.
- Por otro lado la materia de análisis de calidad de servicio eléctrico, en relación particular a las suspensiones de servicios también es importante, pues sus efectos son notablemente negativos en el desarrollo industrial, ya que influyen directamente en la continuidad de producción y son de mayor impacto cuando se trata de una industria que utiliza maquinaria con procedimientos largos o delicados de inicialización. Otro efecto negativo puede ser el incremento de desperdicios y la probabilidad de efecto sobre el medio ambiente.
- Aunque la mayor responsabilidad sobre el cuidado de la calidad de suministro eléctrico recae sobre la empresa que lo suministra, no se debe olvidar las responsabilidades propias del usuario, quien deberá buscar el debido asesoramiento profesional a la hora de decidirse por equipos o maquinaria que pueden ser causa de deterioro de la calidad de servicio eléctrico propio y de su vecindario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Hugh O. Nash, Jr. And Francis M. Wells, "Power Systems Disturbances and Considerations for Power Conditioning" IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. IA-21 #6, Nov./Dec 1985
- (2) WWW. POWER-ELECTRONICS.COM
- (3) REGULACIÓN CONELEC 004-01.- "CALIDAD DEL SERVICIO ELECTRICO DE DISTRIBUCIÓN", 23 de Mayo del 2001
- (4) Garrido Luna Héctor.- "LA CALIDAD DE SERVICIO ELÉCTRICO", Tesis Ingeniería Eléctrica EPN, 1988.
- (5) Rapp W. Crook "Suppression of Transient Overvoltages on Instrumentation wiring systems", IEEE Transactions on Industry Application, Vol. IA-21#6, Nov./Dec. 1985
- (6) Garrido Almeida Ramón, "El efecto Flicker y su incidencia en la calidad de la energía eléctrica", Tesis EPN, 1998
- (7) Lowrance Willam W., "El riesgo aceptable: Ciencia y seguridad", Buenos Aires, Tres tiempos 1978
- (8) John M. Brown, "Introduction to biomedical equipment technology", John Wiley & Sons, 1981
- (9) Mora Ulloa Carlos, "Medidas de seguridad en Sistemas Electricos Industriales", Tesis EPN, 1983
- (10) Francisco Rey Sacristan.- "MANUAL DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS ELECTRICOS", Ediciones CEAC S.A. 1976 Barcelona, España
- (11) FIFE/TALIS.- Supervision (video web inspection), Field service manual.
- (12) Varios autores.- Manuales de máquinas y equipos utilizados en la industria de plásticos
- (13) M. Zevin, E. Parini "GUIA DEL MONTADOR-AJUSTADOR ELECTRICISTA", Editorial MIR, 1986.
- (14) http://io.us.es/formacion_mantenimiento.htm

- (15) Rapp W. Crook "Suppression of Transient Overvoltages on Instrumentation wiring systems", IEEE Transactions on Industry Application, Vol. IA-21#6, Nov./Dec. 1985
- (16) Warren H. Lewis "Recommended Power and Signal Grounding for Control and Computer Room", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. IA-21 Nov./Dec. 1985
- (17) Manual de seguridad en las instalaciones eléctrica industriales, EDICIONES CEAC.
- (18) Schmelcher Theodor, "Manual de baja tensión, indicaciones para la selección" SIEMENS 1984
- (19) Enriquez Harper, "Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales", Edit. Limusa 1987
- (20) OEMER " DC Motors Manual" 1995
- (21) ABB Motores "Montaje y mantenimiento de motores asincrónicos", Instrucción.
- (22) I.L Kosow, "Control de Máquinas Eléctricas", editorial reverté s.a., 1982
- (23) Vascat S.A. "Manual de instrucciones" motores de corriente continua.
- (24) WWW.SOCPLAS.org/Industry
- (25) WWW.PLASTUNIVERS.ES/
- (26) IEEE "Recomended practice for grounding of industrial and comercial power systems", New York, 1991, Std 142 – 1982
- (27) Paredes Edwin, "Criterios generales para el mantenimiento de máquinas eléctricas y su equipo de control", Tesis EPN, 1991.
- (28) Portalupi Enrique, "Programa de mantenimiento preventivo eléctrico de la Cervecería Andina S.A.", Tesis EPN, 1985.
- (29) WWW.plastico.com

Empresa---	PARTE DE AVERÍAS			#-----
Fabricación	De-----	-----	-----	Máquina-----
	Tipo de avería-----			-----
	Código de urgencia (real)-----			Código-----
Mantenimiento	Informe de reparación-----			

EMISIÓN	RECEPCIÓN	REPARACIÓN	OBSERVACIONES	IMPUTACIÓN
Fecha-----	Fecha-----	Fecha-----		
-----	-----	-----		
Hora-----	Hora-----	Hora-----		
-----	-----	-----		
Firma	Firma	Firma		

COSTE DE LA REPARACIÓN						IMPUTACIÓN	
# DE OPERARIO	Día	Categor.	Tiempo	\$ MO	MATERIALES		\$ Mat.
Total horas MO			Total Material			Total Reparación	

Empresa----- ----- -----		HISTORIAL DE AVERÍAS									ÓRGANOS PRINCIPALES A----- B----- C----- D-----				E----- F----- G----- H-----				Máquina----- Marca----- Código-----		
Fecha	Localización de averías									# de parte de averías	Designación de los trabajos realizados	Horas de parada de máquina	Horas trabajadas				Importe M.O. en \$	Importe de materiales en \$	Importe Total en \$		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I				Mecánica	Eléctrica	Otras	Totales					

FICHA # 2

LISTA DE BASE DE REPUESTOS			Máquina----- Marca----- Código-----	Grupo de máquinas similares (Matrícula)	----- ----- -----	----- ----- -----	----- ----- -----
# de Plano	Referencia Comercial	Denominación	Proveedor	# de Plano	Referencia Comercial	Denominación	Proveedor

FICHA # 3

Empresa----- ----- ----- -----	PARTE DIARIO DE TRABAJO										#	HOJA
FECHA												
TIPO DE MANTENIMIENTO:	# DE OBRERO										CAE	
EQUIPO:												
DESIGNACIÓN DE LOS TRABAJOS											TALL	COD.
TRABAJO INTERNO DE TALLER												
TOTAL HORAS PERSONAL DE TRABAJO												

Empresa.....	AVISO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	#.....
--------------	--	--------

Ponemos en su conocimiento que realizaremos operaciones de mantenimiento preventivo en fecha..... sobre el siguiente material:

Línea	Máquina o elemento	Referencia	Operación a realizar	Tiempo previsto		Observaciones

Para toda información complementaria, rogamos se pongan en contacto antes de la fecha..... con el Sr..... del Servicio De Mantenimiento

Fecha eemisión	Firma taller	Jefe Dpmto. Métodos V° B°	Fecha devolución	Conforme:	
----------------	--------------	------------------------------	------------------	-----------	--

Empresa.....	Informe de Visita Correspondiente al #	Máquina Tipo Referencia Línea
-----------------------	---	--

Descrpción de los trabajos	# Horas invertidas	Importe \$	Material empleado	Importe \$	Horas Taller	Importe \$

Fecha	Firma	V° B° Jefe Taller	Total horas repr. En \$	Total materiales en \$	Total reparación en \$
-------	-------	-------------------	-------------------------	------------------------	------------------------

