

FRANCISCO ANTONIO BARBIERI RABELO

**MANUTENÇÃO DA PRODUTIVIDADE TOTAL:
ESTUDO DE CASO**

**Trabalho de Formatura Apresentado a
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia.**

10,0
(DEZ)
Francisco Barbieri Rabelo
10/DEZ/2003

Nota final 9,2
mais 2 dias

São Paulo

2003

FRANCISCO BARBIERI RABELO
22/01/04

FRANCISCO ANTONIO BARBIERI RABELO

**MANUTENÇÃO DA PRODUTIVIDADE TOTAL:
ESTUDO DE CASO**

**Trabalho de Formatura Apresentado a
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia.**

**Área de Concentração:
Engenharia Mecatrônica**

**Orientador:
Prof. Doutor Gilberto F. Martha de
Souza**

São Paulo

2003

Ao meu Avô Ângelo Barbieri

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Prof^o Dr. Gilberto F. Martha de Souza pela amizade, paciência e compreensão.

A todos inesquecíveis amigos destes cinco anos de graduação.

A minha mãe, a grande responsável por esta vitória

RESUMO

No campo da manutenção de máquinas e equipamentos, os Estados Unidos foram os primeiros a adotarem a Manutenção Preventiva (MP), que gradativamente evoluiu para Manutenção de Sistemas de Produção (MSP), que incorporou à Prevenção da Manutenção (PM) os conceitos provenientes da Engenharia da Confiabilidade. Todos esses conhecimentos foram assimilados pelo Japão que não deixou sua cultura de trabalho de lado, fazendo com que a manutenção preventiva surgida nos Estados Unidos evoluísse para o TPM.

Hoje o TPM vem se disseminando por todo o mundo reduzindo os mais diversos custos e aumentando a competitividade das empresas através da jornada para o zero acidentes, zero falhas e zero defeitos.

Este trabalho mostra as diferentes abordagens de manutenção existentes até chegar ao TPM ("Total Productive Maintenance") que é o grande foco do mesmo.

Além disso, este trabalho possui um estudo de caso que mostra a implementação do TPM dentro da Indústria, além de esclarecer a utilização de algumas das ferramentas sugeridas por esta metodologia.

Por último, podemos dizer que contribuímos para o fortalecimento e para a evolução do TPM através do esclarecimento do uso de ferramentas da Engenharia de Confiabilidade como um complemento para as ferramentas clássicas do TPM.

ABSTRACT

Considering the aspects related to the maintenance of machines and equipment, United States were the first ones to adopt the Preventive Maintenance (MP) which gradually developed to the Systems Maintenance Production (SMP). The latter has incorporate to the Preventive Maintenance (PM) concepts raised in Reliability Engineering.

Japan, not setting aside its working culture, has assimilate all this knowledge and made the preventive maintenance that was conceived in United States develop to the TPM.

Nowadays the TPM is being spread all over the world reducing several types of coasts and increasing enterprise's competition through reduction of no accidents, no failures and zero defects journey.

This report shows the different existent maintenance approaches to arrive to TPM, that is the real focus.

Besides, this report has a case about the TPM implementation that shows how to use some TPM's tools.

Furthermore, we have given our contribution to TPM showing how to use some engineering reliability tools as a complement to the TPM tools.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO.....	1
1.2 OBJETIVO DO TRABALHO	2
2 PRÁTICAS BÁSICAS DE MANUTENÇÃO	4
2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA	4
2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	5
2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	10
3 MANUTENÇÃO DA PRODUTIVIDADE	13
TOTAL	13
3.1 MAXIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO.....	14
3.2 MELHORIA ENFOCADA.....	17
3.3 MANUTENÇÃO AUTÔNOMA.....	19
3.4 MANUTENÇÃO PROGRESSIVA	25
3.5 MANUTENÇÃO DA QUALIDADE.....	26
4 ESTUDO DE CASO	27
4.1 ESTUDO DO TRANSPORTADOR DE ENTRADA DA EMBALADORA.....	31
4.2 PLANOS DE AÇÃO	32
4.3 ANÁLISE FUNCIONAL DO EQUIPAMENTO EM ESTUDO.....	34
4.4 DETALHAMENTO DOS PLANOS DE AÇÃO.....	38
5 CONCLUSÕES	45
6 ANEXOS	47
7 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	108
APÊNDICE A	109
APÊNDICE B	120

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Manutenção Corretiva na Curva de Degeneração.....	4
Figura 2 - Mapa de Programação da Manutenção com 52 colunas	6
Figura 3 - Modelo de Mapa para Manutenção de Rotina	7
Figura 4 - Modelo de Mapa de Programa de Manutenção	8
Figura 5 - Modelo de Tira "T"	9
Figura 6 - Curva da Banheira.....	11
Figura 7 - Representação da Linha de Produção.....	27
Figura 8 - Gráfico de Paradas por Sistema de Produção	27
Figura 9 - Gráfico de Porcentagem de Paradas por Sistema Produtivo	28
Figura 10 - Árvore representativa dos Tipos de Esforços dentro da Linha de Produção.....	29
Figura 11 - Gráfico de Porcentagem de Paradas dos Equipamentos do Sistema de Encaixotamento	29
Figura 12 - Parateto para Priorização dos Equipamentos a serem Atacados.....	30
Figura 13 - Representação das Variáveis do Fator Crítico	31
Figura 14 - Subsistemas Responsáveis por Paradas e Toques na Esteira do Transportador	31
Figura 15 - Responsáveis por Paradas no Sistema de Transmissão	32
Figura 16 - Responsáveis por Paradas no Sistema de Regulagem de Altura	32
Figura 17 - Foto de Parte do Equipamento em Estudo.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Definição do TPM de 1971	13
Tabela 2 - Definição do TPM de 1989	13
Tabela 3 - Resultados obtidos por Empresas que Implementaram o TPM.....	14
Tabela 4 - Resumo da Metodologia de Melhoria Enfocada	18
Tabela 5 - Exemplo de Modos de Defeitos de Qualidade	26

1 INTRODUÇÃO

1.1 Evolução da Manutenção

A história da manutenção acompanha o desenvolvimento técnico-industrial da humanidade. No fim do século XIX, com a mecanização das indústrias, surgiu a necessidade dos primeiros reparos. Até 1914, a manutenção tinha importância secundária e era executada pelo mesmo efetivo da operação. Durante a primeira guerra mundial somada a produção em série, instituída por Ford, as fábricas sentiram a necessidade de criar equipes que pudessem efetuar reparos nas máquinas no menor tempo possível, surgindo equipes responsáveis pelo tipo de manutenção que é conhecida hoje como **manutenção corretiva**.

Na segunda guerra mundial as fábricas perceberam que poderiam aumentar sua produtividade se conseguissem diminuir a frequência de quebra dos equipamentos com o conceito de **vida útil**, base do que chamamos hoje de **manutenção preventiva**.

O fortalecimento das Associações Nacionais de Manutenção e o aumento da tecnologia dos equipamentos de medição alimentaram a idéia de detectar possíveis sintomas que representassem uma futura falha, dando início ao conceito de **manutenção preditiva**.

No **TPM** acredita-se que sucesso da manutenção depende da produção e o sucesso da produção depende da manutenção. Com isso a manutenção pode ser separada em dois tipos básicos: **Manutenção Autônoma** e **Manutenção Progressiva**.

A manutenção autônoma é a manutenção realizada diariamente pelos próprios operadores das máquinas. A função da manutenção autônoma é manter as condições básicas do equipamento, com isso o processo de deterioração do equipamento será reduzido. Através das atividades de limpeza e inspeção os operadores passarão a conhecer mais sobre seus equipamentos até se transformarem em sensores humanos. Essa responsabilidade é transferida para os operadores, pois se acredita que ninguém conhece melhor o funcionamento do equipamento que os próprios operadores que

estão diariamente em contato com o mesmo. Assim qualquer variação do funcionamento do equipamento será detectada por esses sensores humanos, e conforme o nível de conhecimento técnico necessário para a resolução da anormalidade o problema poderá ser resolvido pela autônoma, ou em caso de um nível mais elevado o problema será transferido para a manutenção progressiva.

A manutenção progressiva é a responsável pelo planejamento da manutenção, execução da manutenção programada, desenvolvimento de novas técnicas, execução de inspeções preventivas, atuação sobre as falhas maiores bem como estudo de causa das mesmas e por fim treinamento e suporte para a manutenção autônoma.

O TPM não é apenas a integração da manutenção com a produção, mas sim uma estratégia empresarial que age diretamente sobre a cultura da empresa.

A evolução histórica da manutenção pode ser resumida em quatro estágios:

- Execução sem planejamento e sem controle (período de 1914 a 1930)
- Execução com planejamento e sem controle (período de 1930 a 1950)
- Execução com planejamento e com controle (a partir de 1950)
- Execução de parte da manutenção pelos operadores (a partir de 1971)

Esses estágios evolutivos se caracterizam pela redução de custos, aumento da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos.

1.2 Objetivo do Trabalho

O objetivo deste trabalho é mostrar que é possível aumentar a produtividade global de uma indústria através de uma estratégia que concilia a manutenção com produção.

A esta forma de gestão da produtividade foi dado o nome de Manutenção da Produtividade Total (TPM), aonde os pioneiros japoneses das empresas do grupo Toyota vieram a aumentar a produtividade em cinquenta por cento.

Hoje o TPM, que se transformou de uma estratégia que abrangia o departamento da produção para uma estratégia que atinge todos os departamentos das empresas, faz parte do cotidiano das grandes companhias e vem se destacando como

um grande diferencial competitivo. Mas até chegar ao TPM é muito importante avaliar a evolução da manutenção e conhecer as diferentes práticas de manutenção existentes, bem como saber quando utilizar cada uma delas.

2 PRÁTICAS BÁSICAS DE MANUTENÇÃO

2.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é considerada a primeira forma de manutenção existente. Esta surgiu da necessidade de colocar as máquinas para funcionar, assim que ocorresse uma quebra. Portanto, podemos dizer que esta veio acompanhando a revolução industrial. Mas o grande destaque se dá no início da produção em série, o fordismo. Pois, a quebra de uma máquina poderia afetar o desempenho de todas as outras, ou até mesmo, parar a produção da fábrica. Para evitar estas paradas de produção existia a necessidade que estas industrias possuíssem um grande inventário de componentes e peças dos equipamentos, com a finalidade de reduzir o tempo para o conserto.

A figura abaixo ilustra a forma da curva de degeneração para uma atividade de manutenção corretiva.

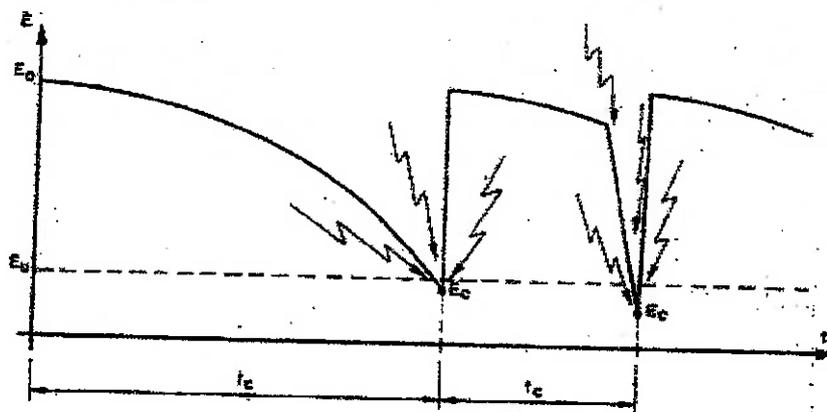


Figura 1 - Manutenção Corretiva na Curva de Degeneração⁵

Sendo:

$E(t)$ - Curva de Degeneração

E_0 - Condição Inicial da Peça

E_a - Nível de Degeneração para Ocorrer Falha (Dentro de uma Confiabilidade Estabelecida)

A figura acima mostra que os componentes tendem a degenerar ao longo do tempo levando a falha após um nível médio de degeneração. Como se trata de um nível médio existe uma confiabilidade envolvida no tempo estimado para a falha.

O nível de degeneração é definido como o nível máximo de anormalidade tolerado para o equipamento. Isto significa que não é necessário que exista uma quebra ou parada para que a manutenção seja realizada, mas sim ao perceber que o equipamento está funcionando abaixo deste nível o equipamento deverá ser reparado.

O segundo período de manutenção representa a aceleração na degeneração do equipamento, reduzindo assim o tempo útil do equipamento. Muitas vezes este fenômeno ocorre pelo não estabelecimento das condições básicas do equipamento, como por exemplo, limpeza, lubrificação e ajustes inadequados.

Não devemos considerar a manutenção corretiva como uma forma incorreta de manutenção. Devemos lembrar que a manutenção tem um preço, por isso não devemos deixar de realizar um estudo de viabilidade econômica antes de decidir a forma de manutenção a ser utilizada. Além disso, existem muitos componentes onde é impossível determinar o momento em que se deve fazer a manutenção, pois estes se comportam sempre como se fossem novos.

2.2 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva consiste em uma metodologia na resolução da manutenção planejada, de forma a agir sobre os componentes do equipamento que estão com a vida útil comprometida. A manutenção preventiva considera que a necessidade de manutenção é resultado de uma curva em função do tempo, ou seja, em períodos de manutenção conhecidos os componentes do equipamento deverão receber algum tipo de manutenção, sejam pequenos ajustes, lubrificação e até a substituição de determinados componentes. Como podemos ver, este tipo de manutenção ignora os sintomas dos equipamentos, o que reduz a eficiência desse sistema, pois permite que o equipamento, muitas vezes, funcione fora das condições

TORNO: 142-5.OM.03.TM142 Periodicidade NA-S Base 18-FRIT25	TORNO: 142 INSTRUÇÕES DE MANUTENÇÃO
Código de Material: Fabricante: Localização: N° Série: Motor: Fabricante: Tensão: Potência: Rotação: Dimensões: Peso: Mancais: Escovas: Redutor: Transmissão: Cano Superior: Cano Longitudinal: Avertal:	Desacoplar motor. Verificar transmissão, Retirar cabeçote móvel e limpar. Desmontar cano superior e verificar folgas. Verificar roscas das braçadeiras. Desmontar caixa de câmbio e verificar folgas dos eixos e engrenagens. Desmontar cabeçote fixo, verificar folgas nos mancais e nas árvores. Fazer limpeza de todas as peças e lubrificar motor elétrico.

Figura 5 - Modelo de Tira "T"⁵

O uso desse painel facilita a reprogramação da manutenção no mesmo ano, bastando trocar a posição da tira de uma coluna para outra. Também é mais prático que outros métodos manuais, por dispensar outras referências, pois alguns dados necessários à manutenção podem ser escritos na frente e no verso da tira, como no modelo ilustrado anteriormente. Entretanto, esse cartão não dispensa o uso de folha de registro de dados ou de variação de especificação de origem, particularmente no caso de se desejar, a médio e longo prazo implementar o controle preditivo de manutenção.

2.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva tem como objetivo determinar o melhor momento para realização das atividades de manutenção.

Para isso podem ser utilizadas duas ferramentas, a análise estatística e a análise de sintomas.

A análise estatística é interessante quando existe uma quantidade razoável de equipamentos com as mesmas características. Já a análise por sintomas é interessante quando existe uma grande diversidade entre os equipamentos existentes.

Análise Estatística

Este tipo de análise está diretamente relacionada à engenharia de confiabilidade, cuja base foi extraída do curso de Pós-graduação lecionado pelo Professor Dr. Gilberto Francisco Martha de Souza. Portanto, alguma das informações descritas abaixo foram extraídas e interpretadas da apostila do curso de Análise de Confiabilidade Aplicada ao Projeto de Sistemas Mecânicos.

Segundo o "US Military Handbook (1970)" confiabilidade é a probabilidade de um item executar a sua função sob condições pré-definidas de uso e manutenção por um período de tempo específico.

A definição acima é extremamente importante, pois mostra que a curva da banheira que será mostrada adiante é válida para condições específicas de funcionamento do equipamento. Portanto, a curva da banheira para um mesmo equipamento que não recebeu manutenção adequada difere da curva da banheira com o equipamento funcionando dentro das condições ideais, ou condições de projeto.

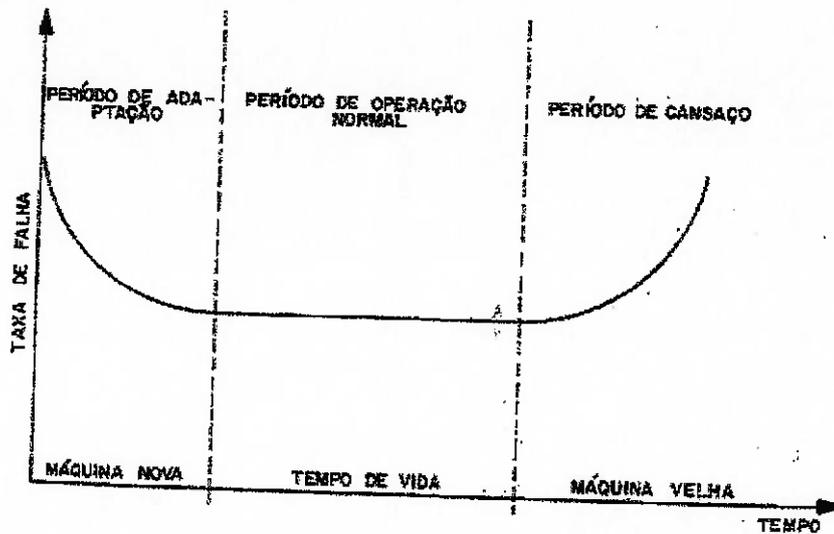


Figura 6 - Curva da Banheira⁵

A curva da banheira apresentada acima possui três partes bem definidas, sendo a primeira a região de falha precoce, a segunda a região de falha aleatória e a terceira a região de falha por desgaste.

A primeira parte, ou região de falha precoce esta relacionada com problemas de fabricação, que em caso de montagem estão associadas a algum erro humano do montador. Isto indica que uma manutenção incorreta pode levar a este tipo de falha.

A segunda parte, ou região de falha aleatória, que representa o período preferencial para operação e consequência de fenômenos inevitáveis e inesperados.

A terceira parte, representa um aumento da probabilidade falha que é ocasionado pelo desgaste do equipamento. Este aumento da taxa de falha fundamenta o critério de quando as peças devem ser substituídas associando este período a vida útil do produto ou sistema.

A curva da banheira acima representa a curva típica para componentes mecânicos. A curva para componentes eletrônicos não apresenta a terceira parte da figura acima.

Análise de Sintomas

A análise de sintomas pode ser obtida através do estudo de informações do passado. Para fazer o estudo destas informações podemos utilizar algumas ferramentas da Engenharia de confiabilidade como FMEA e árvore de falhas.

Os sintomas de uma futura falha podem ser identificados através do monitoramento do equipamento, que pode ser realizado através de equipamentos específicos. Exemplo destes equipamentos são sistemas de detecção e análise de ruídos, sistemas de detecção e análise de vibrações e equipamentos de monitoramento de temperatura.

Este monitoramento dentro do TPM muitas vezes é realizado pela manutenção autônoma, pois os operadores através de treinamento e atividades de inspeção diárias são transformados em sensores-humanos.

3 MANUTENÇÃO DA PRODUTIVIDADE TOTAL

Da mesma forma que a manutenção evoluiu ao longo do tempo o TPM também vem evoluindo. A primeira versão do TPM implementado pela Nippondenso em 1971 visava o aumento da produtividade do departamento de produção. Hoje, com a definição estabelecida em 1989 o TPM tem como objetivo aumentar a produtividade de toda a empresa, e não somente do departamento de produção.

As tabelas abaixo definem a primeira versão do TPM e a segunda respectivamente.

Tabela 1 - Definição do TPM de 1971¹

1. O TPM objetiva maximizar a eficiência dos equipamentos.
2. O TPM visa estabelecer manutenção produtiva para toda vida do equipamento.
3. O TPM esta presente em todos os setores associados ao equipamento, como planejamento, produção e manutenção.
4. No TPM todos devem participar, englobando a mais alta direção até os operadores das máquinas.
5. O TPM visa motivação de todos através de atividades em times

Tabela 2 - Definição do TPM de 1989¹

1. O TPM visa criar uma corporação que maximize a eficiência dos sistemas produtivos.
2. O TPM visa prevenir a ocorrência de todas as perdas de forma a alcançar zero defeitos, zero acidentes e zero falhas.
3. O TPM deve envolver todos os departamentos.
4. No TPM todos devem participar, englobando a mais alta direção aos menores cargos hierárquicos.
5. O TPM deve atingir o zero perdas através das atividades dos times

A disseminação do TPM é justificada pela tabela abaixo que mostra alguns resultados obtidos pelas empresas que foram premiadas pela implementação do TPM com sucesso. Os resultados são avaliados através de seis variáveis. Produtividade (P), Qualidade (Q), Custo (C), Entrega (D), Segurança (S) e Moral (M).

Tabela 3 - Resultados obtidos por Empresas que Implementaram o TPM¹

<p>P: Aumento do valor agregado em 150% Redução 1/50 o número de paradas acidentais das máquinas Aumento da eficiência global em 150%</p>
<p>Q: Redução de 1/10 no índice de produtos defeituosos Redução de 1/3 no índice de refugos Redução de 1/2 no índice de reclamações dos clientes</p>
<p>C: Redução do número de estágios do processo e 30% Redução dos custos de manutenção em 15% Economia de energia de 30%</p>
<p>D: Redução do Inventário de produtos e de processo em 50%</p>
<p>S: Falta de funcionários acidentados iguais a zero Zero incidentes de poluição</p>
<p>M: Aumento no número de sugestões para melhorias em 300%</p>

3.1 Maximização da Eficiência da Produção

A estratégia de maximização do rendimento de uma indústria de processo contínuo visa o aumento da eficiência global, ao invés de se focar no rendimento de componentes individuais. Esta estratégia é justificada pelo fato deste tipo de indústria utilizar equipamentos de elevada complexidade e grandes dimensões (trocadores de calor, compressores, turbinas, etc.).

A eficiência de uma indústria de processo pode ser aumentada através da eliminação das perdas associadas a cada saída ("output"). Muitas destas perdas

podem ser eliminadas com uma política de manutenção e produção adequada. Mais que isso, poderia chamar essa política de *Manutenção e Produção Simultânea*. A idéia consiste em unir a produção com a manutenção, com isto os responsáveis pela manutenção estarão conscientes sobre a importância da produção e assumirão parte da responsabilidade pelo desempenho desta. E os responsáveis pela produção estarão conscientes sobre a importância da manutenção e serão responsáveis por parte da manutenção. Com esta medida podemos eliminar grandes perdas, ganhando em produtividade, qualidade, custo, confiabilidade, segurança, ambiente e moral.

Para aumentar a performance global de uma industria devemos reduzir os oito tipos básicos de perdas:

1. Finalização da Produção
2. Ajuste da Produção
3. Falha de Equipamentos
4. Falha de Processo
5. Perda "Normal" de Produção
6. Perda "Anormal" de Produção
7. Defeitos de Qualidade
8. Retrabalho

Finalização da Produção:

As industria de processo contínuo param entre uma a duas vezes por ano para execução da manutenção planejada. As perdas envolvidas estão associadas a cada início de produção, pois devido ao tamanho e complexidade dos equipamentos estes necessitam de um tempo mínimo para atingir o regime permanente. Conseqüentemente, enquanto o regime permanente não for atingido, basicamente toda produção é perdida. Por isso é fundamental a realização de um bom planejamento de manutenção de forma a minimizar o número de paradas.

Ajuste da Produção:

É o tempo perdido quando há mudanças na oferta e na demanda que reflete em mudanças dos planos de produção.

Falha de Equipamentos:

A parada de produção de uma planta ou de uma célula de produção gerada pela perda das funções características de um equipamento, ou até mesmo devido uma quebra, constitui uma falha de equipamento.

Falha de Processo:

A falha de processo ocorre quando a planta ou uma célula de produção para devido a problemas não relacionados ao equipamento, mas sim por falhas do processo. Como exemplo podemos citar: matéria-prima, fórmula incorreta, etc.

Perda "Normal" de Produção:

São perdas existentes durante o início da produção ("start-up"), finalização ("shutdown") ou Mudança de Produto ("changeover").

As perdas são ocasionadas devido ao tempo mínimo necessário para se iniciar a produção, período de aquecimento ("warmup"); e também, devido ao tempo mínimo de finalização da produção, período de "resfriamento" ("cooldown").

Perda "Anormal" de Produção:

É a perda gerada pelo funcionamento inadequado do equipamento ou anormalidades que interferem na performance.

Defeitos de Qualidade:

Representa a perda física gerada por produtos rejeitados, o tempo perdido na produção destes e a perda financeira devido a degradação do produto.

Os defeitos de qualidade podem estar diretamente relacionados a manutenção inadequada, ajustes incorretos, fontes de contaminação, etc.

Re-trabalho:

Todo material que precisa ser re-processado para se tornar aceitável constitui perda por re-trabalho. Deve ficar claro que re-processando o material estamos diminuindo a perda de matéria. Mas ao mesmo tempo, estamos consumindo energia extra, esforço extra, recursos extras, etc.

3.2 Melhoria Enfocada

Descrevemos anteriormente, que para aumentarmos a eficiência global de uma indústria é necessário eliminar as conhecidas oito principais perdas. Muitas destas perdas são eliminadas através do estabelecimento das condições normais dos equipamentos (manutenção autônoma), pequenas melhorias (kaizens) e planos de manutenção adequados. Porém, existem problemas de maior complexidade que não são resolvidos pelas atividades destes pequenos times. Para esses tipos de problemas são montadas equipes interdepartamentais com o intuito de aplicar a Metodologia de Melhoria Enfocada para que as perdas associadas ao fenômeno em estudo sejam eliminadas.

A metodologia de melhoria enfocada está resumida pela tabela da página seguinte.

Tabela 4 - Resumo da Metodologia de Melhoria Enfocada¹

Passo 0: Definir a ponto a ser atacado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selecionar e registrar um tópico 2. Montar um time multidisciplinar 3. Planejar as atividades
Passo 1: Entender o problema	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar os gargalos 2. Medir os defeitos, falhas e perdas 3. Através de uma linha de base (“baseline”) defina o resultado que deve ser alcançado (“target”)
Passo 2: Expor todas anormalidades	<ol style="list-style-type: none"> 1. Liste todas anormalidades 2. Restaure o equipamento da deterioração e corrija as falhas menores 3. Estabeleça as condições básicas do equipamento
Passo 3: Analisar as causas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estratifique e analise as perdas 2. Utilize técnicas de análise (Apêndice) 3. Utilize tecnologias específicas, faça protótipos e conduza os experimentos
Passo 4: Propor Melhoria	<ol style="list-style-type: none"> 1. Esboce propostas de melhorias 2. Compare o custo-benefício das melhorias
Passo 5: Implementar Melhoria	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prossiga com o plano da melhoria 2. Faça testes iniciais (antes da implementação) 3. Supervisione e forneça instruções sobre o equipamento com as melhorias
Passo 6: Acompanhar Resultados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Avalie os resultados 2. Verifique se a meta foi atingida.

	Senão foi volte ao passo 3
Passo 7: Consolidar Resultados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estabeleça padrões de controle para sustentar os resultados 2. Disponibilize procedimentos e manuais 3. Comunique a manutenção progressiva sobre as mudanças

Deve ficar claro que a Melhoria Enfocada se diferencia do “Kaizen” (melhoria da manutenção autônoma), pelo fato daquela envolver equipes multidisciplinares e uma metodologia bem definida. O “Kaizen” está associado a problemas simples que podem ser resolvidas pela autônoma através de pequenas melhorias nos equipamentos.

3.3 Manutenção Autônoma

A função do departamento de produção é produzir produtos com qualidade o mais rápido e barato possível. Um fator importante para a obtenção destes resultados é lidar com as anormalidades dos equipamentos o mais rápido possível. As atividades de manutenção autônoma são as atividades de manutenção executadas pelo departamento de produção, ou seja, pelos próprios operadores.

Abaixo são citadas as principais tarefas executadas pelos responsáveis pela manutenção autônoma:

1. Operação correta e inspeção diária dos equipamentos para diminuir o processo de deterioração sobre os mesmos
2. Restaurar os equipamentos trazendo-os para o *estado ideal* de funcionamento.
3. Estabelecer as condições básicas de funcionamento, ou seja, limpeza, lubrificação e condições de funcionamento adequadas.

Estabelecendo as Condições Básicas

A maioria das falhas dos equipamentos é causada pela deterioração do equipamento, portanto a melhor forma de reduzir falhas é evitando a deterioração dos equipamentos. Isso deve ser feito através da limpeza, lubrificação e ajustes adequados tanto da máquina como dos componentes (aperto de parafusos, ajuste de correias, etc.) do equipamento.

Limpar consiste em remover qualquer forma de sujeira como óleo, graxa em excesso, ou qualquer outra fonte de contaminação que possa esconder possíveis defeitos ou até mesmo ocasionar incidentes de qualidade. Exemplo de defeito de qualidade gerado por fonte de contaminação seria embalagens manchadas de graxa ou óleo. A sujeira também contribui para o aumento do atrito entre partes móveis de forma a acelerar o desgaste e a deterioração das peças (no caso de produtos químicos abrasivos ou oxidantes). Além disso, a sujeira pode reduzir a precisão dos equipamentos como sensores, sistema de controles, etc.

Abaixo citamos as atividades de limpeza relacionadas a manutenção autônoma:

1. Limpar o equipamento regularmente como parte do trabalho diário
2. Limpeza profunda, ou seja, remover toda camada de sujeira gerada ao longo dos anos
3. Abrir todas as tampas, protetores de corrente e correia, entre outras partes que dificultam a limpeza e escondem a sujeira
4. Agir, também, sobre os equipamentos anexados como painéis de controle, tanques de lubrificantes, compressores, linhas pneumáticas, etc.
5. Identifique as frequências e as fontes de contaminação

Praticar limpeza como forma de inspeção não é uma tarefa fácil, para isso é necessário conscientizar todos os operadores sobre a importância da mesma. A melhor forma de evitar as *paradas menores* e outras anormalidades é constituir na mente dos operadores uma imagem do equipamento funcionando nas condições adequadas.

Abaixo citamos algumas técnicas e formas de inspeção:

1. Procurar tanto por defeitos visíveis como defeitos não visíveis. Exemplos são: superaquecimento, vibrações, etc.
2. Inspeccionar o alinhamento das polias, desgaste das correias, filtros e limpeza de correias que contribuem para a queda de rendimento do equipamento.
3. Identifique todos os pontos de difícil limpeza e inspeção, bem como pontos de difícil manutenção (ex: pontos de lubrificação mal posicionados)
4. Garanta que o equipamento está funcionando dentro das condições de processo adequadas (ex: pressão do ar, velocidade do equipamento, temperatura de funcionamento, taxa de resfriamento, etc.).
5. Identificar os vazamentos de produto, vapor, água, óleo, entre outros.
6. Procure, também, por corrosão, fatores microbiológicos no caso de tanques, dutos e válvulas parcialmente entupidas.

A implementação da manutenção autônoma é dividida em 7 passos, sendo os passos 1 a 3 (fase 1) os responsáveis pelo estabelecimento das condições básicas do equipamento de forma a eliminar um ambiente que ocasiona deterioração acelerada dos equipamentos. Já os passos 4 e 5 (fase 2) são as etapas responsáveis pela eliminação das falhas remanescentes, ou falhas crônicas, através do aumento do conhecimento técnico dos operadores e com técnicas eficientes de ajustes e “set up”. Os passos 6 e 7 (fase 3), são as etapas responsáveis pela padronização e reaplicação da manutenção autônoma em outras áreas.

A tabela exibida no Anexo ilustra a experiência de algumas empresas japonesas como Ajinomoto Foods, Onoda Cement, Nishi Nippon Seitô e Nissan Petrochemical na implementação da manutenção autônoma.

Passo 1:

O passo 1 é conhecido como a etapa de limpeza, ou seja, os operadores passam a ser responsáveis pela limpeza de todo o equipamento. Inicialmente esta

limpeza é intuitiva e o tempo despendido é muito elevado. Mas o objetivo desta etapa é aumentar o contato com o equipamento e fazer com que os operadores intuitivamente conheçam mais sobre funcionamento do mesmo. Além disso, essa etapa tem como missão conscientizar os operadores sobre a importância da limpeza e como esta pode afetar no desempenho dos equipamentos. É esperado que no final desta etapa os operadores tenham eliminado grande parte da sujeira acumulada pelos anos de trabalho expondo as anormalidades escondidas pela mesma. Além disso, os operados deverão iniciar o desenvolvimento das LUPs, lição de 1 ponto, que são folhas explicativas de como fazer a manutenção correta de componentes específicos do equipamento.

Os operadores deverão ser capazes, também, de identificar pequenas falhas, cabíveis ao conhecimento adquirido até o momento, e colocar etiquetas nos pontos onde estas existem de forma a mostrar que naquele ponto existe um defeito.

No passo 1 é fundamental que os operadores recebam treinamento sobre segurança e usem todos o Equipamentos de Proteção Individual Necessários, pois estes estarão lidando com partes girantes, componentes energizados, etc.

Ver anexo para visualizar exemplos de LUPs e Etiquetas de defeitos.

Passo 2:

O passo 2 é o responsável pela eliminação das áreas de difícil acesso e fontes de contaminação. Como foi dito anteriormente, o tempo de limpeza gasto no passo 1 é muito elevado, portanto nada mais sensato que eliminar as fontes de contaminação, que são os responsáveis pelo acúmulo de sujeira e aceleração do processo de degradação do equipamento. O tempo de limpeza também deverá ser reduzido através da eliminação das regiões de difícil acesso, para isso serão realizadas melhorias pelos operadores que propiciarão a eliminação das mesmas. Estes já terão em mente os principais pontos de difícil limpeza, pois já passaram por uma longa e difícil etapa de limpeza no passo 1.

Passo 3:

No passo 3 deve ser introduzido o Plano de Limpeza Inspeção e Lubrificação (LIL), que não é nada mais que um plano de manutenção preventiva customizado aos conceitos da manutenção autônoma. Neste plano deverão ser colocadas as partes a serem inspecionadas, o padrão de inspeção, as ferramentas que devem ser utilizadas, qual ação deve ser tomada caso haja alguma anormalidade, o tempo necessário, a frequência na realização das atividades e o responsável pela atividade. É importante que as LUPs existentes estejam listadas neste plano de manutenção de forma a instruir como realizar a atividade para cada ponto de inspeção listado no plano LIL.

O passo 3 caracteriza-se também pela consolidação da fase 1, desta forma devemos garantir que a execução da atividade de manutenção faça parte da rotina de trabalho diário dos operadores. Além disso, é importante que o tempo inicial de limpeza seja reduzido em 80% com a completa eliminação das fontes de contaminação, áreas de difícil acesso e com a monitoração do plano LIL, de forma a determinar a frequência ideal para a realização de cada atividade (reduzir a frequência das atividades do LIL). Assim estaremos reduzindo os esforços necessários nestas atividades e disponibilizando recursos para as próximas atividades da Manutenção autônoma.

Com o intuito de facilitar o processo de inspeção, cabe ao passo 3 a introdução de controles visuais. Estes devem indicar as faixas de trabalho dos equipamentos, os pontos a serem inspecionados e os lubrificantes a serem inspecionados.

O anexo ilustra um exemplo de plano LIL bem como a utilização de controles visuais.

Passo 4:

No passo 4 é fundamental que o plano LIL esteja consolidado de forma a garantir a consistência do estabelecimento das condições básicas alcançados na fase 1.

Essa etapa da fase 1 tem como intuito treinar os operadores com relação aos elementos de máquina, transmissão, pneumática, hidráulica, elétrica e controle, de forma a eliminar as anormalidades de maior grau de complexidade que remaneceram.

Este treinamento deve ser um treinamento básico, pois não podemos esquecer que existe um segundo ramo da manutenção dentro do TPM, manutenção progressiva, que é a responsável pela instrumentação, planejamento, e solução de problemas que exigem um elevado nível de conhecimento.

Passo 5:

O passo 5 é um passo muito semelhante ao passo 4, onde o foco é o conhecimento do processo. Para isso o operador deverá receber treinamentos e determinar os ajustes ideais para o equipamento, desenvolver técnicas de “set up” rápido, e conhecer a influencia do ajuste do equipamento sobre a qualidade final do equipamento.

Os controles visuais nesta etapa deverão ser consolidados de forma a facilitar as atividades de inspeção, acelerar o processo de “set up” marcando as posições corretas de ajuste e transmitir informações sobre segurança e regras que devem tomadas na execução das atividades de manutenção.

Com a finalização do passo 5 estaremos concluindo a fase 2, para isto é importante que todas as listas de checagem estejam consolidadas, bem como os currículos dos operadores.

Passo 6:

O passo 6 é o responsável pelo gerenciamento da qualidade, nesta etapa deve ser eliminados todos os problemas referentes a qualidade de forma a atingir o zero defeitos. Na fase 2 (passos 4 e 5) foi alcançado as condições ótimas do equipamento, o passo 6 portanto é o responsável pelos toques finais no sistema de manutenção autônoma.

A eliminação dos problemas com qualidade serão realizadas com a padronização dos itens de controle, com a preparação de fluxogramas e manuais de qualidade.

Passo 7:

O passo 7 é o responsável pela melhoria contínua do desempenho global da planta através da expansão das áreas atingidas pelo TPM. Com isso, deverão ser realizadas atividades de TPM diretamente com os fornecedores, minimizando assim os fatores externos que prejudicam o desempenho global da planta.

O passo 7 é, também, o responsável pela finalização de toda documentação e avaliação dos resultados alcançados pela implementação dessa estratégia.

3.4 Manutenção Progressiva

A Manutenção Progressiva é a responsável pelo planejamento da manutenção, portanto utiliza as diferentes abordagens de manutenção (preditiva, preventiva, corretiva, etc.), estudadas anteriormente, para atingir suas metas. A grande diferença está no trabalho junto da produção, que vai desde a distribuição de tarefas entre a autônoma e a progressiva até os treinamentos que são preparados pela progressiva para a autônoma. Desta forma, deve existir uma forte comunicação é sincronismo entre as duas para que não haja falhas devido a manutenção inadequada.

Para garantir este sincronismo é extremamente importante que a manutenção progressiva participe das revisões dos planos LIL e dos procedimentos de manutenção. Além disso, a manutenção progressiva deve ter representantes nas auditorias de autônoma e acompanhar os resultados da produção.

3.5 Manutenção da Qualidade

Em indústria de processo a qualidade esta diretamente associada ao controle do processo. Portanto, para garantir a qualidade final do produto é extremamente necessário ter total controle sobre as condições de processo.

A Manutenção da Qualidade dentro da indústria de processo visa estabelecer atividades de forma de se garantir condições necessárias para produzir produtos perfeitos. Sendo assim, defeitos de qualidade podem ser eliminados através de checagens periódicas das variáveis de processo.

A tabela abaixo define possíveis modos de defeitos de qualidade.

Tabela 5 - Exemplo de Modos de Defeitos de Qualidade¹

1. Composição fora do especificado, propriedades físicas, etc.	Composição química, propriedades, impurezas
2. Contaminação	Ferrugem, pó, lascas, bactérias, etc.
3. Dispersão	Variação de cor, irregularidade dimensional, etc.
4. Defeitos visuais	Precipitação, coagulação, descoloração, etc.
5. Defeitos de embalagem	Baixo peso, selagem inadequada, etc.

4 ESTUDO DE CASO

Este estudo de caso tem como objetivo o aumento de MTBF e redução do número de intervenções realizadas pelos operadores nos equipamentos da linha de envasamento e embalagem de produtos. Abaixo temos um diagrama esquemático da linha de produção que está sendo estudada.

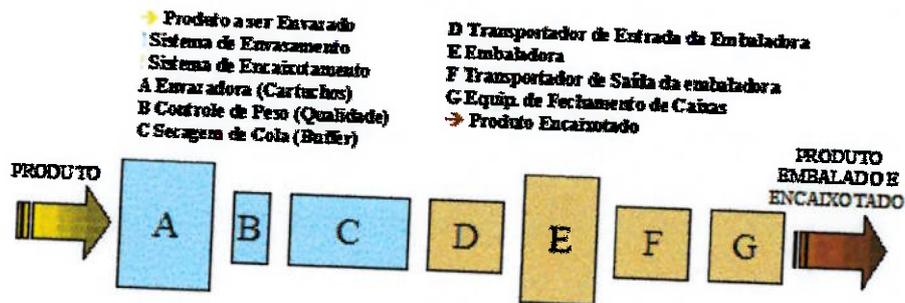


Figura 7 - Representação da Linha de Produção

Um segundo passo foi a realização da Análise de Paradas e Intervenções do equipamento com o intuito de priorizar e definir a ordem em que os planos de ação serão feitos e executados.

Os gráficos abaixo permitem visualizar a participação destes sistemas produtivos no MTBF.

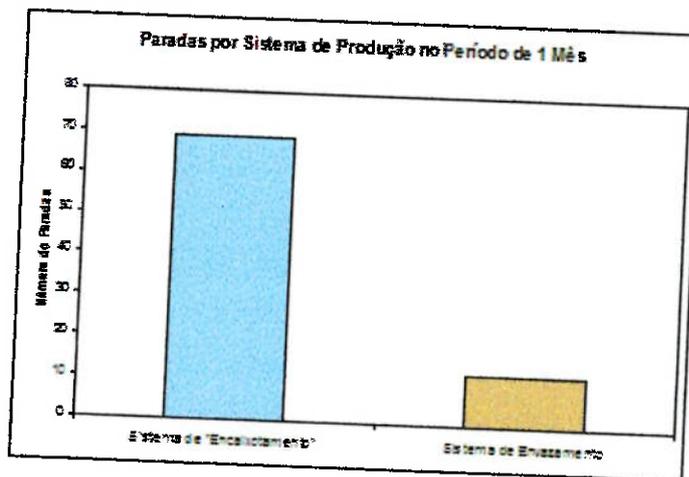


Figura 8 - Gráfico de Paradas por Sistema de Produção

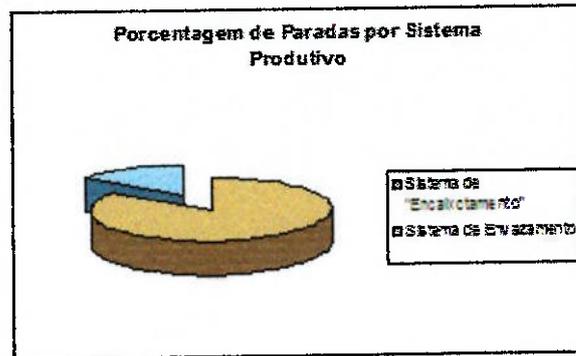


Figura 9 - Gráfico de Porcentagem de Paradas por Sistema Produtivo

Como podemos perceber o número de paradas do Sistema de “Encaixotamento” é quase 6 vezes maior que o número de paradas do Sistema de Envasamento, representando 69% do total de paradas sobre a linha de produção.

Baseando-se na Teoria das Restrições que foi exemplificada de maneira única por Eliahu M. Goldratt e Jeff Cox no livro “A Meta”, percebemos que temos um sistema gargalo de MTBF no final desta linha de produção. Portanto este dita o ritmo de todo sistema produtivo.

Com estas informações determinamos que a área foco a ser atacada seria o sistema gargalo de MTBF, ou seja, o Sistema de “Encaixotamento”.

Determinado a área foco, o próximo passo foi priorizar os equipamentos deste setor produtivo a serem atacados. Para isso foi realizada a análise de paradas com foco nos equipamentos deste sistema, porém complementado por uma análise de intervenções.

Definimos como intervenções quaisquer atividades (esforços) executados pelos operadores sobre os equipamentos. A figura abaixo mostra um diagrama dos tipos de intervenções executadas pelo operador dentro de uma indústria que utiliza o TPM.

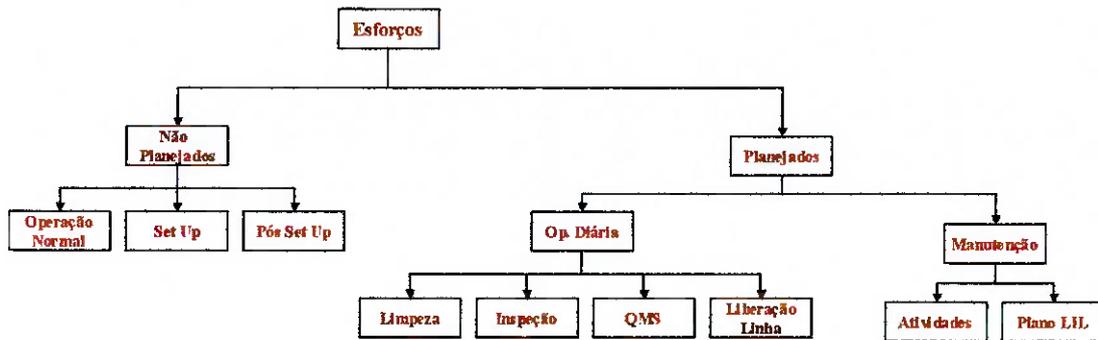


Figura 10 - Árvore representativa dos Tipos de Esforços dentro da Linha de Produção

Como podemos ver pela figura acima existem 2 grupos básicos de intervenções: planejadas e não planejadas. As intervenções não planejadas são quaisquer atividades executadas pelo operador sobre o equipamento com intuito de evitar uma parada do mesmo. As intervenções planejadas são as atividades que o operador realiza diariamente na operação do equipamento mais as atividades de manutenção.

Como podemos perceber é necessário complementar a análise de paradas com a análise de intervenções (intervenções não planejadas) para que tenhamos uma amostra real dos problemas dentro do sistema produtivo em estudo, pois em alguns equipamentos as paradas seriam muito maiores se não existisse um operador consumindo seus recursos de forma a reduzir o número de paradas do mesmo.

Os gráficos abaixo representam a problemática discutida acima.

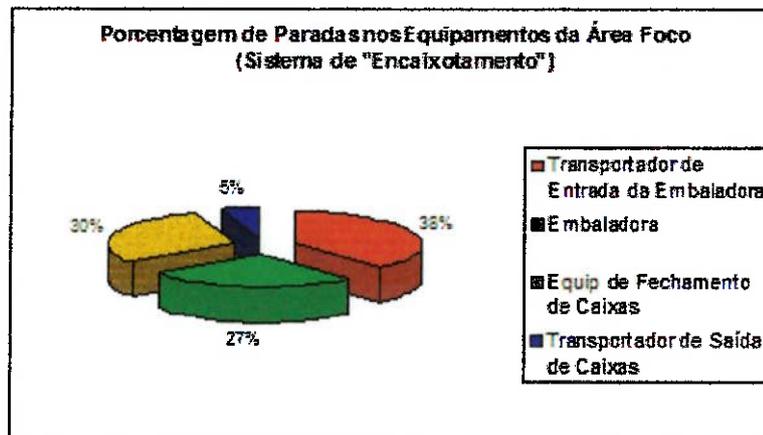


Figura 11 - Gráfico de Porcentagem de Paradas dos Equipamentos do Sistema de Encaixotamento

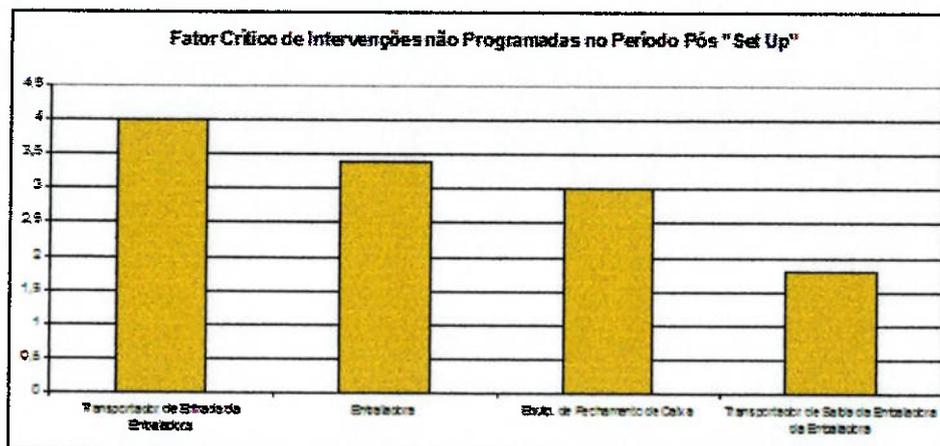


Figura 12 - Parateto para Priorização dos Equipamentos a serem Atacados

O fator crítico do gráfico acima tenta reproduzir quão problemáticos são os equipamentos em relação a variável Intervenção. Este fator crítico engloba o número médio de pessoas, tempo médio, impacto por intervenção e a frequência com que as mesmas ocorrem no equipamento. Para cada variável do fator crítico foi encontrada uma porcentagem de influência cujo objetivo é focar o fator crítico no consumo de recursos produtivos (consumo de operadores), portanto os maiores pesos foram dados a frequência de intervenções e ao número médio de pessoas por intervenção.

Já o Período Pós “Set up” do gráfico acima representa o período em que 85% das intervenções ocorrem. Este período é definido como o tempo logo após o “set up” necessário para a máquina iniciar o período de operação normal, ou seja o período necessário para encontrar a regulagem ideal do equipamento após a etapa de “set up”.

O gráfico na página a seguir ilustra o estudo das variáveis que compõe o fator crítico.

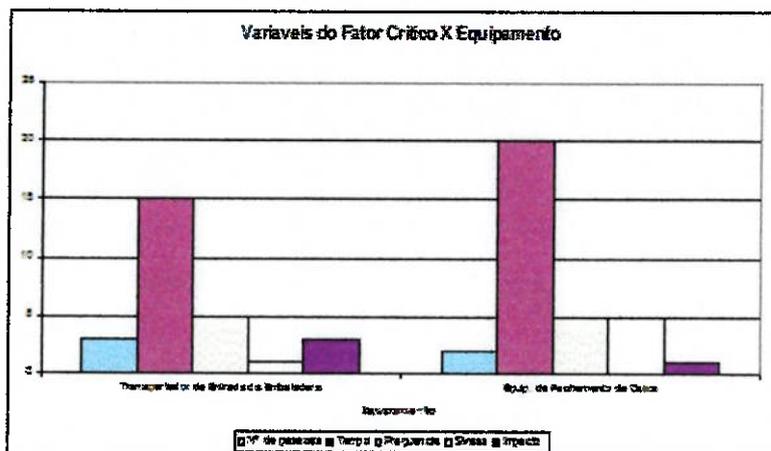


Figura 13 - Representação das Variáveis do Fator Crítico

Como resultado deste trabalho foi escolhido como equipamento a ser estudado o Transportador de Entrada da Embaladora.

4.1 Estudo do Transportador de Entrada da Embaladora

Para realizar um plano de ação eficiente foi realizada uma análise das causas das paradas e toques no equipamento estudado somado com uma análise funcional e com o FMEA do equipamento.

Os gráficos abaixo ilustram o resultado obtido através dessa análise detalhada das paradas e toques do equipamento foco.

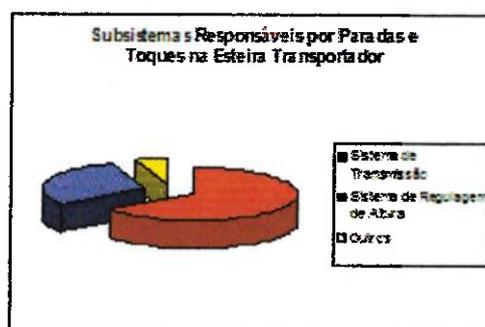


Figura 14 - Subsistemas Responsáveis por Paradas e Toques na Esteira do Transportador



Figura 15 - Responsáveis por Paradas no Sistema de Transmissão



Figura 16 - Responsáveis por Paradas no Sistema de Regulagem de Altura

Como podemos ver existem os quatro problemas básicos listados abaixo neste equipamento para o qual deveremos realizar planos de ação.

1. Falha de Projeto
2. Ajustes Inadequados
3. Problemas Gerados pelo não atendimento das Condições Básicas
4. Vida Útil dos Componentes

4.2 Planos de Ação

Projeto de um Novo Sistema de Transmissão:

O projeto do novo sistema de transmissão tem como objetivo reduzir as paradas ocasionadas devido ao escapamento e dificuldade de regulagem da corrente do sistema de transmissão nos "set ups".

Ajustes Inadequados:

Para eliminar os problemas devido aos ajustes inadequados foram tomadas as seguintes ações:

- Treinamento dos Operadores
- Criação de Procedimentos e “Check-List”

Condições Básicas:

As condições básicas estão diretamente relacionadas a deficiências ou até mesmo a ausência de Manutenção Autônoma. Para eliminar estes problemas as seguintes medidas foram tomadas:

- Criação do Plano de Limpeza, Lubrificação e Inspeção (Plano LIL)
- Inspeção durante operação (Visual, Barulho ou Ruídos, Vibração)
- Utilização de Etiquetas de Defeito
- Revisão do Plano LIL junto a progressiva para validar se este atende a Análise Funcional e o FMEA

Vida Útil dos Componentes:

Para reduzir os problemas relacionados à Manutenção Progressiva do TPM foram tomadas as medidas abaixo

- Seleção da Forma Adequada de Manutenção: Corretiva, Preventiva, ou Preditiva.
- Criação de uma Rota de Inspeção
- Integração da Manutenção Autônoma com a Progressiva através das Etiquetas de Defeitos.
- Utilização das Ferramentas de Análise Funcional e FMEA como base para determinação da forma de manutenção e na priorização dos equipamentos ou componentes chave.

Antes de detalhar os planos de ação tomados para cada um dos quatro problemas identificados vamos apresentar a Análise Funcional e o FMEA que foi realizado.

4.3 Análise Funcional do Equipamento em Estudo

A análise funcional tem como objetivo descrever as atividades encarregadas ao equipamento de forma a traduzir a estrutura física do equipamento em estudo em palavras. Existem diversas maneiras conhecidas de se estruturar a análise funcional. Sabendo que o resultado da análise é único, ou seja, todas possuem o mesmo objetivo que foi descrito inicialmente, escolhemos a forma mais simples que atende a nossas necessidades. A forma escolhida foi a Análise Sequência de Funções.

Antes de detalharmos esta análise precisamos entender o funcionamento do equipamento abaixo.

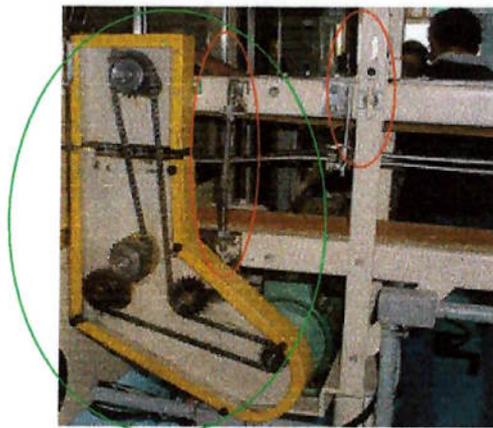


Figura 17 - Foto de Parte do Equipamento em Estudo

Como foi ilustrado no diagrama esquemático da linha de produção, primeira figura deste estudo de caso, este equipamento tem a finalidade de enviar os cartuchos recebidos pelo Sistema de Secagem de Cola para a Embaladora. Como podemos ver este equipamento é constituído por uma esteira superior, pelo sistema de transmissão (circulo em verde) que tem a finalidade de transmitir energia mecânica e sincronizar

as esteiras inferior e superior e pelo sistema de regulagem de altura (círculos em vermelho).

Análise Seqüencial:

Esta técnica tem a grande vantagem de apresentar a maior probabilidade de nenhuma função ser esquecida. No entanto esta técnica está limitada na determinação de funções de sistemas simples, ou seja, sistemas que não possuem um grande número de funções secundárias ou integração complexa entre os componentes.

Funções primárias são as funções exercidas pelos subsistemas ou equipamentos que estão diretamente relacionados a uma atividade do equipamento, ou seja, é a principal função do componente. Já a função secundária é uma função que não está diretamente relacionada com a atividade, porém permite um aumento do valor agregado do equipamento (por exemplo o aumento de qualidade), ou seja, muitas vezes pode ser considerada um acessório.

Utilizando os conceitos discutidos acima mostramos o resultado obtido pela análise funcional do equipamento em questão.

Componente	Função	Classificação
Corpo Esteira Superior	Guiar Esteira Transportadora	Primária
	Estrutural	Secundária
	Suportar Mancais dos Roletes	Secundária
	Suportar Sistema de Transmissão	Secundária
	Suportar Sistema Regulagem de Altura	Secundária
Corpo Esteira Inferior	Guiar Esteira Transportadora	Primária
	Estrutural	Secundária
	Suportar Mancais dos Roletes	Secundária
	Suportar Sistema de Transmissão	Secundária
	Suportar Sistema Regulagem de Altura	Secundária
Sistema de Transmissão	Transmitir Rotação do Motor para Roletes	Primária
	Permitir Regulagem da Corrente (Reg. Altura)	Secundária
Motor Elétrico	Transferir Movimento para Sistema de Transmissão	Primária
Sistema de Regulagem de Altura	Permitir Regulagem da Altura do Túnel	Primária
	Estrutural	Secundária
Base de Fixação	Fixar Equipamento ao Solo	Primária
	Amortecer Vibrações	Secundária
Roletes	Transmitir Rotação do Motor para Esteiras	Primária
	Esticar Esteiras Transportadoras	Secundária
Mancais	Armazenar Rolamentos dos Roletes	Primária
Rolamentos	Garantir Mov. Rotativo dos Roletes	Primária
	Garantir Posicionamento dos Roletes	Secundária
Esteira Transportadora	Transportar Embalagens	Primária

Figura 18 - Resultado da Análise Funcional

FMEA:

O primeiro passo tomado foi à realização da identificação das possíveis **falhas funcionais**. Devemos lembrar que a falha funcional deve levar em conta o contexto operacional envolvido, por exemplo, a formação de uma poça de óleo pode ser encarada como uma falha para os encarregados pela segurança, já a engenharia consideraria como falha, se, e somente se, existisse um aumento considerável no consumo de óleo. A produção consideraria como falha se o vazamento de óleo atingisse uma de suas variáveis produtivas; ou seja, qualidade, MTBF (paradas menores), PR (paradas maiores), etc. Neste trabalho o contexto está associado a visão da produção.

Definimos como falha funcional a incapacidade de qualquer subsistema ou componente em atingir o padrão de desempenho desejado.

Utilizando a definição e o contexto da produção, apresentamos o resultado da **Análise de Falhas Funcionais**.

Função	Falha Funcional	Modo de Falha
Transferir Cartuchos a Velocidade de 60 c/min sem Paradas ou Intervenções não Planejadas	Incapaz de transp. Cartuchos	Cisalhamento do Eixo do Rolete Rolamentos Travados Correia Transp. Frouxa Corrente Solta Quebra de Rodas Dentadas Rodas Dentadas Travadas Motor Queimado Falta de Energia
	Transferência de Menos de 60 c/min	Acúmulo de Cartuchos na Saida Perda de Eficiência do Motor Sujeira no Corpo das Esteiras Correia Patinando
	Paradas ou Intervenções não Planejadas	Cartucho Tombando Excesso Acúmulo de Cartucho Correia Escapando Corrente Escapando

Figura 19 - Resultado da Análise de Falhas Funcionais

Podemos ver que este diagrama relaciona a função que deve ser executada, com as falhas funcionais. Além disso, este diagrama traz os modos de falha, ou seja, descreve a maneira pela qual um item falha em cumprir com a sua função.

As atividades de manutenção tem como objetivo eliminar ou reduzir os modos de falha atuando nas causas que levam ao processo de falha. Todas estas informações estão compiladas no diagrama do FMEA abaixo.

Falha Funcional	Modo de Falha	Causa Básica da Falha	Efeitos da Falha
Incapaz de Transportar Cartuchos	Cisalhamento do Eixo do Rolete	Travamento dos Rolamentos	Parada da Linha de Produção Impacto sobre PR e MTEF Aum. dos Custos de Produção
		Alinhamento Incorreto dos Roletes	
		Alinhamento dos Marcais	
		Término da Vida Útil	
	Rolamentos Travados	Sujeira	
		Lubrificação Inadequada	
		Término da Vida Útil	
	Correia Transportadora Frouxa	Regulagem Incorreta do Esticador	
		Parafuso do Esticador Frouxo	
		Ruptura	
	Corrente Solta	Processo de Lacemento	
		Quebra da Corrente	
		Regulagem Inadequada ("Pulando")	
	Quebra de Rodas Dentadas	Tranco Gerado no Sistema de Transmissão	
		Término da Vida Útil	
		Formação de Trinca devido a Trancos	
Rodas Dentadas Travadas	Aceleração Processo de Fadiga		
	Sujeira		
	Lubrificação Inadequada		
Motor Queimado	Término da Vida Útil		
	Quebra do Rolamento		
	Perda de Isolamento devido Humidade		
Falta de Energia	Torque Requerido Acima do Especificado		
	Fiação Comprometida		
	Rompimento/Deslig. El. De Proteção		
Transporte Menor que 60 c/min	Acúmulo de Cartuchos na Salda	Problemas Externos	Impacto sobre PR Aum. dos Custos de Produção
		Velocidade Elevada	
		Altura Muito Baixa (Cart. Enroscando)	
		Vel. Baixa da Embaladora Automática	
	Perda de Eficiência do Motor	Sujeira na Entrada da Embal. Automática	
		Lubrificação Inadequada	
		Carga Requerida Acima da Especificada	
	Correia Patinando	Fluxo de Energia Insuficiente	
		Reg. do Esticador Inadequada	
		Correia Laceda	
		Sujeira no Rolete	
		Sujeira no Corpo da Esteira	

Figura 21 - FMEA

Paradas ou Intervenções não Planejadas	Cartucho Tombando	Sujeira no Rolete	Impacto no MTBF Impacto em Qualidade Aum. das Intervenções Desgaste Acel. de Componentes Aum. dos Custos de Produção
		Correia Patinando	
		Altura muito Alta	
		Corrente Pulando (Osc. Velocidade)	
		Sujeira na Entrada da Empacotadora	
		Sujeira na Esteira	
	Excesso Acúmulo de Cartucho	Velocidade Elevada	
		Altura Muito Baixa (Cart. Enroscando)	
		Vel. Baixa da Embaladora Automática	
		Sujeira na Entrada da Embal. Automática	
	Correia Escapando	Reg. do Esticador Inadequada	
		Correia Laceda	
		Desgaste da Guia da Esteira	
		Término da Vida Útil	
	Corrente Escapando	Reg. Inadequada do Esticador da Corrente	
		Tranco do Sistema de Transmissão	
Deformação ou Desgaste da Corrente			
Lubrificação Inadequada			
Deformação ou Desgaste da Roda Dentada			
Rolamento Enroscando			
Vibração Estrutural			

Figura 20 - FMEA (Continuação)

Agora com o FMEA em mãos podemos dar continuidade aos planos de ação que foram citados anteriormente e estabelecer um plano de manutenção eficiente (plano LIL para manutenção autônoma e formas adequadas de manutenção mais rotas de inspeção para progressiva).

4.4 Detalhamento dos Planos de Ação

CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO ENTRE MA OU MP

Nesta etapa devemos lembrar que a manutenção autônoma é a manutenção realizada diariamente pelos operadores dos equipamentos, já a progressiva é a manutenção realizada pelos especialistas mecânicos, elétricos, instrumentistas sobre a supervisão do planejador da manutenção.

Fica encarregado a manutenção autônoma realizar as atividades associadas às condições básicas, como atividades de limpeza, lubrificação e reparos de defeitos menores. Portanto a autônoma esta associada às atividades que possuem uma alta frequência de ocorrência (ex. limpeza), que não demandam conhecimentos técnicos específicos (ex. aperto de parafusos), atividades de curta duração de tempo. Não podemos esquecer que a autônoma é o “sensor humano” da manutenção progressiva através das listas de defeitos.

A figura abaixo é o FMEA visto anteriormente, porém as causas básicas de falha em vermelho são as causas associadas a manutenção autônoma. Portanto, um plano LIL bem elaborado deve cobrir todas estas causas básicas de falha.

Falha Funcional	Modo de Falha	Causa Básica da Falha	Efeitos da Falha
Incapaz de Transportar Cartuchos	Cisalhamento do Eixo do Rolete	Travamento dos Rolamentos	Parada da Linha de Produção Impacto sobre PR e MTBF Aum. dos Custos de Produção
		Alinhamento Incorreto dos Roletes	
		Alinhamento dos Mancais	
		Término da Vida Útil	
	Rolamentos Travados	Sujeira	
		Lubrificação Inadequada	
		Término da Vida Útil	
	Correia Transportadora Frouxa	Regulagem Incorreta do Esticador	
		Parafuso do Esticador Frouxo	
		Ruptura	
	Corrente Solta	Processo de Lacemento	
		Quebra da Corrente	
		Regulagem Inadequada ("Pulando")	
	Quebra de Rodas Dentadas	Tranco Gerado no Sistema de Transmissão	
		Término da Vida Útil	
		Formação de Trinca devido a Trancos	
	Rodas Dentadas Travadas	Aceleração Processo de Fadiga	
		Sujeira	
Lubrificação Inadequada			
Motor Queimado	Término da Vida Útil		
	Quebra do Rolamento		
	Perda de Isolamento devido Humidade		
Falta de Energia	Torque Requerido Acima do Especificado		
	Fiação Comprometida		
	Rompimento/Deslig. El. De Proteção		
	Problemas Externos		
Transporte Menor que 60 c/min	Acúmulo de Cartuchos na Saída	Velocidade Elevada	Impacto sobre PR Aum. dos Custos de Produção
		Altura Muito Baixa (Cart. Enroscando)	
		Vel. Baixa da Embaladora Automática	
		Sujeira na Entrada da Embal. Automática	
	Perda de Eficiência do Motor	Lubrificação Inadequada	
		Carga Requerida Acima da Especificada	
		Fluxo de Energia Insuficiente	
	Correia Patinando	Reg. do Esticador Inadequada	
		Correia Laceda	
	Sujeira no Rolete		
	Sujeira no Corpo da Esteira		

Figura 23 - Distinção entre Falhas de MA e MP

Paradas ou Intervenções não Planejadas	Cartucho Tombando	Sujeira no Rolete	Impacto no MTBF Impacto em Qualidade Aum. das Intervenções Desgaste Acel. de Componentes Aum. dos Custos de Produção
		Correia Patinando	
		Altura muito Alta	
		Corrente Pulando (Osc. Velocidade)	
		Sujeira na Entrada da Empacotadora	
		Sujeira na Esteira	
	Excesso Acúmulo de Cartucho	Velocidade Elevada	
		Altura Muito Baixa (Cart. Enroscando)	
		Vel. Baixa da Embaladora Automática	
	Correia Escapando	Sujeira na Entrada da Embal. Automática	
		Reg. do Esticador Inadequada	
		Correia Laceda	
		Desgaste da Guia da Esteira	
	Corrente Escapando	Término da Vida Útil	
		Reg. Inadequada do Esticador da Corrente	
		Tranco do Sistema de Transmissão	
Deformação ou Desgaste da Corrente			
Lubrificação Inadequada			
Deformação ou Desgaste da Roda Dentada			
	Rolamento Enroscando		
	Vibração Estrutural		

Figura 22 – Distinção entre Falhas de MA e MP (Continuação)

A figura abaixo mostra um exemplo de plano LIL para o equipamento em estudo que pode ser extraído do FMEA estudado anteriormente.

TPM	Plano de Limpeza Lubrificação e Inspeção (LIL)						Resp.:		Equip.:		
	Local: Departamento de Embalagem						Código:		Data:		
Ilustrações	Checar Durante a Limpeza										
	Subsistema	Padrão	Método de Inspeção	LUP C. Visual	Ação, se Anormal	Tempo (min)	Frequência			Resp.	
							Dy	Wk	Mo	Yr	
1 Est. Superior											
1.1 Parafuso do Elicador	Verificar Aperto e Cond. Básicas	V	CV	Apertar	2	X					João (A)
1.2 Corcua	Degradação, Sujieira	V-R-T	1.2-1, 1.2-2	Usar LUP	2			X			João (A)
1.3 Rolote	Sujieira	V-R	1.3-1		2		X				João (A)
1.4 Estrutura	Sujieira	V-R-T	1.4-1		2		X				João (A)
2 Est. Inferior											
1.1 Parafuso do Elicador	Verificar Aperto e Cond. Básicas	V	CV	Apertar	2	X					Paulo (A)
1.2 Corcua	Degradação, Sujieira	V-R-T	1.2-1, 1.2-2	Usar LUP	2			X			Paulo (A)
1.3 Rolote	Sujieira	V-R	1.3-1		2		X				Paulo (A)
1.4 Estrutura	Sujieira	V-R-T	1.4-1		2		X				Paulo (A)
3 Sist. Transmissão											
3.1 Corrente	Mau Funcionamento	V-R	3.1-1	Eq. Defeito	1	X					Rubens (P)
3.2 Rodas Dentadas	Mau Funcionamento	V-R	3.1-2	Eq. Defeito	1	X					Rubens (P)
3.3 Motor	Mau Funcionamento	V-R	3.1-3	C. Supervisor	1	X					Celso (P)
Lubrificação											
	Local	Lubrificante	Método		Tempo (min)	Frequência			Resp.		
						Dy	Wk	Mo	Yr		
1.1 Sist. Transmissão	Corrente	Dopline Super #68	Lubrificada por Completo		2	X					João (A)
	Rolamentos	Graco	Três Bombadas		14	X					João (A)

V - Visão, R - Ruído, T - Tato

CV - Controle Visual

A - Autônoma, P - Progressiva

Figura 24 - Plano LIL

A manutenção progressiva deverá analisar os efeitos causados pela falha priorizando as mesmas e com isto determinar as atividades de manutenção que serão aplicadas dentro do conceito de segurança e custo-benefício. O diagrama abaixo sistematiza uma maneira lógica de priorizar as atividades de manutenção.

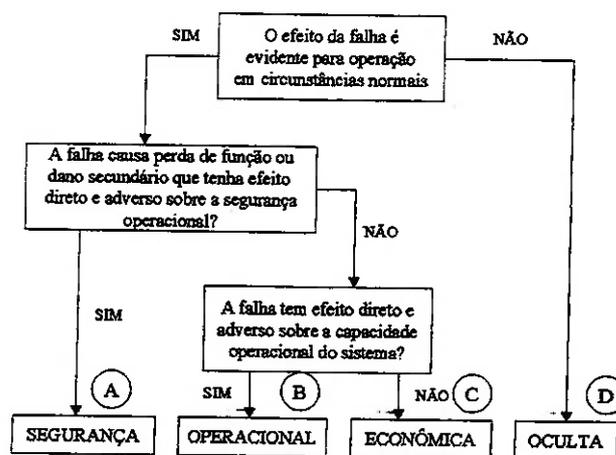


Figura 25 - Diagrama de Impacto de Falha⁸

Podemos dizer que o modo de falha tem efeito sobre a segurança quando a perda da função possa representar um risco humano ou ambiental.

Já com a priorização dos modos de falha, devemos selecionar os tipos de manutenção para cada caso. Os diagramas a seguir sistematizam a escolha do tipo de manutenção para cada caso estudado anteriormente.

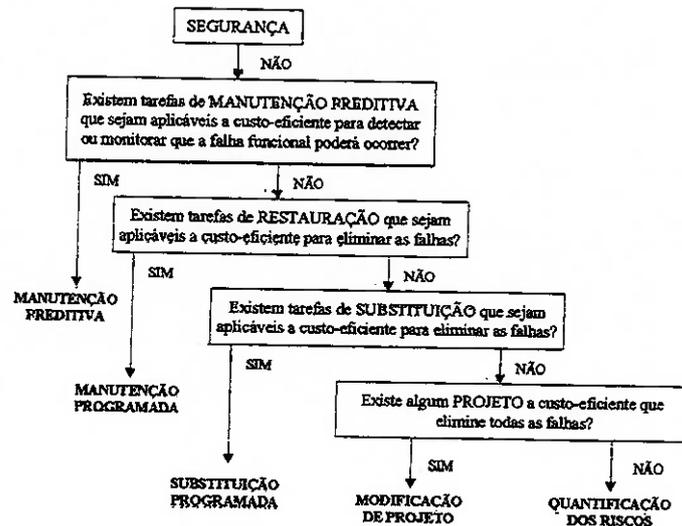


Figura 26 - Diagrama para Seleção do Tipo de Manutenção (Segurança)⁸

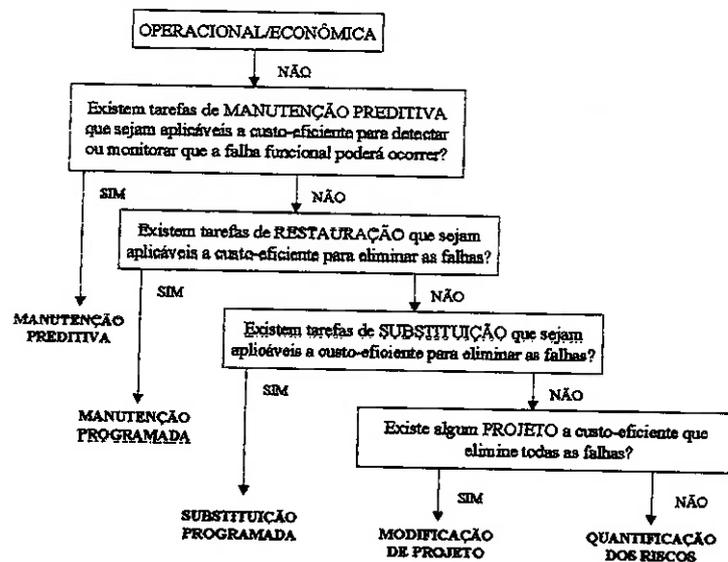


Figura 27 - Diagrama para Seleção do Tipo de Manutenção (Operacional/Econômica)⁸

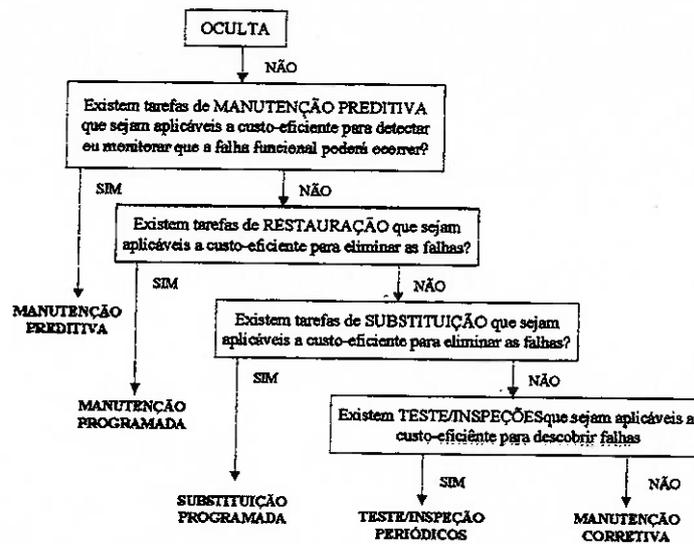


Figura 28 - Diagrama para Seleção do Tipo de Manutenção (Oculta)⁸

Agora com os critérios necessários em mãos podemos desenvolver o plano de manutenção. Um plano de manutenção eficiente para este equipamento em estudo deve englobar todos as causas básicas que não foram supridos pela manutenção autônoma.

A figura abaixo representa um plano de manutenção para o equipamento.

TPM	Plano de Manutenção Progressiva				Resp.:	Equip.:			
	Local: Departamento de Embalagem				Código:	Data:			
Ilustrações	Seguir a Rota de Inspeção								
	Subsistema	Padrão	Proc. De Manut.	Classif.	Tipo de Manut.	Tempo (min)	Frequência Estimada	Resp.	
1 Est. Superior									
1.1 Eixo do Rolete	Verificar Desgaste	P. 1.1	Operacional	Programada	60	6 Mês	Exp. Mec. (P)		
1.2 Rolete	Verificar Desgaste	P. 1.2	Operacional	Programada	45	6 Mês	Exp. Mec. (P)		
1.3 Rolamentos	Número de Ciclos	P. 1.3	Operacional	Programada	60	6 Mês	Exp. Mec. (P)		
1.4 Corrente	Ins. de MA	P. 1.4	Operacional	Corretiva	3	NA	Exp. Mec. (P)		
2 Est. Inferior									
2.1 Eixo do Rolete	Verificar Desgaste	P. 1.1	Operacional	Programada	60	6 Mês	Exp. Mec. (P)		
2.2 Rolete	Verificar Desgaste	P. 1.2	Operacional	Programada	45	6 Mês	Exp. Mec. (P)		
2.3 Rolamentos	Número de Ciclos	P. 1.3	Operacional	Programada	60	6 Mês	Exp. Mec. (P)		
2.4 Corrente	Ins. de MA	P. 1.4	Econômica	Corretiva	3	NA	Exp. Mec. (P)		
3 Sist. Transmissão									
3.1 Motor	Ins. Completa	P. 3.1	3.1-1	Operacional	1	1 Ano	Exp. Eléc. (P)		
3.2 Rodas Dentadas	Verificar Desgaste	P. 3.2	3.1-2	Operacional	1	6 Mês	Exp. Mec. (P)		
3.3 Redutor	Ruídos e Folgas	P. 3.3	3.1-3	Operacional	1	6 Mês	Exp. Mec. (P)		
Lubrificação									
	Local	Lubrificante	Método		Tempo (min)	Frequência		Resp.	
						Di	Wk	Mo	Yr
1.1 Sist. Transmissão	Redutor	Óleo para Redutor	Lubrificado por Completo		20		X		Exp. Mec. (P)

Figura 29 - Plano de Manutenção Progressiva

O plano de manutenção acima é apenas um resumo das atividades de manutenção progressiva que devem ser realizadas no equipamento. Os detalhes de como devem ser realizadas as tarefas e ações que devem ser tomadas estão descritas nos procedimentos de manutenção (P.1.1, P.1.2, etc.).

O controle das datas para a realização da manutenção é descrito pelas rotas de inspeção. A relação entre os diversos documentos de manutenção podem ser entendidos com o estudo do apêndice do software de manutenção.

NOVO SISTEMA DE TRANSMISSÃO

Como dissemos anteriormente o projeto do novo sistema de transmissão tem como objetivo reduzir as paradas ocasionadas devido ao desprendimento e devido a dificuldade de regulagem da corrente do sistema de transmissão nos “set ups”. Esta melhoria do equipamento (“kaizen”) tem como objetivo eliminar a necessidade da regulagem do sistema de transmissão a cada regulagem de altura do transportador de entrada da embaladora, para isto foi pensado num sistema auto-regulável. Além disso, este sistema deve ser feito de forma a permitir ângulos adequados entre a corrente e rodas dentadas e, também, garantindo outras boas práticas de projetos mecânicos.

A figura abaixo representa uma possível melhoria no sistema de transmissão.

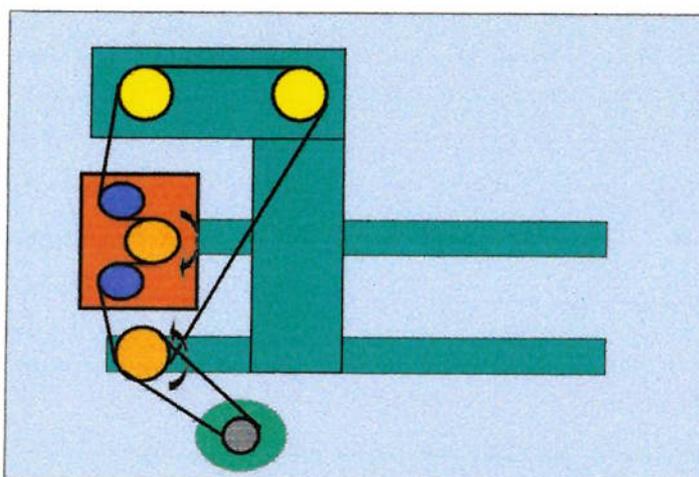


Figura 30 - Esboço do Novo Sistema de Transmissão

O desenho acima é apenas um esboço esquemático da idéia da melhoria, pois não é objetivo deste trabalho fazer um projeto detalhado do novo sistema de transmissão, mas sim mostrar o conceito existente nesta melhoria.

As polias em laranja estão fixadas as esteiras superiores e inferiores, as polias em amarelo estão fixadas em uma estrutura auxiliar que está fixada a esteira inferior. Já as polias em azul estão fixadas a estrutura auxiliar que está fixada a esteira superior. Com este tipo de dispositivo quando regularmos a altura do equipamento (movimentar a esteira superior para cima ou para baixo) as polias em azul e a polia da esteira superior deslizarão sobre a corrente que permanecerá estática permitindo que haja a regulagem da altura do equipamento sem a necessidade de fazer o estiramento da corrente ou qualquer outro tipo de regulagem do sistema de transmissão.

A tabela abaixo representa os resultados que serão alcançados com o novo sistema de transmissão no equipamento em estudo para cada variável do TPM (PQCDSM).

P	Redução do Tempo de Set Up em 73% (30 min para 8 min) Redução do Período Pós Set Up em 83% (120 min para 20 min) Redução de Paradas de 50% (114 paradas por mês para 57) Eliminação de 60% do Total de Toques (2 Oper. no Ajuste de Transmissão para 0 Oper.)
Q	Eliminação da Possibilidade de Contaminação de Cartuchos Durante os Ajustes
C	Ganho de 35 minutos de Tempo Produtivo por Set Up de Tamanho Otimização da Utilização de Recursos
D	Planejamento de Produção mais Eficiente (Entrega do Produto conforme Planejado) Redução da Possibilidade de Missed Cases Aumento de Capacidade Comprovada (Ganho de 340 caixas pro Setup de Tamanho)
S	Eliminação de Risco de Amputação de Membros Eliminação de Riscos de Problemas Ergonômicos
M	Eliminação de Pontos de Alto "Stress" para Operadores

Figura 31 - Resultados Esperados com o Novo Sistema

5 CONCLUSÕES

Esta dissertação teve como objetivo mostrar um pouco das diferentes formas de manutenção até chegar a manutenção da produtividade total.

A principal mensagem que deve ser transmitida por este trabalho é a visão do TPM como uma forma de se obter vantagem competitiva, seja com relação a qualidade, produtividade ou até mesmo pelo ambiente agradável de trabalho gerado.

Devemos salientar que o TPM deve ser introduzido pela mais alta liderança da empresa, pois este necessita transitar pelos mais diversos níveis hierárquicos para que seja um processo consistente e estabeleça o retorno esperado.

A implementação do TPM é delicada a medida que se introduz novas tarefas a todos os funcionários da empresa, pode-se gerar no início uma grande reatividade, pois possivelmente os operadores dos equipamentos se sentirão sobrecarregados. Por isso, é extremamente importante que antes do início da implementação do TPM exista uma fase preparatória. Todos os passos do TPM deverão ser implementados dentro da curva normal de aprendizagem de modo que cada avanço seja consistente, isto significa que a implementação de cada passo é um processo lento que pode consumir meses ou até mesmo anos. Por outro lado, a melhoria do ambiente de trabalho gerado pela evolução do TPM e cumprimento das metas estabelecidas em cada passo fazem com que toda reatividade inicial dos funcionários se transforme em motivação para um trabalho cada vez mais eficiente.

O estudo de caso cumpriu com a sua meta que era encontrar o equipamento gargalo (priorização), explodindo este até chegar a causa raiz. Encontrada a causa raiz, mostrou-se como realizar e executar um plano de ação dentro da metodologia do TPM. Plano de ação, este, que contribuiu para a melhoria do plano de manutenção autônoma, progressiva e, até mesmo, como melhoria de projeto.

Por tanto, o estudo de caso pode ser reaplicado como uma metodologia para priorizar e solucionar potências falhas como para estabelecer um plano de manutenção eficiente.

O trabalho introduz a idéia de um software de integração da manutenção com a produção. Este software tem a grande vantagem de facilitar a comunicação entre os diversos pilares do TPM, porém é fundamental que os procedimentos contidos no

formato eletrônico estejam o mais próximo possível de seus usuários, para que esses não sejam esquecidos com o passar do tempo.

Por último, este trabalho poderia ser complementado através do aprofundamento de cada assunto tratado do TPM, bem como da elaboração de um software que saísse do conceitual, partindo para um programa que tivesse uma real aplicação dentro da indústria.

6 ANEXOS

Os anexos foram retirados do livro:

Tokutaro, S. *TPM in Process Industries*. Productive Press, Portland, c1995

6.1 Medindo a Eficiência

long-term value of TPM and will provide the physical and organizational support needed to solve the various problems that are likely to surface during implementation. Preparation for TPM begins formally when this announcement is made.

Table 1-2. The Twelve New TPM Development Program Steps

Step	Key Point
Preparation	
1. Formally announce decision to introduce TPM	Top management announcement at in-house meeting; publish in company magazine
2. Conduct TPM introductory education and publicity campaign	<ul style="list-style-type: none"> • Senior management: group training for specific management levels • General employees: slide shows
3. Create a TPM promotion organization	<ul style="list-style-type: none"> • Steering committee and specialist subcommittees • TPM Promotion Office
4. Establish basic TPM policy and goals	<ul style="list-style-type: none"> • Set baselines and targets • Forecast effects
5. Draft a master plan for implementing TPM	From preparation stage to application for PM Prize
Introduction	
6. Kick off TPM initiative	Invite customers, affiliates, and subcontractors
Implementation	
7. Build a corporate constitution designed to maximize production effectiveness	Pursue the ultimate in production effectiveness
7-1 Conduct focused improvement activities	Project-team activities and workplace small-group activities
7-2 Establish and deploy autonomous maintenance program	Proceed step-by-step, with audits and pass certificates at each step
7-3 Implement planned maintenance program	<ul style="list-style-type: none"> • Corrective maintenance • Shutdown maintenance • Predictive maintenance
7-4 Conduct operation and maintenance skills training	Group education for group leaders who then pass on their training to members
8. Build an early management system for new products and equipment	Develop products that are easy to use and equipment that is easy to use
9. Build a quality maintenance system	Establish, maintain, and control conditions for zero defects
10. Build an effective administration and support system	<ul style="list-style-type: none"> • Increase production-support effectiveness • Improve and streamline administrative functions and office environments
11. Develop a system for managing health, safety, and the environment	Assure an accident-free, pollution-free environment
Consolidation	
12. Sustain full TPM implementation and raise levels	<ul style="list-style-type: none"> • Apply for PM Prize • Aim for even higher targets

8. Reprocessing Losses

Reprocessing losses are recycling losses that occur when rejected material must be returned to a previous process to make it acceptable.

In the past, people concentrated on the condition of the final product, and tended to overlook losses in intermediate processes such as production-rate losses and energy lost from recycling. In process industries, however, we need to re-examine the notion that recycling is permissible simply because it can make rejectable product acceptable. We must bear in mind that recycling is a significant loss and wastes time, materials, and energy.*

Table 2-1. The Eight Major Plant Losses — Definitions and Examples

Loss	Definition	Units	Example
1. Shutdown loss	Time lost when production stops for planned annual shutdown maintenance or periodic servicing	Days	Shutdown work, periodic servicing, statutory inspections, autonomous inspections, general repair work, etc.
2. Production adjustment loss	Time lost when changes in supply and demand require adjustments to production plans	Days	Production-adjustment shutdown, inventory-reduction shutdown, etc.
3. Equipment failure loss	Time lost when equipment suddenly loses its specified functions	Hours	Failed pumps, burned-out motors, damaged bearings, broken shafts, etc.
4. Process failure loss	Time lost in shut down due to external factors such as changes in chemical or physical properties of materials being processed, operating errors, defective raw materials, etc.	Hours	Leaks, spills, blocks, corrosion, erosion, dust scatter, misoperation
5. Normal production loss	Rate and time losses at plant startup, shutdown, or changeover	Rate decrease, hours	Production rate reductions during warmup period after startup, cooldown period before shutdown, and product changeover
6. Abnormal production loss	Rate loss occurring when plant underperforms due to malfunctions and abnormalities	Rate decrease	Low-load operation, low-speed operation, and operation at below standard production rate
7. Quality defect loss	Losses due to producing rejectable product, physical loss of rejected product, financial losses due to product downgrading	Hours, tons, dollars	Physical and time losses due to making product that fails to meet quality standards
8. Reprocessing loss	Recycling losses due to passing material back through the process	Hours, tons, dollars	Recycling nonconforming product from the final process to the starting process to make it acceptable

* In certain industries or with certain products, reprocessing or reworking is impossible. In plants where this applies, what would have been reprocessing losses are treated as quality losses, and the eight major plant losses are reduced to seven.

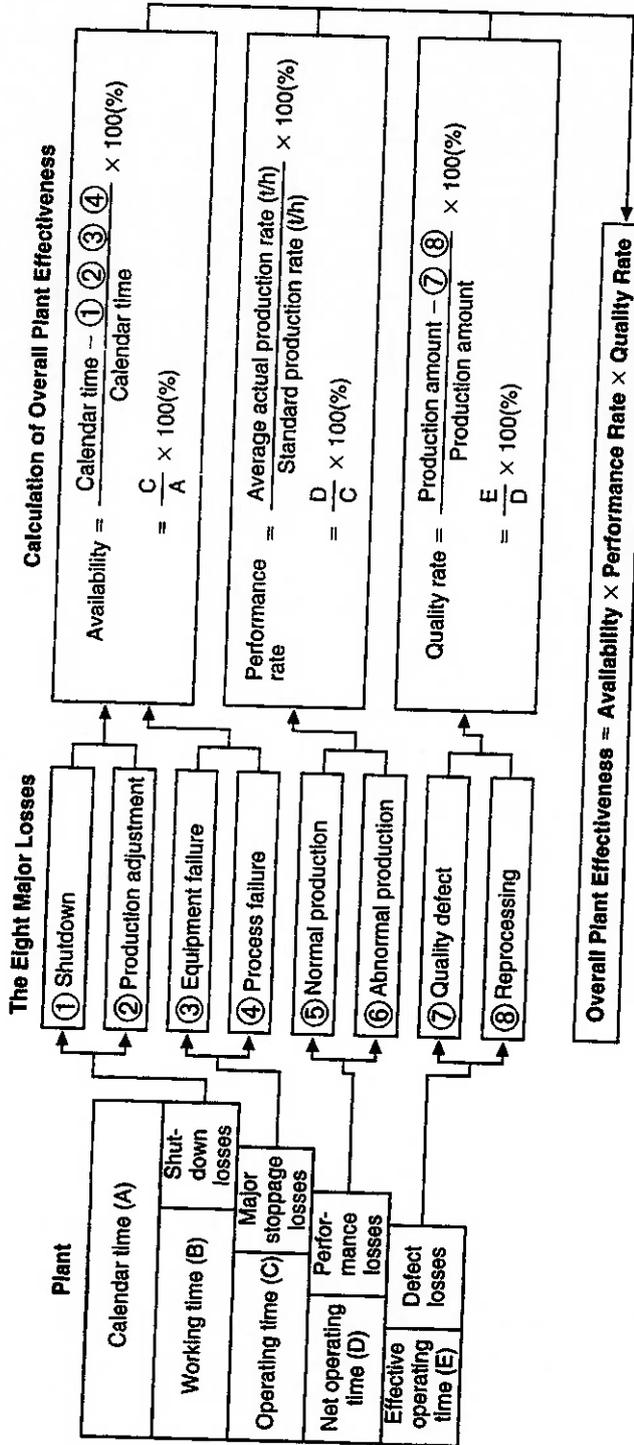


Figure 2-2. Overall Plant Effectiveness and the Structure of Losses

Table 12-2. Plant Effectiveness Indicators

Indicator	Formula	Target	Interval	Remarks
Overall plant effectiveness	Availability × performance rate × quality rate	80-90%	Monthly	Macro-indicator of overall process effectiveness
Overall subprocess effectiveness	As above	80-90%	"	Overall effectiveness of bottleneck subprocess
Overall effectiveness of important equipment	As above	85-95%	"	Overall effectiveness of important equipment items within process
Availability	$\frac{CT - (SD \text{ loss} + \text{stoppage loss})}{CT} \times 100$	90% or above	"	Shutdown (SD) losses: time lost through shutdown maintenance, production adjustment, and so on Major stoppage losses: time lost due to equipment and process failures
Performance rate	$\frac{\text{Average actual production rate}}{\text{Standard production rate}} \times 100$	95% or above	"	Indicates plant performance
Standard production rate (t/h)	$\frac{\text{Standard production volume}}{\text{Time}} \times 100$	---	Review annually	Standard (nominal) plant capacity
Average actual production rate (t/h)	$\frac{\text{Actual production volume}}{\text{Operating time}} \times 100$	Actual value	Monthly	Actual production per unit time
Quality rate	$\frac{\text{Production volume} - (\text{defects} + \text{reprocessing})}{\text{Production volume}} \times 100$	99% or above	"	Straight-through rate, obtained by subtracting volume of out-of-spec and recycled product from production volume.
Number of equipment (plant) failures	Actual values for each equipment rank	Rank A: 0 Rank B: 1/10 Rank C: 1/5	"	Actual numbers (for each equipment rank) of unexpected breakdowns leading to production stoppages
Number of process failures	Actual numbers of leaks, contamination incidents, blocks, and similar phenomena	Minimize	"	Include any phenomenon that leads to process or quality abnormalities - also known as "process problems"

Table 12-3. Quality Indicators

Indicator	Formula	Target	Interval	Remarks
Process defect rate	$\frac{RC + OS + scrap}{Production\ volume}$	$\frac{1}{10}$ or less	Monthly	Fate of generation of recycled product (RC), out-of-spec product (OS), and scrap
Cost of process defects	Total cost of actual losses generated for each type of product	Minimize	"	Recycling costs, downgrading losses, and value/disposal cost of scrap
Number of defects passed on	Number of defects passed on to next process	0	"	Sampling errors, intermediate inspection errors, etc.
Number of warranty claims	Actual number of customer claims	0	"	Number: 1/10 or below. Rate: 30-100 ppm
Value of warranty claims	Actual value of claims for each type of product	Minimize	"	Total value of warranty claims actually disbursed
Overall yield	$\frac{Total\ product\ shipped\ (t)}{Total\ raw\ materials\ used\ (wt.)}$	Maximize	"	Overall yield for each type of product

Table 12-4. Energy-Saving Indicators

Indicator	Formula	Target	Interval	Remarks
Electricity consumption	Electricity consumption trend (kWh)	In accordance with annual targets	"	Include both purchased and self-generated power
Steam consumption	Steam consumption trend (t)	"	"	
Fuel consumption	Consumption of fuel oil, natural gas, etc.	"	"	
Water consumption	Service water consumption trend	"	"	Include fresh water, recycled water, and treated water
Lubricant/fluid consumption	Consumption of lubricants and hydraulic fluids	"	"	
Auxiliary materials consumption	Consumption of solvents, paints, etc.	"	"	

Table 12-5. Maintenance Indicators: Reliability and Maintainability

Indicator	Formula	Target	Interval	Remarks
Failure frequency	$\frac{\text{Total number of stops due to failure}}{\text{Loading time}} \times 100$	0.10% or less	Monthly	Count stoppages lasting 10 or more minutes
Failure severity rate	$\frac{\text{Total stoppage time due to failure}}{\text{Loading time}} \times 100$	0.15% or less	"	Hold total stoppage time to within 1 h/month
Emergency maintenance rate	$\frac{\text{Number of EM jobs}}{\text{Total number of PM and EM jobs}} \times 100$	0.5% or less	"	PM = preventive maintenance EM = emergency maintenance
Cost of stoppages due to failure	Stoppage time \times cost per unit time	Minimize	"	Include lost production, energy costs, and labor-hour losses
Number of idlings and minor stops	Trend in number of idlings and minor stops	0	Monthly total (daily average)	Count number of idlings and minor stops lasting under 10 minutes
MTBF	$\frac{\text{Total operating time}}{\text{Number of stops}}$	2 - 10 times	Monthly	Average failure interval
MTBF	$\frac{\text{Total stoppage time}}{\text{Number of stops}}$	$\frac{1}{2} - \frac{1}{5}$	"	Mean repair time

Table 12-6. Maintenance Indicators: Maintenance Efficiency

Indicator	Formula	Target	Interval	Remarks
Reduction in number of shutdown maintenance days (SMD)	$\frac{\text{Previous SMD}}{\text{Present SMD}}$	In accord with annual targets	Annually	The goal is to extend the number of days of continuous production
Vertical startup after shutdown maintenance	Trend in number of startup problems after shutdown maintenance	Minimize	"	Prevent early failures after shutdown maintenance
PM achievement rate	$\frac{\text{PM tasks completed}}{\text{PM tasks planned}} \times 100$	90% or above	Monthly	Indicates level of planning of maintenance
CM trend	Trend in CM achievements	At least 10 per person per year	Annually	Level of corrective maintenance (CM) indicates technical ability of maintenance department
Maintenance head-count reduction rate	Trend in reduction in numbers of maintenance personnel	In accord with annual targets	"	

Table 12-7. Maintenance Indicators: Maintenance Cost

Indicator	Formula	Target	Interval	Remarks
Overall maintenance cost rate	$\frac{\text{Total maintenance cost}}{\text{Total production cost}} \times 100$	In accord with annual targets	Semi-annually	Indicates the proportion of total costs spent on maintenance
Unit maintenance costs	$\frac{\text{Maintenance cost}}{\text{Production volume}} \times 100$	"	"	Maintenance cost per product unit
Maintenance cost reduction rate	Trend in maintenance cost reduction	"	"	Compared with before TPM introduction
Unexpected failure repair cost	Trend in cost of repairing unexpected failures	"	"	"
Maintenance fees	Trend in maintenance fees paid to outside parties	"	"	"
Reduction in spares inventories	Trend in value of spares inventories	"	"	"
Maintenance cost rate	$\frac{\text{Total maintenance cost} + \text{stoppage losses}}{\text{Total production cost}} \times 100$	"	"	"

Table 12-8. Other Maintenance Indicators

Indicator	Formula	Target	Interval	Remarks
Contract maintenance rate (1)	Extent due to lack of technology and skills	"	Annually	"
Contract maintenance rate (2)	Extent needed to absorb capacity (labor) shortages	"	"	"
Renovation rate	Proportion of obsolete equipment units updated	"	"	Modernize old-fashioned equipment
In-house development	Trend in number of items of equipment developed in-house	"	"	Include remodeled items
Failure straight-through rate	Failure analysis rate \times Countermeasure implementation rate \times Recurrence-prevention rate	"	Monthly	To highlight weaknesses in failure countermeasures and prevent backsliding

Table 12-9. Health/Safety/Environment Indicators

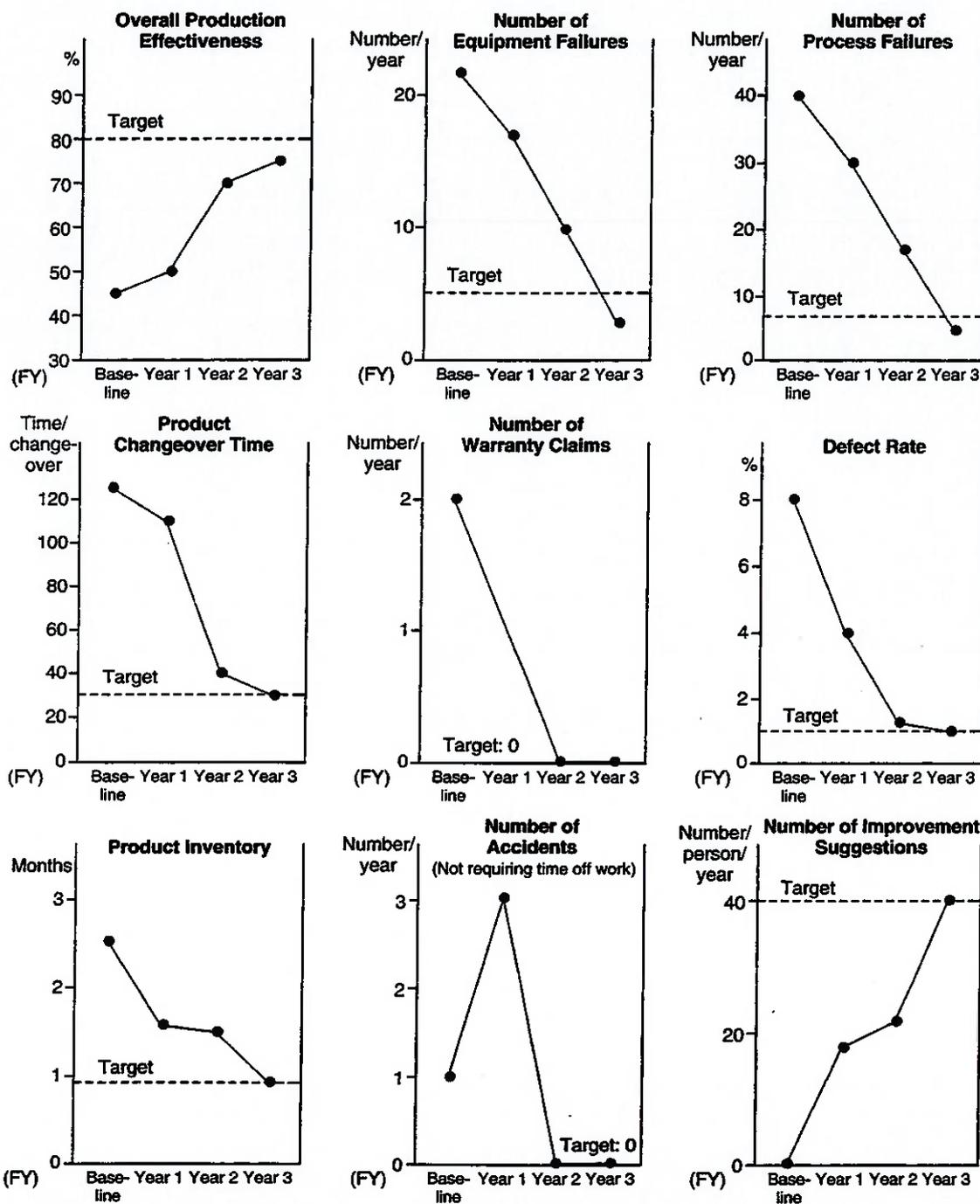
Indicator	Formula	Target	Interval	Remarks
Accident frequency	$\frac{\text{Number killed or injured}}{\text{Total labor-hours}} \times 10^6$	0	Annually	Number of accidents per million labor-hours
Accident severity rate	$\frac{\text{Days lost through accidents}}{\text{Total labor-hours}} \times 1,000$	"	"	Number of working days lost through accidents per 1,000 labor-hours
Number of accidents requiring time off work	Actual number	"	"	Keep below industry average
Number of accidents not requiring time off work	"	"	"	"
Number of plant accidents	"	"	"	Fires, explosions, etc.
Number of continuously accident-free days	"		Total number of days	Include accidents requiring and not requiring time off work
Number of near-misses detected	"	In accord with annual targets	Monthly	
Number of danger points spotted by safety patrols	"	"	"	By plant safety patrols
Number of improvements made to dangerous work	"	"	"	Number of safety countermeasures

Health/Safety/Environment Indicators: Environment (Pollution)

Indicator	Formula	Target	Interval	Remarks
Workplace noise level	Measure at fixed points using "noise maps"	Within statutory requirements	Periodic fixed-point measurement	Also measure light levels, dust concentrations, toxic gas levels, and other factors affecting the workplace environment
Number of external complaints	Actual number	0	Annually	Noise, dust, smells, etc.
Number of discharges to outside	"	"	"	Waste oil, sludge, etc.

Table 12-10. Training and Morale Indicators

Indicator	Formula	Target	Interval	Remarks
Number of meetings or time spent on small-group activities	Actual figures	In accord with annual targets	Monthly	Calculate total for overlapping small groups at each organizational level
Number of focused improvement topics registered	Number registered for each type of loss	"	"	Start by tackling the types of loss that will yield the greatest tangible benefits
Cost savings due to focused improvements	Total cost savings of focused improvements	"	"	Total cumulative cost savings due to focused improvements by project teams, the permanent organization, and small groups
Number of improvement suggestions	Actual number	"	"	At least 100/person/year or 8/person/month
Number of outside presentations	"	"	Annually	At learned societies, symposiums, presentation conferences, etc.
Number of one-point lesson sheets	"	"	Monthly	At least 1/person/month
Number of PM trainees	"	"	Annually	Include in-house and external (courses, etc.)
Number of official qualifications acquired	"	"	"	Include mechanical maintenance technicians



- ★ TPM targets have been achieved and a zero-loss workplace culture has been created
- ★ The idea of looking after one's own equipment has taken root and motivation to improve is growing
- ★ Changes in equipment and people have made everybody confident and positive

Figure 12-1. Example of TPM Benefits

Table 12-12. Sample TPM Results and their Evaluation

Indicator	OVERALL RESULTS			Evaluation
	FY 1983 Baseline	FY 1986 Target	FY 1986 Result	
Cost reduction (compared with FY 1983)	100	79	77	<ul style="list-style-type: none"> • Failure-reduction and energy-reduction activities progressed well despite adverse effect of the appreciating yen, and targets were achieved. • Fixed-cost increases due to rising personnel costs and prices were prevented through headcount reduction and administrative efficiency improvements. Reducing fixed costs is now our most urgent topic. • Labor productivity targets have been achieved, but further effort is needed.
Variable production cost (compared with FY 1983)	100	71 (1st half FY 1986) 61 (2nd half FY 1986)	70.0 (1st half FY 1986) 59.4 (2nd half FY 1986)	
Fixed production cost (compared with FY 1983)	100	97	96.4	
Labor productivity (compared with FY 1983)	100	120	120	
Number of quality claims	0	Hold to zero	Keep at zero	
Number of accidents per year	Req'd time off: 0 No time off req'd: 5	Aim for zero	Req'd time off: 0 No time off req'd: 1	
EQUIPMENT EFFECTIVENESS				
Number of failures per month	226	20(87/3)	25(87/3)	<ul style="list-style-type: none"> • The PM system is becoming established and beginning to function well; the number of failures has dropped to approximately 1/10 of the baseline figure. • There have been no major failures since January 1987. • An operating rate of 100% has been maintained for all kilns since January 1987.
Number of major failures per period	22	Aim for zero	7 (FY 1986 1st half) 2 (FY 1986 2nd half)	
• Failure frequency	0.023 (FY 1984 1st half)	0.002 (March FY 1987)	0.002 (March FY 1987)	
• Failure severity	0.019 (FY 1984 1st half)	0.003 (March FY 1987)	0.005 (March FY 1987)	
Kiln operating rate	99.1	Aim for 100%	99.5 (FY 1986 1st half) 99.6 (FY 1986 2nd half)	
MORALE				
Number of small-group improvements per year	1,142	—	7,530	<ul style="list-style-type: none"> • Small-group activities have come alive, and the number of improvement suggestions has shot up. • Safety consciousness has improved, and workplace safety is now well established.
Number of near-misses per year	5,863	—	12,194 (FY 1986 1st half) 11,777 (FY 1986 2nd half)	

Sources: Onoda Cement, Ofunato Plant

Table 10-3. Safety Audit Sheet

Step 1 General Inspection of Danger Sources (Rotating and sliding parts)		Plant or equipment: _____	
		Audit date: ____ / ____ / ____	
		Auditor: _____	
		Type of audit: <input type="checkbox"/> Self-audit <input type="checkbox"/> Group-leader audit	
Item	Evaluation criterion	Evaluation	Remarks
ROTATING AND SLIDING PARTS			
1. Are any rotating parts exposed?	Covers secure, no room to insert hand from behind		
2. Are rotating shafts free of projections (screws, couplings, etc.)?	Set bolts should be of the lost-head type		
3. Can fingers be trapped by the movement of pistons, carts, etc?	At least 3 cm between moving part and frame, etc.		
4. Must any adjustments be performed close to working machinery?	Stop machinery to perform adjustments (locate moving parts where they cannot be accidentally touched)		
5. Is there any possibility of straying carelessly into a danger area while a machine is running?	Isolate by means of fencing or chains		
6. Are any roller intakes exposed?	Protect with covers or bars		
7. Are important covers (ones that help prevent serious accidents) secured by interlock devices?	Equipment should stop automatically when such a cover is removed		
8. Is there any possibility of getting caught in screw mechanisms?	Display reverse rotation or rotor attachment		
9. Are blower intakes safe?	Cover with wire mesh		
10. Are pneumatic and hydraulic cylinders properly bled?	Take measures to protect against falling objects		
11. Are rotation directions clear?	Display clearly		
12. Are danger points clear?	Indicate clearly using signs or color-coding		
EMERGENCY SHUTDOWN			
1. Are emergency stop buttons positioned for easy operation?	Mark locations clearly, and position for self-operation in emergency		
2. Are emergency stop buttons appropriately shaped and colored?	Color in red, use mushroom-shaped buttons, bars, etc.		
3. Does the equipment shut down safely when an emergency stop button is pressed?	Rollers and other closing devices open (power is released)		
MANAGEMENT			
1. Are "pointing and naming" drills displayed in important locations?	Indicate clearly		
2. Are hidden danger sources being detected and corrected (including work methods)?	Display so that everyone understands		
3. Are people retrained when work or equipment is altered?	Manuals prepared and suitably revised; training results recorded		

Evaluation Example:

Use the assessment criteria (★) to indicate whether an improvement has been completed. For fairness, if it is impossible to achieve this level right away, assess as corrected (○) if the following two conditions are satisfied:

1. An action plan list (5W1H) has been prepared for achieving this level.
2. Color codes, warning signs, and prohibitions are satisfactorily displayed.

Pass/fail Criteria:

1. Fail if four or more slight danger points (ones that could lead to minor accidents) have been missed
2. Fail if even one critical danger point (one that could lead to a serious accident) has been missed
3. Pass if all deficiencies have been corrected

6.2 Melhoria Enfocada

Table 3-3. Step-by-Step Procedure for Focused Improvement

Activity/Step	Detailed Outline
Step 0: Select improvement topic	<ol style="list-style-type: none"> 1. Select and register topic 2. Form project team 3. Plan activities
Step 1: Understand situation	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identify bottleneck processes 2. Measure failures, defects, and other losses 3. Use baselines to set targets
Step 2: Expose and eliminate abnormalities	<ol style="list-style-type: none"> 1. Painstakingly expose all abnormalities 2. Restore deterioration and correct minor flaws 3. Establish basic equipment conditions
Step 3: Analyze causes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Stratify and analyze losses 2. Apply analytical techniques (P-M analysis, FTA, etc.) 3. Employ specific technology, fabricate prototypes, conduct experiments
Step 4: Plan improvement	<ol style="list-style-type: none"> 1. Draft improvement proposals and prepare drawings 2. Compare cost-effectiveness of alternate proposals and compile budget 3. Consider possible harmful effects and disadvantages
Step 5: Implement improvement	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carry out improvement plan 2. Practice early management (perform test operation and formal acceptance) 3. Provide instruction on improved equipment, operating methods, etc.
Step 6: Check results	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluate results with time as improvement project proceeds 2. Check whether targets have been achieved 3. If not, begin again from Step 3 (analyze causes)
Step 7: Consolidate gains	<ol style="list-style-type: none"> 1. Draw up control standards to sustain results 2. Formulate work standards and manuals 3. Feed information back to maintenance prevention program

Selecting the Topic

Although sections and subsections in a plant select their own topics, the themes must still harmonize with plant goals as a whole and with company policy. They also should deal with processes or equipment giving rise to major losses such as recurrent quality defects, costly customer claims, high subcontracting fees, extensive rework, or serious powder spills and liquid leaks. Start with topics that will yield the greatest loss reductions.

Remember also that the easiest way to achieve acceptance of a focused improvement program is to start in the areas that produce the biggest headaches in daily production. This will require managers to visit the production area to

Table 3-7. Common Analytical Techniques

Technique	P-M Analysis	Operability Studies	FMEA	Fault Tree Analysis	Event Tree Analysis
Analytical principle	Deductive	Deductive/ inductive	Inductive	Deductive	Inductive
Analytical result	Qualitative	Qualitative	Qualitative/ quantitative	Quantitative	Quantitative
Upper level (accidents, explosions)	(Influences, effects)	(Influences, effects)	(Influences) Effect	Top event	Successful Unsuccessful
Intermediate level (flow rate, pressure changes)	(Causes, counter- measures)	Effect	Causes	Triggers phenomenon	Minor accident Medium- scale accident Major accident
Lower level (valve, pump failure)	Minor flaw	Failure mode			
Abnormal phenomenon					

P-M ANALYSIS

P-M analysis is a technique for analyzing phenomena like failures or process defects in terms of their physical principles and elucidating the mechanisms behind those phenomena in relation to the four production inputs (equipment, materials, people, and methods). It is a suitable technique for tackling chronic losses. (See Figure 3-3.)

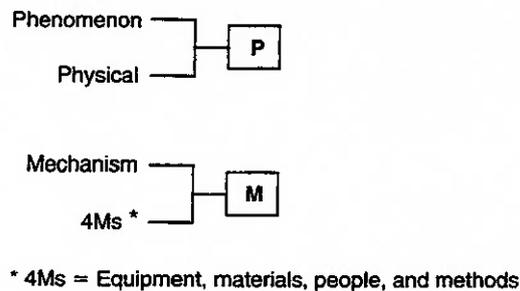


Figure 3-3. P-M Analysis

Characteristics of P-M Analysis and Cautions on Its Use

P-M analysis is especially suited for addressing losses that arise from a variety of complex, interrelated causes, intractable problems that resist repeated attempts at solution by other methods; and chronic problems that promise to be time-consuming in their solution. For this reason, improvement teams often use P-M analysis when they seek the ultimate improvement — to reduce a defect rate from 0.5 percent to zero, for example.

When the occurrence rate of losses and failures is as high a level as 5 or 10 percent, teams should first reduce the level using conventional methods such as restoring all signs of deterioration, establishing basic conditions, and applying why-why analysis. P-M analysis is appropriate only when these methods no longer yield results. (See Figure 3-4.)

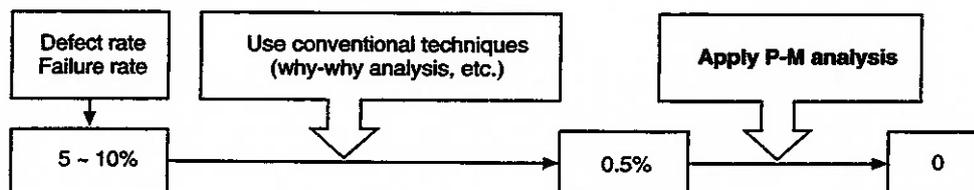


Figure 3-4. Correct Application of P-M Analysis

Step 5: Determine Optimal Conditions

Based on actual objects, drawings, and standards, determine the optimal condition for each causal factor. Ideally, what conditions, if present, will prevent this problem from occurring? For example, are standard values for process conditions identified? Do practices exist that will ensure they are followed?

Step 6: Investigate Measurement Methods

Determine the most reliable ways of measuring the gaps between the causal conditions and their ideal values.

Step 7: Identify Deficiencies

List all factors that deviate from the optimal and any incidental minor flaws or abnormalities. Using the methods identified in the previous step, survey the relevant processes and mechanisms and identify all deviating conditions.

Step 8: Formulate and Implement an Improvement Plan

Draw up and implement a plan for correcting each deficiency and controlling or eliminating its recurrence.

Key Points in Performing P-M Analysis

Steps 1 through 4 represent the first stage of a P-M analysis. In performing Steps 3 and 4, it is essential to observe the actual plant and equipment *at the site*. Preparing a three-dimensional structural drawing is extremely helpful for performing analytical work while the plant is still on stream.

Chronic losses are often caused by factors that have been consistently overlooked. To get at these hidden roots of problems, P-M analysis is specifically intended to expose every possible contributing factor. Do not exclude any factor when considering the relationships between the conditions that give rise to the problem and the production inputs. Be careful not to throw cold water on anyone's opinions. If you omit factors at this stage, the improvement plan will be incomplete and the problem may not be eradicated.

The key to the second stage of the P-M analysis is determining the optimal conditions or standards and checking how these deviate from the actual

situation. For example, you cannot take the correct action if you do not know the optimal values of physical properties (viscosity, concentration, pH, grain size, and moisture content) and the standard values of the factors that influence them (temperature, pressure, degree of vacuum, flow speed, flow rate, and so on). The same naturally applies to performance, precision, capacity, and other attributes of machinery, static units, catalysts, and so forth.

Selecting measuring instruments and techniques for checking discrepancies between actual conditions and standards is also important and requires considerable investigation and preparation. Some topics may require the use of reconstruction test apparatus or other devices not available within the company, and you may then have to consider leasing the equipment or commissioning outside agencies to perform the work.

FAILURE-LOSS REDUCTION PROGRAM

To achieve zero failures, it is essential to uncover all hidden defects in equipment conditions. The six measures described below are designed to deal with these defects once they have been exposed.

The Six Zero-Breakdown Measures

1. *Eliminate accelerated deterioration by establishing basic equipment conditions (cleaning, lubricating, and tightening).* The most basic activity is to establish and maintain the minimum conditions required to keep equipment running—that is, to keep it clean, well-lubricated, and securely tightened. Failures are far less likely in equipment that is uncontaminated and well-oiled and has no loose parts.

2. *Eliminate accelerated deterioration by complying with conditions of use.* Equipment is designed for use under certain conditions, and these must be adhered to. For example, pumps are designed to handle materials with certain properties at certain pressures, viscosities, temperatures, and so on. Operating them under different conditions is bound to cause accelerated deterioration, greatly shorten their lifetimes, and result in unexpected failures.

The same applies to catalysts. Using them under conditions for which they were not designed produces abnormal changes in the products being treated, adversely affect the rest of the production process, and leads to process failures (blocks and so forth) and quality failures.

It is particularly important in process industries to operate all machinery, static equipment, catalysts, and so on in accordance with their specifications to minimize the possibility of major accidents.

THE SIX ZERO-BREAKDOWN MEASURES

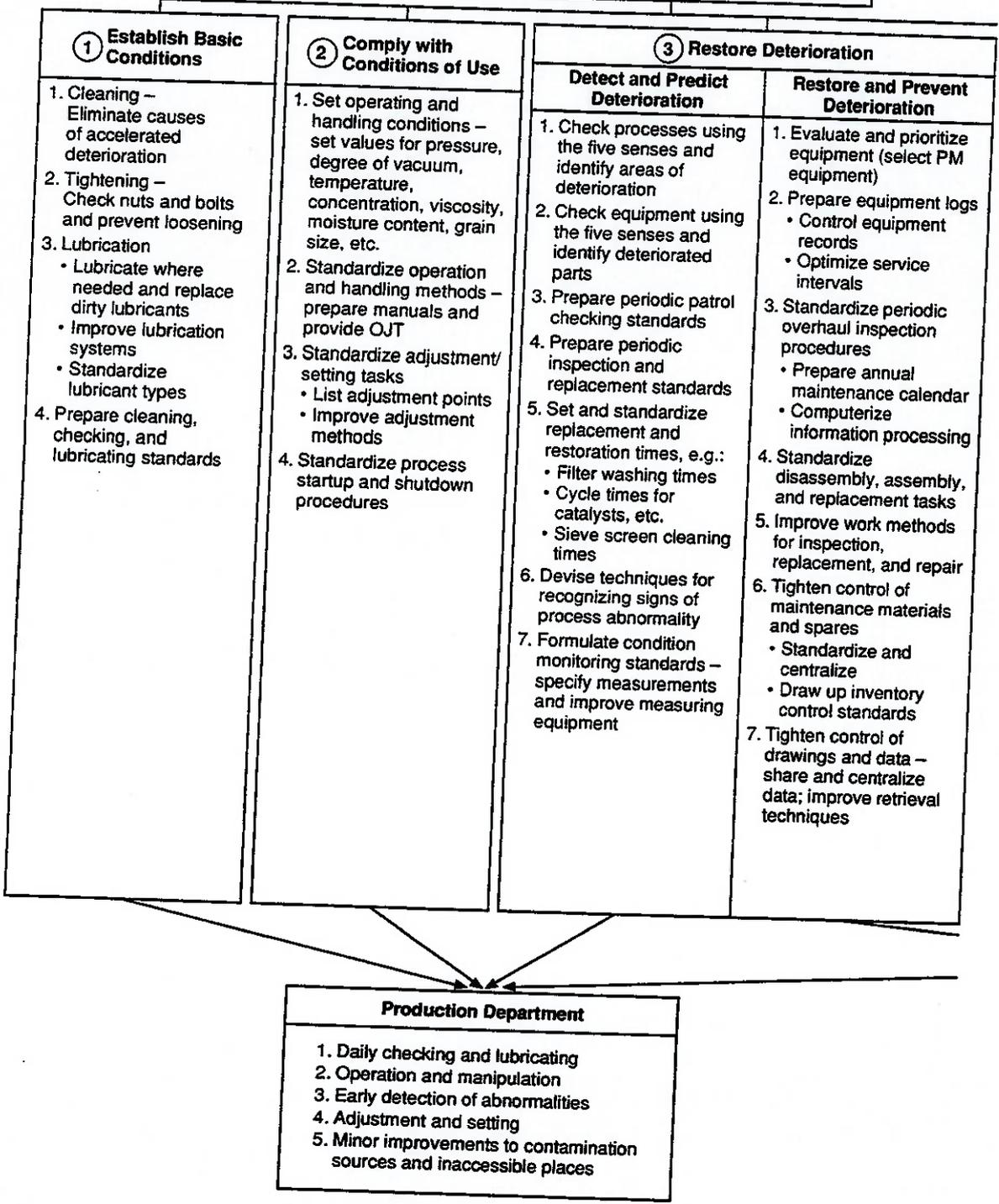


Figure 3-5. The Six Zero-Breakdown Measures

<p>4 Abolish Environments Causing Accelerated Deterioration</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Countermeasures for major contamination sources <ul style="list-style-type: none"> • Expose contamination sources • Perform general inspection of powder scatter locations • Perform general inspection of powder collection and disposal equipment • Reduce sources of powder spills, liquid leaks, and gas leaks • Remove accumulated materials from buildings and structures 2. Countermeasures against important inaccessible places <ul style="list-style-type: none"> • Identify hard-to-check and hard-to-measure points • Identify areas of poor layout • Improve inaccessible places 3. Support autonomous-maintenance improvements in contamination sources and inaccessible places 	<p>5 Correct Design Weaknesses</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eliminate weaknesses inherent in equipment as a result of design or fabrication defects <ul style="list-style-type: none"> • Dimensions, strength • Materials • Equipment construction, parts construction • Shape (chute gradients, etc.) • Corrosion resistance • Wear resistance 2. Improve resistance to environmental conditions <ul style="list-style-type: none"> • Improve anti-corrosion painting • Investigate new corrosion-resistant materials • Consider new lining materials 3. Improve bottleneck processes – introduce measures to prevent overloading 4. Adopt measures to prevent recurrence of major failures 	<p>6 Improve Operating and Maintenance Skills</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="670 515 957 627">Ensure Correct Operation and Manipulation</th> <th data-bbox="957 515 1236 627">Ensure Error-free Repairs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="670 627 957 1592"> <ol style="list-style-type: none"> 1. Prevent operating and handling errors <ul style="list-style-type: none"> • Prepare manuals detailing changes in physical properties and operating conditions • Display correct adjustment values on equipment • Introduce more visual controls • Mark pipes with flow direction and contents • Indicate whether valves are open or shut • Provide clear displays on measuring instruments • Indicate rotation directions • Employ error-proofing and tagging 2. Prevent errors in dealing with abnormalities <ul style="list-style-type: none"> • Standardize procedures for handling abnormalities • Standardize prediction techniques 3. Ensure safe working <ul style="list-style-type: none"> • Install safety interlocks • Indicate whether switches are on or off • Provide accident prevention training and sharpen individual danger awareness </td> <td data-bbox="957 627 1236 1592"> <ol style="list-style-type: none"> 1. Prevent repair errors <ul style="list-style-type: none"> • Analyze recurrent failures • Improve repair methods • Standardize materials selection • Standardize parts and spares • Formulate work standards • Draw up work order standards 2. Prevent acceptance errors <ul style="list-style-type: none"> • Strengthen supervisory skills • Formulate acceptance standards • Establish an operation and maintenance acceptance system 3. Prevent test-operation errors <ul style="list-style-type: none"> • Standardize test-operation procedures • Prepare checklists </td> </tr> </tbody> </table>		Ensure Correct Operation and Manipulation	Ensure Error-free Repairs	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prevent operating and handling errors <ul style="list-style-type: none"> • Prepare manuals detailing changes in physical properties and operating conditions • Display correct adjustment values on equipment • Introduce more visual controls • Mark pipes with flow direction and contents • Indicate whether valves are open or shut • Provide clear displays on measuring instruments • Indicate rotation directions • Employ error-proofing and tagging 2. Prevent errors in dealing with abnormalities <ul style="list-style-type: none"> • Standardize procedures for handling abnormalities • Standardize prediction techniques 3. Ensure safe working <ul style="list-style-type: none"> • Install safety interlocks • Indicate whether switches are on or off • Provide accident prevention training and sharpen individual danger awareness 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prevent repair errors <ul style="list-style-type: none"> • Analyze recurrent failures • Improve repair methods • Standardize materials selection • Standardize parts and spares • Formulate work standards • Draw up work order standards 2. Prevent acceptance errors <ul style="list-style-type: none"> • Strengthen supervisory skills • Formulate acceptance standards • Establish an operation and maintenance acceptance system 3. Prevent test-operation errors <ul style="list-style-type: none"> • Standardize test-operation procedures • Prepare checklists
Ensure Correct Operation and Manipulation	Ensure Error-free Repairs						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Prevent operating and handling errors <ul style="list-style-type: none"> • Prepare manuals detailing changes in physical properties and operating conditions • Display correct adjustment values on equipment • Introduce more visual controls • Mark pipes with flow direction and contents • Indicate whether valves are open or shut • Provide clear displays on measuring instruments • Indicate rotation directions • Employ error-proofing and tagging 2. Prevent errors in dealing with abnormalities <ul style="list-style-type: none"> • Standardize procedures for handling abnormalities • Standardize prediction techniques 3. Ensure safe working <ul style="list-style-type: none"> • Install safety interlocks • Indicate whether switches are on or off • Provide accident prevention training and sharpen individual danger awareness 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prevent repair errors <ul style="list-style-type: none"> • Analyze recurrent failures • Improve repair methods • Standardize materials selection • Standardize parts and spares • Formulate work standards • Draw up work order standards 2. Prevent acceptance errors <ul style="list-style-type: none"> • Strengthen supervisory skills • Formulate acceptance standards • Establish an operation and maintenance acceptance system 3. Prevent test-operation errors <ul style="list-style-type: none"> • Standardize test-operation procedures • Prepare checklists 						

Maintenance Department

1. Periodic checking and inspection
2. Periodic servicing
3. Improvement of major contamination sources and inaccessible places
4. Equipment improvement
5. Recurrence prevention and failure analysis
6. Test operation and acceptance

Table 3-9. The Relationship Between the Four Zero-Breakdown Phases and TPM Activities

	Reduce Variation in Failure Intervals	Lengthen Equipment Lifetimes	Periodically Restore Deterioration	Predict Equipment Lifetimes
7 Autonomous Maintenance Steps 1. Perform initial cleaning 2. Control contamination sources and improve accessibility 3. Establish cleaning and checking standards 4. Perform general equipment inspection 5. Perform general process inspection 6. Systematize autonomous maintenance 7. Practice full self-management	Restore deterioration and establish basic conditions Abolish conditions causing accelerated deterioration Maintain optimal conditions Develop equipment-competent operators (prevent operating errors)	Develop process-competent operators (able to operate, adjust, and handle abnormalities correctly) Systematize, remove or discard unnecessary items, efficiently arrange what remains	Consolidate improvement activities	

	Reduce Variation in Failure Intervals	Lengthen Equipment Lifetimes	Periodically Restore Deterioration	Predict Equipment Lifetimes
<p>6 Specialized Maintenance Steps</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluate and understand current equipment conditions 2. Reverse deterioration and correct weaknesses 3. Build an information management system 4. Build a periodic maintenance system 5. Build a predictive maintenance system 6. Evaluate planned maintenance 	<p>Prepare equipment logs, evaluate equipment</p> <p>Support autonomous maintenance, prevent recurrence of abnormalities, conduct improvement projects</p> <p>Create data-management systems to monitor failures, equipment, and budgets</p>	<p>Improve efficiency of PM, inspection planning, SDM</p>	<p>Introduce equipment diagnostic techniques and PdM</p> <p>Evaluate planned maintenance system</p> <p>Assess equipment R/M</p>	
<p>Focused Improvement Projects</p>	<p>Eliminate accelerated deterioration by controlling major contamination sources</p> <p>Improve maintainability by enhancing accessibility</p>	<p>Correct design and fabrication weaknesses</p>	<p>Employ sophisticated failure analysis techniques</p>	<p>Develop new materials and technology</p>

Note: PM = periodic maintenance; SDM = shutdown maintenance; PdM = predictive maintenance; R/M = reliability and maintainability

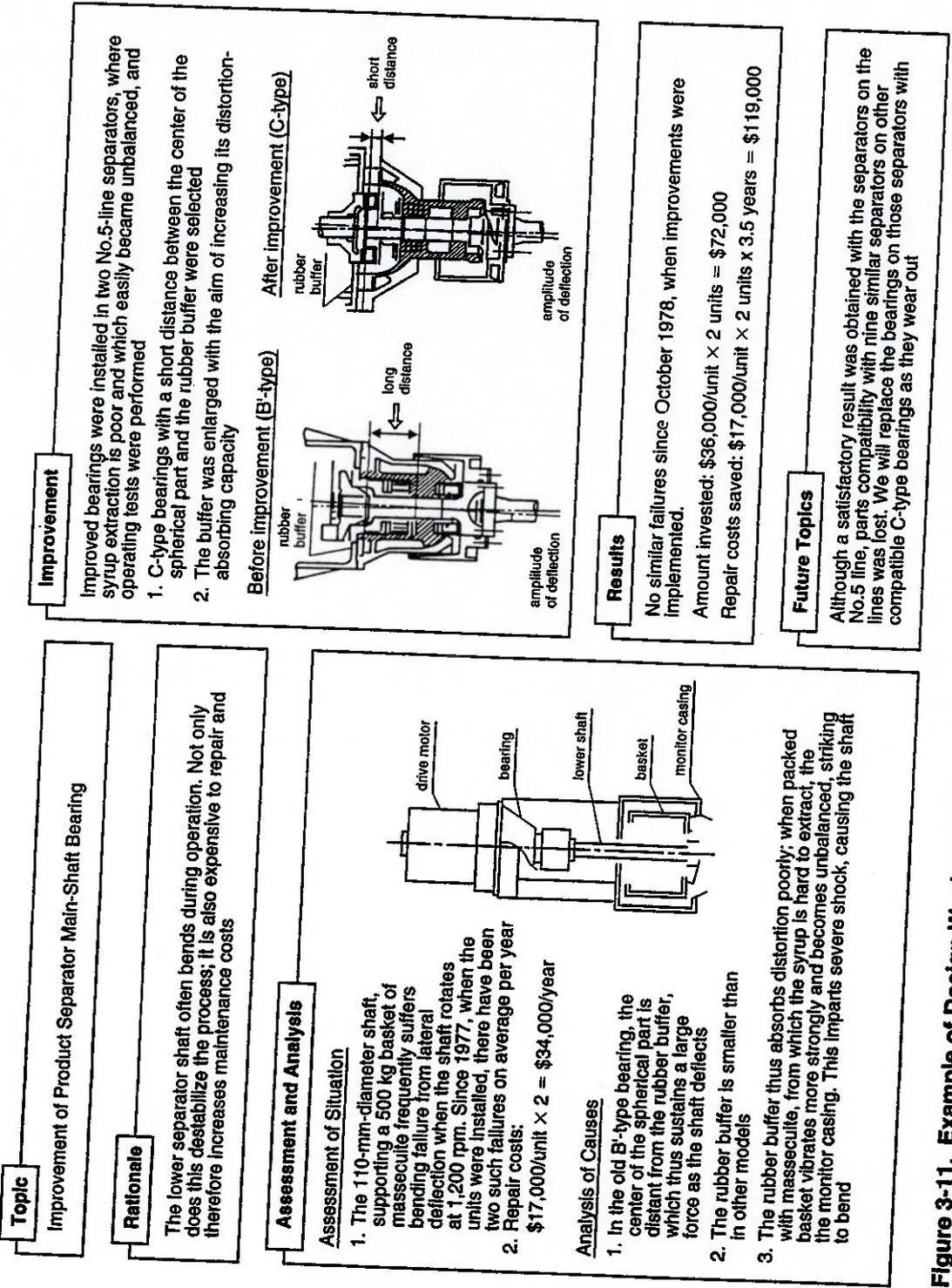


Figure 3-11. Example of Design Weakness Correction

6.3 Manutenção Autônoma

enough to spot anything out of the ordinary while operating the equipment or patrolling the plant and being able to deal it with and report it correctly. It requires a high degree of skill and sensitivity. Understand that standards and checksheets are only potentially useful aids — they should not be overly relied upon as a means of preventing deterioration.

Performing meaningful daily checking, therefore, requires easily-understood standards and high operator skills. Some examples of checkpoints that are helpful for preparing standards and one-point lesson sheets are given below in Tables 4-3(1)–(7). Do not merely copy and distribute these lists, however. Use them as a guide for creating checksheets that fit your own workplace.

Table 4-3 (1). Checkpoints for Nuts and Bolts

Slight Defects	<input type="checkbox"/> Are any nuts or bolts loose? <input type="checkbox"/> Are any nuts or bolts missing?
Bolt Lengths	<input type="checkbox"/> Do all bolts protrude from nuts by 2-3 thread lengths?
Washers	<input type="checkbox"/> Are flat washers used on long holes? <input type="checkbox"/> Are tapered washers used on angle bars and channels? <input type="checkbox"/> Are spring washers used where parts are subject to vibration? <input type="checkbox"/> Are identical washers used on identical parts?
Attachment of Nuts and Bolts	<input type="checkbox"/> Are bolts inserted from below, and are nuts visible from the outside? <input type="checkbox"/> Are devices such as limit switches secured by at least two bolts? <input type="checkbox"/> Are wing nuts on the right way around?

Table 4-3 (2). Lubrication Checkpoints

Lubricant Storage	<input type="checkbox"/> Are lubricant stores always kept clean, tidy, and well-organized by thorough application of the 5S principles? [*] <input type="checkbox"/> Are lubricant containers always capped? <input type="checkbox"/> Are lubricant types clearly indicated and is proper stock control practiced?
Lubricant Inlets	<input type="checkbox"/> Are grease nipples, speed-reducer lubricant ports, and other lubricant inlets always kept clean? <input type="checkbox"/> Are lubricant inlets dustproofed? <input type="checkbox"/> Are lubricant inlets labeled with the correct type and quantity of lubricant?
Oil-level Gauges	<input type="checkbox"/> Are oil-level gauges and lubricators always kept clean, and are oil levels easy to see? <input type="checkbox"/> Is the correct oil level clearly marked? <input type="checkbox"/> Is equipment free of oil leaks, and are oil pipes and breathers unobstructed?
Automatic Lubricating Devices	<input type="checkbox"/> Are automatic lubricating devices operating correctly and supplying the right amount of lubricant? <input type="checkbox"/> Are any oil or grease pipes blocked, crushed or split?
Lubrication Condition	<input type="checkbox"/> Are rotating parts, sliding parts, and transmissions (e.g. chains) always clean and well-oiled? <input type="checkbox"/> Are the surroundings free of contamination by excess lubricant?

^{*} 5S: In Japan the basic principles of industrial housekeeping and visual management are known as the 5Ss, for 5 Japanese words beginning with "S." For a list of English "S" principles and definitions, see p. 316.

Table 4-3 (3). Transmission System Checkpoints

V-belts and Pulleys	<input type="checkbox"/> Are any belts cracked, swollen, worn, or contaminated by oil or grease? <input type="checkbox"/> Are any belts twisted or missing? <input type="checkbox"/> Are any belts stretched or slack? <input type="checkbox"/> Are multiple belts under uniform tension and all of the same type? <input type="checkbox"/> Are top surfaces of belts protruding above the pulley rims? Are the bottoms of any pulley grooves shiny (indicating a worn belt or pulley)? <input type="checkbox"/> Are pulleys correctly aligned?
Roller Chains	<input type="checkbox"/> Are any chains stretched (indicating worn pins or bushings)? <input type="checkbox"/> Are any sprocket teeth worn, missing, or damaged? <input type="checkbox"/> Is lubrication between pins and bushings sufficient? <input type="checkbox"/> Are sprockets correctly aligned?
Shafts, Bearings, and Couplings	<input type="checkbox"/> Is there any overheating, vibration, or abnormal noise due to excessive play or poor lubrication? <input type="checkbox"/> Are any keys or set bolts loose or missing? <input type="checkbox"/> Are any couplings misaligned or wobbly? <input type="checkbox"/> Are any coupling seals worn? Are any bolts slack?
Gears	<input type="checkbox"/> Are gears properly lubricated with the right amount of lubricant? Are the surroundings clean? <input type="checkbox"/> Are any teeth worn, missing, damaged, or jammed? <input type="checkbox"/> Is there any unusual noise or vibration?

Table 4-3 (4). Hydraulic Checkpoints

Hydraulic Units	<input type="checkbox"/> Is the correct quantity of fluid in hydraulic reservoirs, and is the correct level indicated? <input type="checkbox"/> Is fluid at the correct temperature? Are the maximum and minimum permissible temperatures indicated? <input type="checkbox"/> Is fluid cloudy (indicating air entrainment)? <input type="checkbox"/> Are all fluid inlets and strainers clean? <input type="checkbox"/> Are any suction filters blocked? <input type="checkbox"/> Are any fluid reservoir breather filters blocked? <input type="checkbox"/> Are all fluid pumps operating normally without any unusual noise or vibration? <input type="checkbox"/> Are hydraulic pressures correct, and are operating ranges clearly displayed?
Heat Exchangers	<input type="checkbox"/> Is any fluid or water leaking from fluid coolers or pipes? <input type="checkbox"/> Are temperature differences between fluid and water inlets and outlets correct? Are any tubes blocked?
Hydraulic Equipment	<input type="checkbox"/> Are there any fluid leaks? <input type="checkbox"/> Are hydraulic devices properly secured without any makeshift fastenings? <input type="checkbox"/> Are hydraulic devices operating correctly without speed losses or breathing? <input type="checkbox"/> Are hydraulic pressures correct, and are all pressure gauges working correctly (zero points, deflection)?
Piping and Wiring	<input type="checkbox"/> Are all pipes and hoses securely attached? <input type="checkbox"/> Are there any fluid leaks? Are any hoses cracked or damaged? <input type="checkbox"/> Are all valves operating correctly? It is easy to see whether valves are open or shut? <input type="checkbox"/> Are any pipes, wires, or valves unnecessary?

Table 4-3 (5). Pneumatic Checkpoints

FRLs*	<input type="checkbox"/> Are FRLs always kept clean? Is it easy to see inside them? Are they fitted the right way around? <input type="checkbox"/> Is there sufficient oil, and are the drains clear? <input type="checkbox"/> Is the oil drip rate correct (approximately 1 drop for every 10 strokes)? <input type="checkbox"/> Are FRLs installed no more than 3 m from the pneumatic equipment? <input type="checkbox"/> Are pressures adjusted to the correct value and are operating ranges clearly indicated?
Pneumatic Equipment	<input type="checkbox"/> Is any compressed air leaking from pneumatic cylinders or solenoid valves? <input type="checkbox"/> Are all pneumatic cylinders and solenoid valves firmly attached? <input type="checkbox"/> Are any makeshift fixings in use (wire, adhesive tape, etc.)? <input type="checkbox"/> Are any pistons dirty, worn, or damaged? <input type="checkbox"/> Are speed controllers installed the right way around? <input type="checkbox"/> Is there any abnormal noise or overheating of solenoid valves, and are any lead wires chafed or trailing?
Piping and Wiring	<input type="checkbox"/> Are there any places in pneumatic pipes or hoses where fluid is liable to collect? <input type="checkbox"/> Are all pipes and hoses clipped firmly into place? <input type="checkbox"/> Are there any compressed-air leaks? Are any hoses cracked or damaged? <input type="checkbox"/> Are all valves operating correctly? Is it easy to see whether valves are open or closed? <input type="checkbox"/> Are any pipes, wires, or valves unnecessary?

Table 4-3 (6). Electrical Checkpoints

Control Panels	<input type="checkbox"/> Are the interiors of distribution boards, switchboards, and control panels kept clean, tidy, and well-organized by the application of the 5S principles? Have any extraneous objects or flammable materials been left inside? <input type="checkbox"/> Is the wiring inside control panels in good condition? Are any wires coiled or trailing? <input type="checkbox"/> Are all ammeters and voltmeters operating correctly and clearly marked? <input type="checkbox"/> Are any instruments or display lamps broken? Are any bulbs faulty? <input type="checkbox"/> Are any switches broken? Do all switches work correctly? <input type="checkbox"/> Are control panel doors in good condition? Do they open and close easily? <input type="checkbox"/> Are there any unused holes? Are control panels waterproof and dustproof?
Electrical Equipment	<input type="checkbox"/> Are all motors free of overheating, vibration, and unusual noise and smells? <input type="checkbox"/> Are all motor cooling fans and fins clean? <input type="checkbox"/> Are any attachment bolts loose? Are pedestals free of cracks and other damage?
Sensors	<input type="checkbox"/> Are all limit switches clean and free of excessive play? <input type="checkbox"/> Are the interiors of all limit switches clean? Are any wires trailing? Are all covers in good condition? <input type="checkbox"/> Are any limit switches incorrectly installed? <input type="checkbox"/> Are any limit switch dogs worn, deformed, or the wrong shape? <input type="checkbox"/> Are all photoelectric switches and proximity switches clean and free of excessive play? <input type="checkbox"/> Are any sensors out of position? Are correct positions clearly indicated? <input type="checkbox"/> Are all lead wires unchafed, and is insulation intact at entry points?
Switches	<input type="checkbox"/> Are all manual switches clean, undamaged, and free of excessive play? <input type="checkbox"/> Are all switches installed in the correct position? <input type="checkbox"/> Are emergency stop switches installed in appropriate locations, and are they working correctly?
Piping and Wiring	<input type="checkbox"/> Are any pipes, wires, or power leads loose or unsecured? <input type="checkbox"/> Are any ground wires damaged or disconnected? <input type="checkbox"/> Are any pipes corroded or damaged? Are there any bare wires or wires with damaged insulation? <input type="checkbox"/> Are any wires coiled on the floor or dangling overhead?

* Filter-regulator-lubricator sets.

Table 4-3 (7). Checkpoints for General-Purpose Equipment

Pumps	<input type="checkbox"/> Are pumps and their stands free of unusual noise, vibration, and play? <input type="checkbox"/> Are pedestal bolts tight, corrosion-free, and undamaged? <input type="checkbox"/> Are stands and pedestals free of corrosion, cracking, and other damage? <input type="checkbox"/> Is any liquid leaking or spraying from gland packings? <input type="checkbox"/> Is any liquid leaking or spraying from pipes or valves? <input type="checkbox"/> Are any pipes or valves blocked? <input type="checkbox"/> Are all pressure gauges, vacuum gauges, flowmeters, thermometers, and other measuring instruments working properly and marked with the correct operating ranges? <input type="checkbox"/> Are starting current and operating current values correct? Are these clearly indicated? <input type="checkbox"/> Are all valves operating correctly? Is it easy to see whether whether valves are open or closed?
Fans	<input type="checkbox"/> Are fans and their stands free of unusual noise, vibration, and play? <input type="checkbox"/> Are all pedestal bolts tight, corrosion-free, and undamaged? <input type="checkbox"/> Are all stands and pedestals free of corrosion, cracking, and other damage? <input type="checkbox"/> Are any gland packings leaking air or gas? <input type="checkbox"/> Are any ducts or dampers leaking air or gas? <input type="checkbox"/> Are any ducts blocked or clogged? <input type="checkbox"/> Are all pressure gauges, vacuum gauges, flowmeters, thermometers, and other measuring instruments working properly and marked with the correct operating ranges? <input type="checkbox"/> Are starting current and operating current values correct? Are these clearly indicated? <input type="checkbox"/> Are all dampers operating correctly? Is it easy to see whether dampers are opened or closed?

IMPLEMENTING AUTONOMOUS MAINTENANCE STEP-BY-STEP

The goals of cleaning as inspection are to establish basic equipment conditions, bring equipment to its ideal state, and create workplaces that are free of equipment abnormalities, failures and stoppages, and quality defects. Accomplishing this, however, is not easy for operators entrenched in the "I make — you fix" mentality.

Adopting a step-by-step approach that everyone can easily understand permits activities to evolve slowly but thoroughly. The step-by-step approach clearly delineates each phase of the activities, allows for regular audits that secure the gains made at each step, and gives operators a sense of achievement as they proceed through the program. Spelling out the aims of each step in equipment and human terms, together with the kind of guidance managers are expected to provide, clarifies the purpose of the activities. (See Table 4-4.)

Table 4-4 outlines the autonomous maintenance steps as they have been modified for process-type production plants. It incorporates the experience of many process companies that have implemented and directed autonomous maintenance programs, including Ajinomoto Foods, Onoda Cement, Nishi Nippon Seitō, and Nissan Petrochemical.

Table 4-4. The Seven Autonomous Maintenance Steps

Step	Activities	Hardware Goals (Keys for workplace audits)
1. Perform initial cleaning	<ul style="list-style-type: none"> Eliminate dust and dirt from main body of equipment Expose irregularities such as slight defects, contamination sources, inaccessible places, and sources of quality defects Eliminate unnecessary and seldom-used items, and simplify equipment 	<ul style="list-style-type: none"> Prevent accelerated deterioration by eliminating the environmental stress of dust and dirt Raise the quality of checking and repair work and reduce checking and repair times by eliminating dust and dirt Establish basic equipment conditions Expose and deal with hidden defects
2. Address contamination sources and inaccessible places	<ul style="list-style-type: none"> Reduce housekeeping time by eliminating sources of dust and dirt, preventing scatter, and improving parts that are hard to clean, check, lubricate, tighten, or manipulate 	<ul style="list-style-type: none"> Increase intrinsic equipment reliability by preventing adhesion of dust and dirt and controlling them at their sources Increase maintainability by improving cleaning, checking, and lubricating Create equipment that does not require manual work
3. Establish cleaning and checking standards	<ul style="list-style-type: none"> Formulate work standards that help maintain cleaning, lubricating, and tightening levels with minimal time and effort Improve the efficiency of checking work introducing visual controls 	<ul style="list-style-type: none"> Sustain the three basic conditions for maintaining equipment and preventing deterioration (cleaning, lubricating, and tightening) Perform accurate checking by means of visual controls such as equipment nameplates and correct operating range displays on gauges
4. Conduct general equipment inspection	<ul style="list-style-type: none"> Provide inspection skills training based on inspection manuals Get individual equipment items into peak condition by subjecting them to general inspection Modify equipment to facilitate checking. Make extensive use of visual controls 	<ul style="list-style-type: none"> Improve reliability by performing general inspection and reversing deterioration for each equipment category (nuts and bolts, drive systems, etc.) Enable anyone to inspect reliably by introducing visual controls such as equipment nameplates, V-belt specification displays, lubricant type and quantity displays, correct operating range plays on gauges, valve on-off indicators, rotation direction indicators, thermochromic tape, etc.
5. Perform general process inspection	<ul style="list-style-type: none"> Provide instruction in process performance, operation, and adjustment and in methods of handling abnormalities in order to improve operational reliability by developing process-competent operators Prevent inspection duplications and omissions by incorporating provisional cleaning and inspection standards for individual equipment items into periodic inspection and replacement standards for entire processes or areas 	<ul style="list-style-type: none"> Improve the overall stability and safety of processes through correct operation Sharpen process inspection precision by extending and improving visual controls, e.g., indicators for pipe contents and flow directions Modify equipment to make it easier to operate
6. Systematic autonomous maintenance	<ul style="list-style-type: none"> Achieve quality maintenance and safety by establishing clear procedures and standards for dependable autonomous maintenance Improve setup procedures and reduce work-in-process Establish a system of self-management for workplace flow, spares, tools, work-in-process, final products, data, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Pinpoint relationships between equipment and quality and establish a quality maintenance system Review and improve plant and equipment layouts Standardize maintenance and control of transport equipment, spare parts, tools, work-in-process, final products, data, passageways, cleaning equipment, and so on, and introduce visual controls for everything in the workplace
7. Practice full self-management	<ul style="list-style-type: none"> Evolve activities and standardize improvements in line with company and plant policies and objectives, and reduce costs by eliminating workplace waste Improve equipment further by keeping accurate maintenance records (e.g., MTBF) and analyzing the data in them 	<ul style="list-style-type: none"> Analyze data in various ways to improve equipment and raise process reliability, safety, maintainability, quality, and operability Prioritize equipment improvements and extend equipment lifetimes and checking intervals by using hard data to spot weaknesses

Human Goals (Keys for SGA audits)	Roles of Managers and Staff (fostering motivation, ability, and opportunity)
<ul style="list-style-type: none"> • Get operators in touch with their equipment to make them more familiar with it, develop a sense of ownership and concern, and stimulate their curiosity about it • Enable group leaders to learn about leadership by implementing this step in small groups • Enable people to recognize slight defects and other irregularities 	<ul style="list-style-type: none"> • Explain the relationship between contamination and accelerated deterioration (maintainability) — that is, explain the meaning of "optimal conditions" • Point out the most important parts to keep clean and explain the importance of basic equipment conditions (cleaning, lubricating, and tightening). Teach using nuts, bolts, and lubrication manuals • Explain the significance of "inspection through cleaning"
<ul style="list-style-type: none"> • Teach the philosophy and practice of equipment improvement, starting with small-scale, easily-accomplished projects • Germinate the seeds of improvement ideas through small-group activities • Let people taste the thrill and satisfaction of successful improvement 	<ul style="list-style-type: none"> • Encourage improvement ideas and give practical hints, i.e., give technical guidance and support • Teach problem-solving techniques such as why-why analysis • Ensure that other departments respond promptly to work requests • Give guidance on the use of matchmarks and visual controls
<ul style="list-style-type: none"> • Ensure that operators obey standards and learn their importance (i.e., understand what workplace management is) by having them set their own • Let people learn the importance of teamwork by making them aware of their individual roles 	<ul style="list-style-type: none"> • Give hints on writing and presenting cleaning and inspection standards • Give technical assistance in preparing lubricating standards • Describe how visual controls can simplify checking, and give practical advice
<ul style="list-style-type: none"> • Learn equipment structure, functions, and assessment criteria and master checking skills through hands-on checking training • Learn to deal with equipment abnormalities through on-the-spot practice • Use relay teaching to enable leaders to learn leadership and members to develop team spirit • Let people understand the usefulness of data by collecting general inspection data 	<ul style="list-style-type: none"> • Prepare general inspection manuals and troubleshooting case studies, and train group leaders in inspection skills • Draw up inspection schedules • Give on-the-spot training in simple methods of rectifying abnormalities • Promptly perform work requested as a result of exposing abnormalities • Give guidance in improving visual controls • Give instruction in data collection and analysis • Involve group leaders in maintenance planning
<ul style="list-style-type: none"> • Enable operators to operate processes and deal with abnormalities correctly • Enable operators to understand the relationship between equipment and the properties of the materials being processed and master the correct adjustment and setting techniques • Make operators aware of their roles in planned maintenance and foster self-management through periodic inspection and replacement • Help operators realize the necessity for recording time-series data 	<ul style="list-style-type: none"> • Prepare general process inspection manuals and troubleshooting manuals, and train group leaders in inspection skills • Provide on-the-job training in the correct adjustment and setting procedures • Give guidance on selecting periodic inspection and replacement items, techniques, and documentation, and give instruction on setting appropriate intervals based on hard data • Prevent planned maintenance duplications and omissions by clearly delineating the operating and maintenance departments' responsibilities
<ul style="list-style-type: none"> • Expand the sphere of self-management by systematizing and standardizing control items • Help people understand the relationship between equipment and quality and appreciate the importance of quality maintenance • By standardizing workplace management and collecting data, help people understand the need for improvements aimed at raising standards • Have managers and supervisors learn their true roles (improving standards and ensuring they are followed) 	<ul style="list-style-type: none"> • Prepare system-flow diagrams for processes and give instruction in standardization • Prepare quality maintenance manuals that systematize the relationship between equipment and quality, and use these for instruction • Providing technical support for tasks such as standardizing the flow of work, and give assistance in perfecting visual controls • Give education and guidance in analysis and improvement techniques such as IE, PM, and QC
<ul style="list-style-type: none"> • Increase awareness of management by objectives and make everyone thoroughly cost-conscious (including maintenance costs) • Enable operators to perform simple repairs and equipment restoration by training them in repair skills • Increase operators' ability to record and analyze data, and have them master improvement techniques 	<ul style="list-style-type: none"> • Explain the importance of management by objectives • Give hands-on repair skills training • Provide technical backup for equipment improvements, and raise operators' improvement skills by including them in improvement projects • Give guidance on standardizing improvements and participating in MP activities

Table 4-6. Sample Manual on Exposing Seven Types of Abnormality

Abnormality	Examples
1. Minor Flaws <ul style="list-style-type: none"> • Contamination • Damage • Play • Slackness • Abnormal phenomena • Adhesion 	Dust, dirt, powder, oil, grease, rust, paint Cracking, crushing, deformation, chipping, bending Shaking, falling out, tilting, eccentricity, wear, distortion, corrosion Belts, chains Unusual noise, overheating, vibration, strange smells, discoloration, incorrect pressure or current Blocking, hardening, accumulation of debris, peeling, malfunction
2. Unfulfilled Basic Conditions <ul style="list-style-type: none"> • Lubrication • Lubricant supply • Oil level gauges • Tightening 	Insufficient, dirty, unidentified, unsuitable, or leaking lubricant Dirty, damaged, or deformed lubricant inlets, faulty lubricant pipes Dirty, damaged, leaking; no indication of correct level Nuts and bolts: slackness, missing, cross-threaded, too long, crushed, corroded, washer unsuitable, wing nuts on backward
3. Inaccessible Places <ul style="list-style-type: none"> • Cleaning • Checking • Lubricating • Tightening • Operation • Adjustment 	Machine construction, covers, layout, footholds, space Covers, construction, layout, instrument position and orientation, operating-range display Position of lubricant inlet, construction, height, footholds, lubricant outlet, space Covers, construction, layout, size, footholds, space Machine layout; position of valves, switches, and levers; footholds Position of pressure gauges, thermometers, flowmeters, moisture gauges, vacuum gauges, etc.
4. Contamination Sources <ul style="list-style-type: none"> • Product • Raw materials • Lubricants • Gases • Liquids • Scrap • Other 	Leaks, spills, spurts, scatter, overflow Leaks, spills, spurts, scatter, overflow Leaking, spilt, and seeping lubricating oils, hydraulic fluids, fuel oil, etc. Leaking compressed air, gases, steam, vapors, exhaust fumes, etc. Leaking, spilt and spurting cold water, hot water, half-finished products, cooling water, waste water, etc. Flashes, cuttings, packaging materials, and nonconforming product Contaminants brought in by people, fork-lift trucks, etc. and infiltrating through cracks in buildings
5. Quality Defect Sources <ul style="list-style-type: none"> • Foreign matter • Shock • Moisture • Grain size • Concentration • Viscosity 	Inclusion, infiltration, and entrainment of rust, chips, wire scraps, insects, etc. Dropping, jolting, collision, vibration Too much, too little, infiltration, defective elimination Abnormalities in screens, centrifugal separators, compressed-air separators, etc. Inadequate warming, heating, compounding, mixing, evaporation, stirring, etc. Inadequate warming, heating, compounding, mixing, evaporation, stirring, etc.
6. Unnecessary and Non-urgent Items <ul style="list-style-type: none"> • Machinery • Piping equipment • Measuring instruments • Electrical equipment • Jigs and tools • Spare parts • Makeshift repairs 	Pumps, fans, compressors, columns, tanks, etc. Pipes, hoses, ducts, valves, dampers, etc. Temperatures, pressure gauges, vacuum gauges, ammeters, etc. Wiring, piping, power leads, switches, plugs, etc. General tools, cutting tools, jigs, molds, dies, frames, etc. Standby equipment, spares, permanent stocks, auxiliary materials, etc. Tape, string, wire, metal plates, etc.
7. Unsafe Places <ul style="list-style-type: none"> • Floors • Steps • Lights • Rotating machinery • Lifting gear • Other 	Unevenness, ramps, projections, cracking, peeling, wear (steel deckplates) Too steep, irregular, peeling anti-slip covering, corrosion, missing handrails Dim, out of position, dirty or broken covers, not properly explosion-proofed Displaced, fallen off or broken covers, no safety or emergency stop devices Wires, hooks, brakes, and other parts of cranes and hoists Special substances, solvents, toxic gases, insulating materials, danger signs, protective clothing, etc.

only be fixed by a specialist or the manufacturer — ask the maintenance department to deal with it right away.

ONE-POINT LESSON SHEET

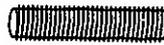
Device name: Bolt
 Date prepared: 18 February 1986
 Topic: Types of Bolts and Screws

No: BN-51
 Prepared by: Johnson
 Approved by: Section Manager

Learn the Proper Term!



Hexagonal bolt



Stud bolt



Fully-threaded hexagonal bolt



Flanged hexagonal bolt



Cap screw



Set screw (slotted or Allen-type)

Remarks:	Terminology for bolt ordering, handling and parts control to be standardized as per this sheet.											
Department	CCRs	UTY2	Pckg	Cube Sugar	Prod. Cont.	Facil.	Gen. Aff.	Admin.				
Date taught	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	Passed
Name												

Figure 4-3. Sample One-Point Lesson Sheet

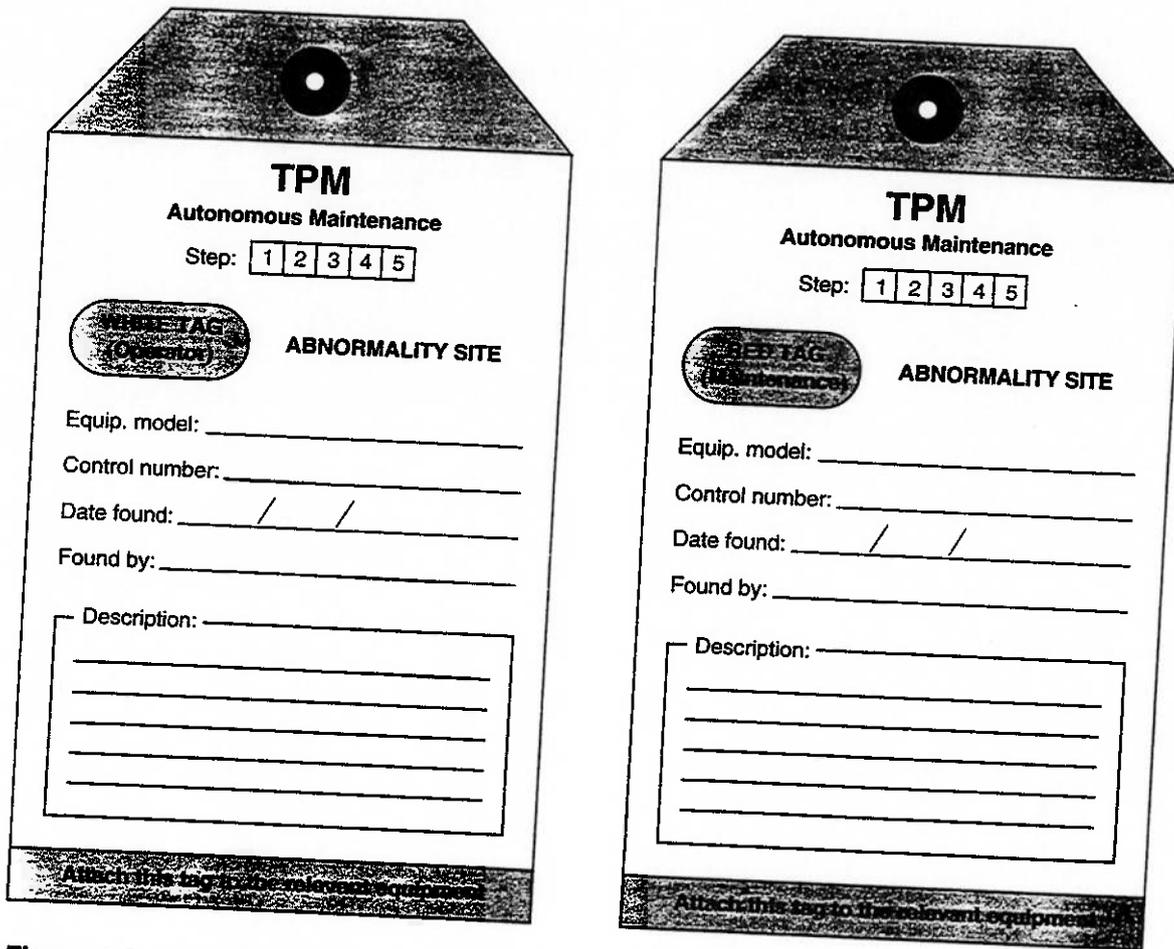


Figure 4-4. Tags for Marking Abnormalities

Lubricate. Lubrication is one of the most important basic conditions for preserving equipment reliability. It is designed to ensure efficient working by preventing wear or burnout, maintaining the operational precision of pneumatic devices, and reducing friction. Often, however, equipment is lubricated carelessly. Workplaces often operate under conditions such as the following:

- People who do not understand the necessity and importance of lubrication make statements like this: "The oil in this machine hasn't been changed for five years, but it's still going strong."
- Operators are not taught the principles of lubrication or the problems that improper lubrication can cause.
- Far too many different types of lubricant are used and too many lubrication sites are inaccessible.

TPM
 Location: CCR
 Equipment: Crystallizers Nos. 1-4
 Group: Sprinter
 Leader: Hicks
 Tag No: MA-681O-40
 Prepared: 6/25/85
 Revised: 12/3/85

CHECKING THROUGH CLEANING									
Part	Standard	Method	Tool	Action if abnormal	Time (min)	Interval	Resp.		
						Dy	Wk	Mo	Yr
1 Motor section	No dirt or oil spills	Wipe	Brush	—	10	○			
1-1 Transmission	No vibration, abnormal noise, overheating	Hand	—	Inform supervisor	(1)	○			Bova
1-2 Oil-level gauge	Specified quantity	Eye	—	Fill to mark		○			
1-3 Chain and sprocket	No abnormal noise, adequately lubricated	Hand	—	Lubricate		○			
2 Outboard bearing	Clean	Wipe	Brush	—	10	○			
2-1 Gland	No leaks	Hand	Wrench	Tighten or replace	(1)	○			
2-2 Bearing	No overheating or slackness	Hand	—	Lubricate/observe; tighten if nec.	(1)	○			
2-3 Cooling-water box	No leaks	Hand	Wrench	Tighten or replace	(0.5)	○			
3 Around Inboard shaft	Clean	Wipe	Brush	—	Wk: 12.5 Mo: 5	○			Worm cover
3-1 Gland	Not leaking	Hand	Wrench	Tighten or replace	(1)	○			
3-2 Bearing	No overheating or slackness	Hand	—	Lubricate/observe; tighten if nec.	(1)	○			
3-3 Gland drip pan	No accumulation	Recover	Scrapers	Check gland	10	○			
3-4 Worm bearing/worm wheel	No unusual noise, overheating, or thread deformation	Hand	—	Inform supervisor	(3)	○			
Time required (min)									
LUBRICATION									
Lube point	Lube type	Lube qty	Method	Tool	Time (min)	Interval	Resp.		
						Dy	Wk	Mo	Yr
1-1 Speed reducer	Daphne Super CS #68	12	Oil can	Oil can	10	○			Gibbs
1-3 Chain	Fully oiled	By hand	By hand	—	0.5	○			
2-2 Outboard bearing	Grease	Tym cap 2-3 times	By hand	—	3	○			
3-2 Inboard bearing	#220S	26	Oil can	Oil can	10	○			2X

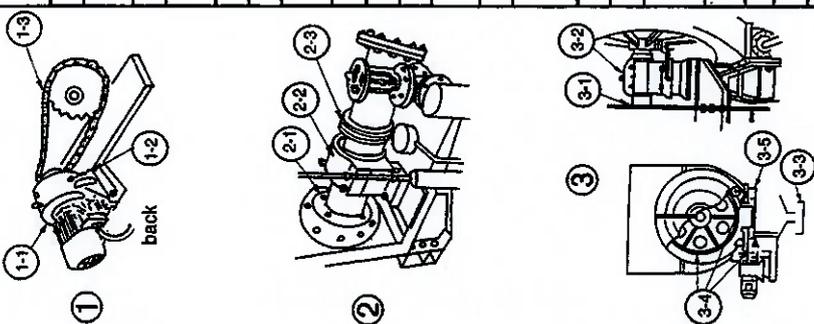


Figure 4-8. Sample of Provisional Cleaning, Checking, and Lubricating Standard

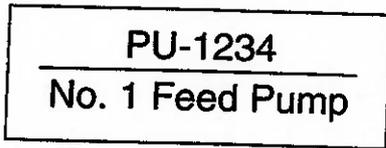


Figure 4-9. Equipment Nameplate

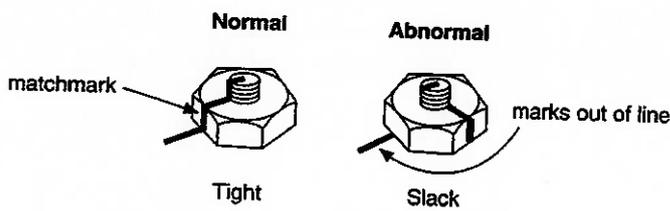


Figure 4-10. Matchmarks for Nuts and Bolts

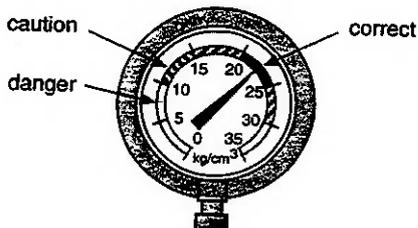


Figure 4-11. Pressure Gauge Operating Range Indicators

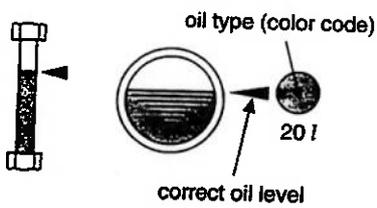


Figure 4-12. Oil Level and Type Indicators

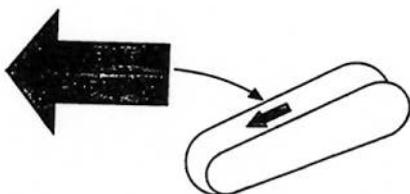


Figure 4-13. V-Belt Label and Direction Indicator

6.4 Manutenção Progressiva

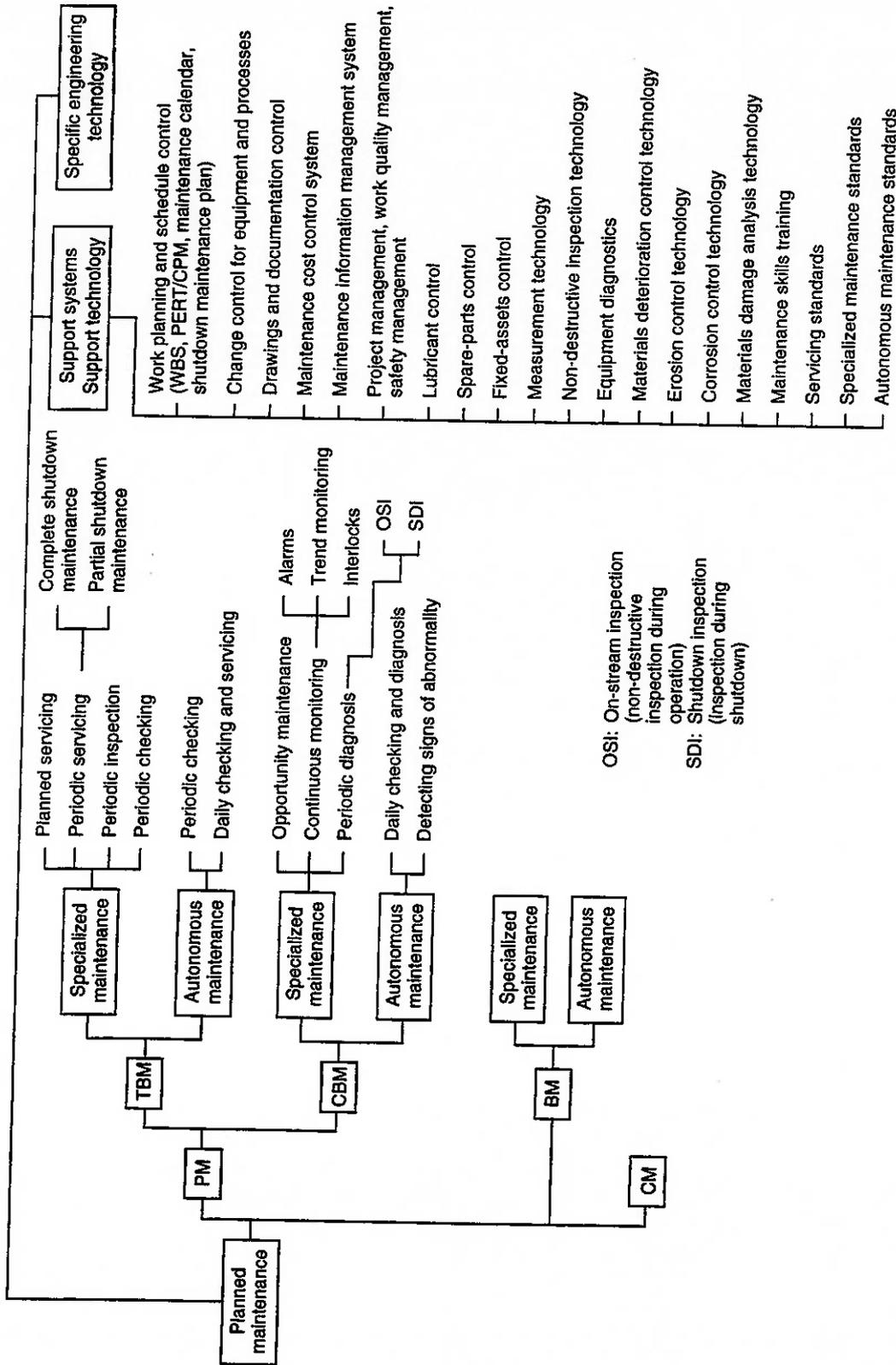


Figure 5-5. Planned Maintenance System Showing Allocation of Responsibility

Table 5-4. Four Phases to Zero Breakdowns for Static Equipment

Columns, tanks, piping, heat exchangers, furnaces, valves, measuring instruments, etc.

Phase 1: Establish Basic Conditions	<p>A. Exteriors (parts in contact with the outside environment)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Remove corrosion products and keep surfaces dry 2. Replace damaged, discolored thermal insulation; investigate reasons for deterioration 3. Check for corrosion inside insulation; dry affected parts 4. Investigate/repair leaks and seepage 5. Check for damaged piping supports 6. Investigate causes of vibration and shock (water hammer, etc.) 7. Remove corrosion products from beams, supports, and other structures, repair where necessary <p>B. Interiors (parts in contact with process fluids, steam, water, etc.)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Investigate/repair internal corrosion, deformation, slackness, fallen-off parts 2. Investigate/repair corrosion and cracking of main units 3. Investigate/remove contamination, scaling, blocks, etc. 4. Investigate variations in operating conditions and equipment conditions
Phase 2: Correct Weaknesses	<p>A. Exteriors (parts in contact with the outside environment)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Repair and prevent local corrosion 2. Repair and prevent rainwater ingress 3. Repair and prevent leaks and seepage 4. Alleviate or prevent vibration and shock 5. Improve beams, supports, and other structures <p>B. Interiors (parts in contact with fluids, steam, water, etc.)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Relieve stress concentrations (static loads, dynamic loads, thermal stress) 2. Relieve and improve thermal fatigue 3. Correct and prevent local corrosion 4. Correct and prevent leaks and seepage 5. Introduce improvements to prevent contamination and scaling 6. Introduce improvements to prevent blocks 7. Introduce improved methods of adding process-problem prevention agents (such as polymerization inhibitors) <p>C. Common Items</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Investigate and adopt novel anticorrosion and antierosion coatings 2. Investigate and adopt novel corrosion-resistant materials 3. Improve gasket coatings 4. Introduce improved repair techniques such as thermal spraying
Phase 3: Restore Deterioration	<p>A. Exteriors (parts in contact with outside environment)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Check exteriors regularly 2. Rustproof and paint exteriors periodically 3. Periodically renew insulation and supports <p>B. Interiors (parts in contact with process fluids, water, steam, etc.)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perform periodic overhaul inspection 2. Periodically replace internal parts 3. Periodically repair and renew deteriorated parts 4. Descale periodically 5. Plan and implement medium-term and long-term renovation plans for piping, tanks, heat exchangers, etc. 6. Identify relationships between rate of equipment deterioration and process conditions such as raw material properties and operating conditions
Phase 4: Predict and Extend Equipment Lifetimes	<p>A. Predict materials deterioration and extend lifetimes</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perform non-destructive material tests 2. Perform destructive tests and microstructure tests on samples 3. Investigate and analyze deterioration mechanisms by destructive and non-destructive testing 4. Develop and introduce internal corrosion monitoring devices and technology for equipment such as piping 5. Develop novel materials and technology to extend equipment life 6. Investigate repair and fabrication techniques such as welding and thermal spraying 7. Review and improve operating conditions <p>B. Predict process failures and lengthen descaling intervals</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lengthen descaling intervals by monitoring contamination and adhesion and employing initial in-line cleaning 2. Extend continuous operation by analyzing changes in raw materials, operating conditions and equipment conditions, and relating these to the occurrence of contamination and adhesion

Table 5-8. Sample Audit Sheet for Planned Maintenance Step 1

PLANNED MAINTENANCE AUDIT						
Step 1: Evaluate Equipment and Understand Conditions						
Location: _____		Self-Audit (90+): _____				
Date: _____		Section Mgr. Audit (85+): _____				
Auditor: _____		Sr. Mgt. Audit (80+): _____				
Activity	Key Audit Points	Max. Pts.	100%	80%	60%	Remarks
1. Prepare equipment logs	• Logs prepared for every item of equipment?	10				
	• Logs include failure histories?	5				
	• Logs include repair histories?	5				
2. Evaluate equipment and select PM equipment	• Are equipment evaluation attributes and criteria formulated? Are they appropriate?	5				
	• Has all equipment been evaluated?	5				
	• Is selection of PM equipment and components appropriate?	5				
	• Is PM equipment clearly marked as such?	5				
3. Perform failure ranking	• Are equipment failures appropriately defined?	5				
	• Are idling and minor stops appropriately defined?	5				
	• Are process failures appropriately defined?	5				
4. Understand conditions and level of maintenance	• Are failures and minor stops tallied and graphed?	10				
	• Are failure frequencies and severities known?					
	• Are MTBFs known?					
	• Are major and intermediate failures recorded on charts?	5				
	• Are maintenance costs known? Are their application categories clear?	5				
5. Benchmark and set goals	• Are benchmarks and reduction goals for failures, idling, and minor stops set appropriately?	5				
	• Are MTBF benchmarks and goals set appropriately?	5				
	• Are benchmarks and goals for breakdown maintenance rates and periodic maintenance rates set appropriately?	5				
6. Prepare action plan	• Is there an action plan for step-by-step development?	5				
	• Have preparations been made to proceed to Step 2 and are responsibilities clearly allocated?	5				

- Prepare one-point lesson sheets and teach operators about the structure and functions of their equipment.
- Give hands-on guidance to operators on inspection, restoring equipment, and making small improvements.

To abolish environments that promote accelerated deterioration:

- Advise operators on how to address contamination sources and hard-to-lubricate places.
- Eliminate major contamination sources.

To establish basic equipment conditions:

- Prepare visual control standards and help operators implement them.
- Assist operators in preparing provisional daily checking standards.
- Teach operators about lubrication and standardize lubricant types.

Correct Weaknesses and Lengthen Equipment Life

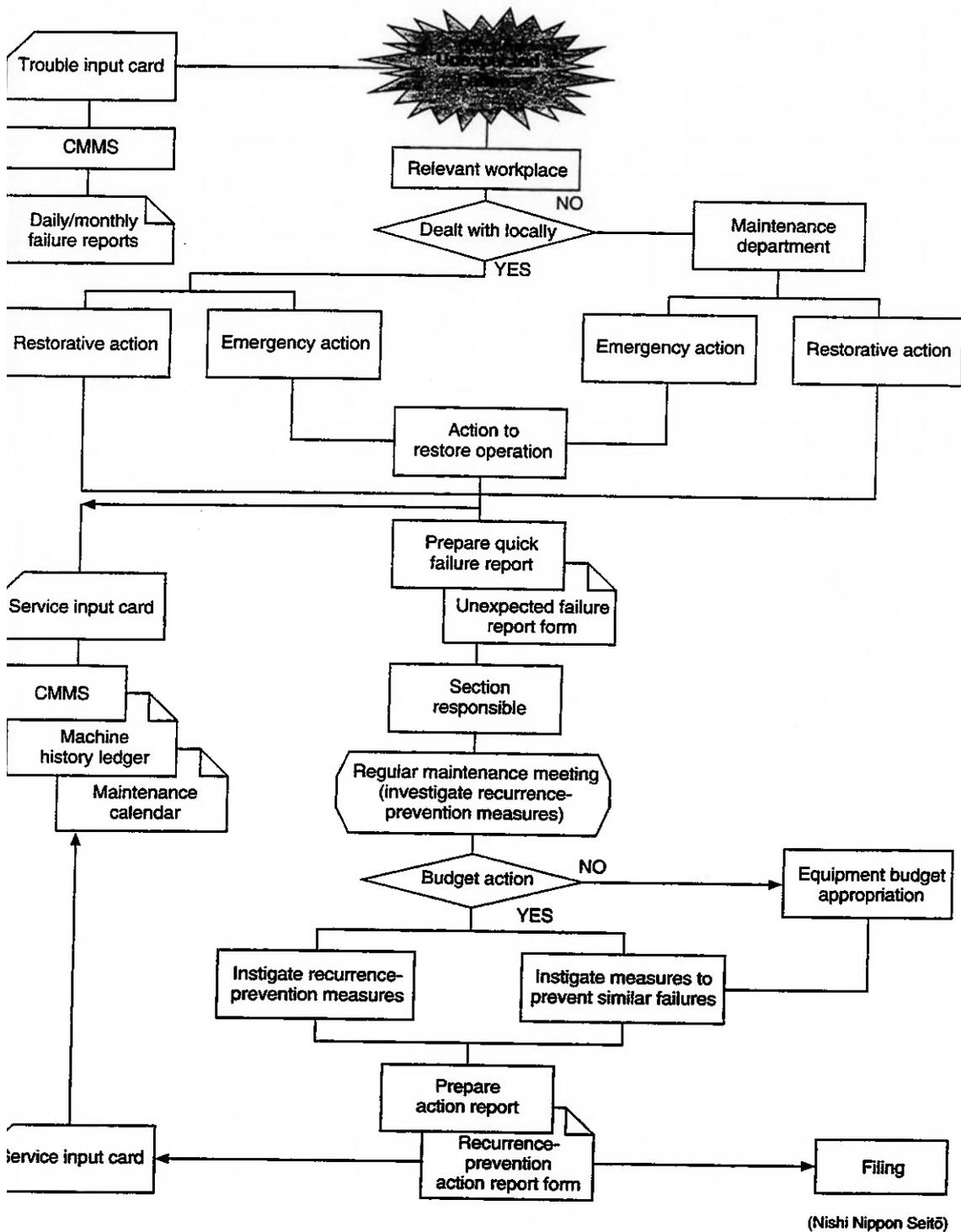
In addition to accelerated deterioration, equipment may also suffer from inherent weaknesses generated during design, fabrication, and installation. Weaknesses may also become apparent when equipment is operated outside its design conditions. Teams should use techniques such as FMEA (failure mode and effects analysis) and P-M analysis to analyze failures due to such weaknesses and then correct them. Otherwise, unexpected failures will undermine any benefits planned maintenance might be expected to have.

Prevent Recurrence of Failure

Use failure analysis to deal with the type of major and intermediate failures that halt production lines. Also investigate the possibility of similar failures that occur in other equipment and take steps to prevent them. The flow-sheet in Figure 5-9 outlines a procedure for preventing the recurrence of unexpected major and intermediate failures. Table 5-12 offers a format for reporting failure analysis and preventive measures taken.

Reduce Process Failures

Process failures are usually caused by combinations of equipment and process factors such as:



(Nishi Nippon Seitō)

Figure 5-9. Flow Diagram for Preventing Recurrence of Unexpected Failures

investment projects during the shutdown maintenance period, therefore improving the efficiency of shutdown maintenance is important.

Table 5-13. Sample Safety Procedures Completed before Starting Maintenance Work

I. Duties of Work and Inspection Supervisors

Para. 110: Work and inspection supervisors ("supervisors") shall endeavor to prevent danger and injury by:

- observing all legal requirements and plant regulations
- taking all safety precautions directed by the safety manager or the relevant equipment manager
- and ensuring that those performing the work do likewise

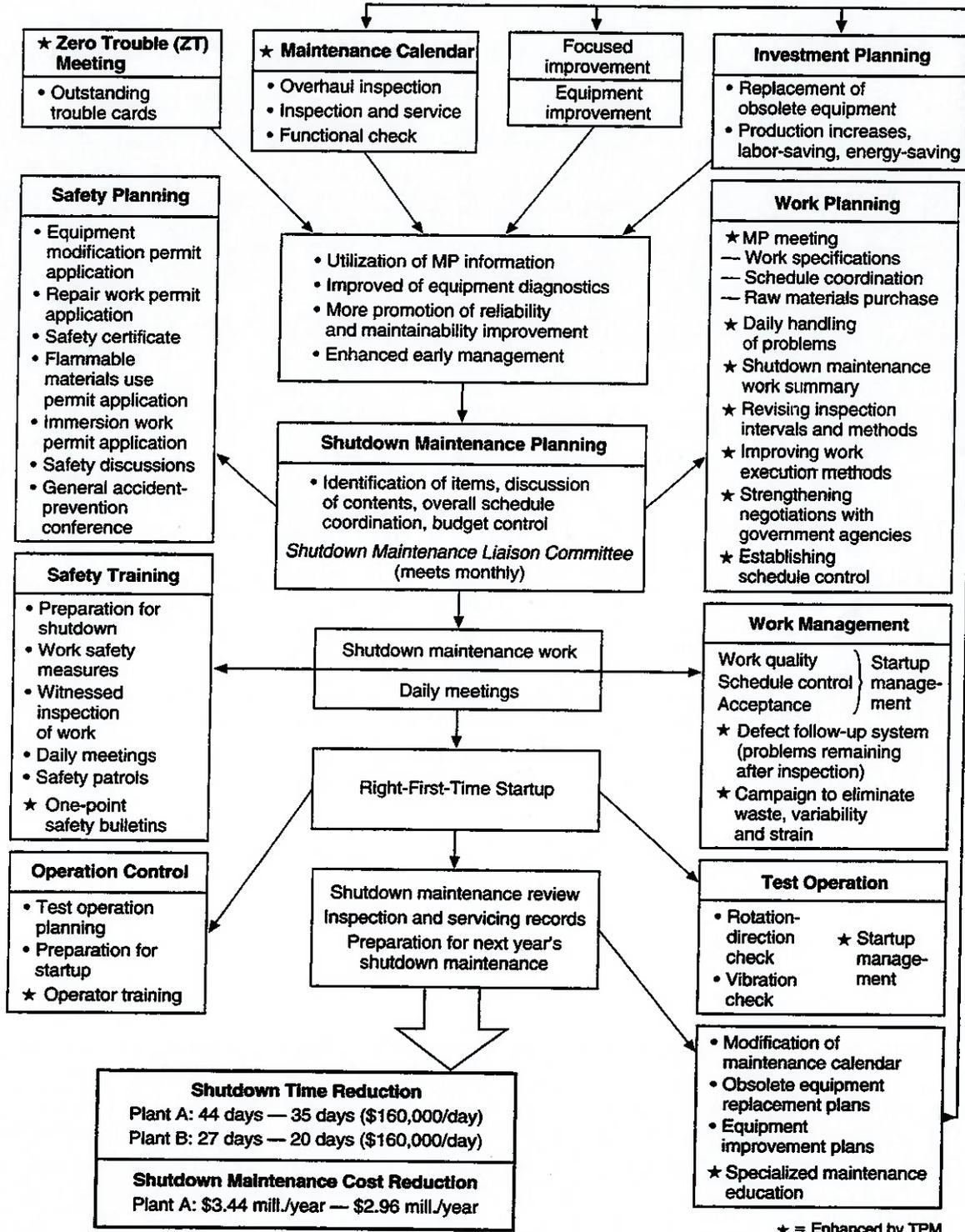
II. Procedure to be Followed Before Commencing Work

Para. 111: Supervisors will not order work or inspection to begin unless the following actions have been taken and confirmed with the safety manager, the manager of the section in which the relevant equipment is located, and those carrying out the work.

1. When working in dangerous areas in the presence of petrochemical products or reagents and gases used in refining processes or performing special tasks such as moving heavy loads:
 - The work plan is only drawn up *after* the area has been checked and all questions of safety have been settled in respect of schedule, techniques, setup procedures, and supervision and direction of the work;
 - A specific person has been placed in charge of the work;
 - Workers have been fully informed of the contents of the work plan and given any necessary safety training.
2. In accordance with "Work Commencement Authorization Regulations", authorization tags permitting work to begin or equipment to be opened up have been attached to the relevant equipment.
3. Safety devices and protective clothing required for the work have been overhauled and placed ready.
4. When pumps or compressors are to be repaired, the relevant drive motors have been switched off at both the worksite and the substation. Furthermore, a notice is displayed in the substation stating that work is being carried out.
5. When air-fin coolers and tank mixers are to be repaired, the relevant drive motor is switched off at the workplace. Furthermore, the workplace switch is chained to prevent it being operated, and a notice is displayed stating that work is being carried out.
6. The equipment about to be worked on is verified as the right equipment.
7. Pressure has been released and volatile materials have been purged from any equipment that must be dismantled or opened up; moreover, valves and stopcocks on chemical equipment have been tightly closed or blanking plates installed, in order to prevent dangerous substances or high temperature steam from being discharged into the work area; these valves, stopcocks, or blanking plates have also been chained, and either they carry notices stating that they must not be opened, or a person has been appointed to stand guard over them.
8. In addition, the procedures and conditions specified in "Procedures for Performing On-Site Work" have been complied with.
9. When commencing work, adequate precautions, particularly the connection of equipment to ground, have been taken to prevent discharges of static electricity when performing steam cleaning, kerosene washing, painting, or other spraying work.

Table 5-14. Work Commencement Authorization and Completion Report

Date: _____ Work #: _____ Auth. tag #: _____		Use of naked flame? <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
JOB	Facility: _____ New <input type="checkbox"/> Continued <input type="checkbox"/>	Auth. tag # _____	
	Work description: _____ Instructions: _____ Attendance required? <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		
Subcontractor: _____ Work superintendent: _____		Scheduled start time _____	
Work director: _____ # of workers: _____		Scheduled finish time _____	
Work site: _____ Equip. name: _____			
PRE-COMMENCEMENT CHECKPOINTS			
		Prod. Dept. Yes No Signed	Works Dept. Yes No Signed
1. Has person in charge checked details of the work?			
2. Is equipment properly purged; is internal pressure equal to atmospheric?			
3. Is equipment properly tagged?			
4. Are procedures for detecting flammable, toxic, and asphyxiatory gases completed?			
Flammable gases ___ %			
Toxic gases ___ ppm			
Asphyxiatory gases ___ O ₂ %			
5. Are blanking plates correctly attached to valves and other equipment?			
6. Is equipment switched off?			
Are switched-off signs attached? (on substation switch and workplace switch)			
7. Are drains properly sealed?			
8. Have flammable materials been removed or placed under guard?			
9. Are signs stating that naked flames are temporarily in use displayed in the workplace?			
10. Has permission been received for vehicles to be driven into danger zones?			
11. Are fire extinguishers installed?			
12. Are workers legally qualified?			
13. Is scaffolding correctly installed or scheduled to be installed?			
14. Are all relevant workplaces informed?			
15. Have steps been taken to assure safety even if measuring instrument circuits are interrupted?			
16. Is protective clothing provided? (artificial resuscitation equipment, gloves, safety belts, safety goggles, face masks, rubber boots, gas masks, respirator masks, and hose masks)			
17. Are work commencement authorization tags attached?			
Safety Confirmation	I have checked the condition of the equipment, materials, and surroundings, and I confirm that it is safe to carry out the work.		
Prod. Foreman/Team Leader: _____	Prod. Supervisor: _____		
Works Supervisor: _____			
Large Vessels	When large vessels are to be opened, entered, or sealed, obtain authorization in accordance with Work Commencement Authorization Regulations		
Inspection Manager: _____	Prod. Sect. Manager: _____		
Works Sect. Manager: _____	Safety/Security Manager: _____		
Completion Checkpoints		Works Dept./Subcontractor	
		Sect.	Comp. Signed Remarks
1. Have all flames been extinguished after use?			
2. Are all gas hoses and cables neatly and unobstructively arranged?			
3. Are switches on distribution boards and elsewhere turned off?			
4. Are temporary installations, e.g., scaffolding, fireproof walls, protective sheets, etc. satisfactorily secured against wind?			
5. Are equipment, materials, spares, etc. clean, tidy, and neatly arranged?			
6. Have you informed the Production Department that the day's work has been completed?			
Confirmation	I confirm that I have completed the above checks.		
Works supervisor/subcontractor work director: _____			
I confirm the results of the above checks			
Production Department — Confirmed by: _____ Time: _____			
Copies to: Prod. Sect. Manager, Works Sect. Manager, Safety/Security Sect. Manager, Subcontractor			



★ = Enhanced by TPM

Figure 5-17. Enhanced Planning of Shutdown Maintenance

Introducing Diagnostics for Static Equipment

Static equipment in process industries ranges in size from small stirrers and separators to huge columns and tanks. If overlooked, small materials defects or weld defects in such equipment may grow into large ones that can halt production and even cause major disasters. It is therefore vital to use equipment diagnostics to discover, diagnose, and predict deterioration. Table 5-17 shows some examples of diagnostic techniques for columns/tanks and piping/heat exchangers, while Table 5-18 shows an example of the diagnostic techniques used during normal operation and shutdown maintenance at a particular chemical plant.

Table 5-17. Diagnostic Techniques for Static Equipment

Abnormality	Cause	Diagnostic technique	Equipment
COLUMNS/TANKS			
Leaks	Corrosion, cracking, leaky packing	Visual inspection, soapy-water test, gas detection, wall-thickness measurement	Color-forming or foaming liquids, magnetic-powder flaw detectors, ultrasonic thickness gauges, gas detectors
Vibration	Transmission from outside	Vibration measurement	Vibration meter
	Abnormal gas/liquid flow	Analysis of operating conditions	Frequency analyzer, operating records
Internal contamination	Corrosion, abnormal internal fluids	Check operating conditions, analyze discharge	Radioscope, operating records
Internal damage	Loosening due to abnormal flow	Vibration, sound	Vibration meter, stethoscope, radioscope
PIPING			
	Leaks	Corrosion, erosion, perforation	Visual inspection, gas detection, foaming liquid test
	Leaky packing and gaskets	Thickness measurement	
Blocks	Stuck valves, foreign matter, accumulated sludge	Pressure-drop measurement, radioscopy	Pressure gauge, radioscope
Vibration	Resonance with rotating machinery vibration	Vibration measurement	Vibration meter
	Abnormal fluids flow	Investigate operating conditions	Operating records
	Abnormal supports	Visual inspection, vibration measurement	Vibration meter
Deformation, bending	Abnormal hangers and supports	Displacement measurement	Scale, level gauge, transit theodolite
	Abnormal external force, thermal stress	Check external forces and temperatures	Operating records

6.5 Manutenção da Qualidade

Table 7-7. Procedure for Implementing Quality Maintenance

Step	Details
1. Prepare QA matrix	Analyze relations between quality and processes/equipment: <ul style="list-style-type: none"> • Check quality characteristics • Investigate defect mode and subprocess where defect occurs • Assess seriousness of defect mode
2. Prepare production-input condition analysis table	<ul style="list-style-type: none"> • Check deficiencies in production-input conditions for each defect mode in each subprocess • Check whether standards exist and are being followed
3. Prepare problem chart	<ul style="list-style-type: none"> • Clarify production-input conditions for problems in each subprocess • Act promptly against problems that can be tackled on the spot. Carefully work out countermeasures for problems that cannot be dealt with immediately • Stratify defect modes, devise investigation techniques, and plan countermeasures
4. Evaluate seriousness of problems (FMEA 1)	This step directs the equipment improvement effort: <ul style="list-style-type: none"> • Prioritize problems by assessing their impact on the quality defect mode • Decide on the assessment scale in advance
5. Use P-M analysis to track down causes of problems	<ul style="list-style-type: none"> • For the most serious problems in the preceding step, clarify the actual phenomena • Investigate using techniques such as P-M analysis and propose countermeasures
6. Assess impact of proposed countermeasures (FMEA 2)	<ul style="list-style-type: none"> • Perform a preliminary evaluation of the post-improvement situation using FMEA
7. Implement improvements	
8. Review production-input conditions	<ul style="list-style-type: none"> • Review the production-input conditions identified in Step 2 • Check whether the production-input conditions are appropriate and correct
9. Consolidate and confirm check points	<ul style="list-style-type: none"> • Use the results of Step 8 to summarize the inspection items • Prepare a quality check matrix
10. Prepare a quality component control table and assure quality through strict condition control	<ul style="list-style-type: none"> • Standards must be numerical and observable

QUALITY MAINTENANCE IMPLEMENTATION: CASE STUDY

This section outlines the steps taken in a quality maintenance program implemented for the production of a certain product at Tokuyama Sekisui Industries' Nanyō Plant.*

* A full description of this implementation appears in Japanese in the proceedings of the 1989 *National Equipment Management Symposium*, edited by the Japan Institute of Plant Maintenance.

Table 7-10. Problem Chart for Drying Process

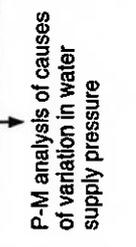
Process	Production Inputs (3M)	Problem	Defect Mode	Investigation Technique	Investigation Result	Suggested Action	Person Resp.
Recirc. • Transfer • Feed	Equipment	P11-D: leaky gland P11-D: overheated gland P11-D: gland water supply rate unknown P11-D: gland water supply pressure varies P14-D: gland water supply pump output pressure varies, reducing to under 5 kg/cm ²	Foreign matter	 P-M analysis of causes of variation in water supply pressure	<p>P-M analysis results:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pressure drops when water is used by other processes. Product changeover in compounding and drying processes Opening, polymerization and drying processes 	<ul style="list-style-type: none"> Isolate from changeover washing water supply, and ensure sufficient washing water is stored Improvement to be implemented and investigated by FW production group. 	Kramer Bills Kramer
		<ul style="list-style-type: none"> No gland leak rate tolerance standard Procedure for checking gland heating unclear No gland replacement standard No water supply rate standard <p>People • Methods</p>	Foreign matter	 P-M analysis of causes of variation in water supply pressure	<ul style="list-style-type: none"> Rate of 50 cc/mo. would be acceptable, but gland is currently leaking at 2 l/mo because of overheating in the past. The gland is also replaced often because of problems The cause of the pressure variation is as noted 	<ul style="list-style-type: none"> Replace gland periodically or according to leak rate Mark face of pressure gauge with appropriate values 	Lu Marks
Centrifugal separator	Equipment	<ul style="list-style-type: none"> PVC adhering to the decanter cover, leaking out and forming congealed lumps Interior of bearing is being contaminated by liquid PVC PVC adhesion 	Foreign matter	 P-M analysis of causes of foreign matter Check foreign matter generation frequency	<p>P-M analysis results:</p> <p>Comes in contact with carbon inside the bearing, forming discolored contaminant</p>	<ul style="list-style-type: none"> Prevent PVC from entering bearing 	Davies

Table 7-11. FMEA (1) for Drying Process

FMEA FOR PROBLEMS IN DRYING PROCESS									
Problem	Defect mode	Frequency	Effect	Detectability	Seriousness	Process where defect is detected	Detection method	Frequency	Effect
19. Generation of foreign matter by feed pump gland	Foreign matter	3	4	3	36	Process inspection	Contamination measurement	1	Occurs in past
20. Lumps formed during dewatering process	Black contamination Discolored contamination Scale Fish eyes	2	4	3	24	Process inspection	Contamination measurement	2	Occurs 1x/year
21. Feed control unstable	Moisture content Bulk density (BD)	4	3	2	24	Process inspection	Moisture content measurement BD measurement	3	Occurs 1x/6 mos.
22. PVC pocket, foreign matter entrainment pipe	Burnt deposits	4	2	3	24	Process inspection	Contamination measurement	4	Occurs 1x/mo.

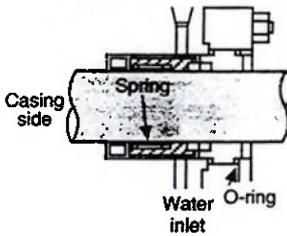
Effect	Frequency	Effect	Detectability
1	2	3	4
Does not cause defects	May cause defects	Indirect cause	Defect cause

Effect	Frequency	Effect	Detectability
1	2	3	4
By control room or during routine operation	By operation control	By process control	By product inspection

Table 7-13. Results of P-M Analysis of Drying Process

P-M ANALYSIS RESULTS OF DRYING PROCESS

○ : no abnormality
 △ : review
 × : implement countermeasure

Investigation	Assess Investigation Results	Propose and Implement Improvements
Investigate causes of insufficient cooling:		
1. Blockage in cooling-water line	No blockages exist, but there is a danger of backflow due to decreased water supply pressure	Countermeasures against gland problems: <ul style="list-style-type: none"> • Insufficient cooling arises from variations in the water supply pressure and flow rate due to sharing of the FW (filtered water) by other processes. • Change to a self-flushing-type mechanical seal unaffected by water-pressure fluctuations.
2. Increased gland leak rate	<ul style="list-style-type: none"> • Gland leakage increased as a result of gland packing wear • Burnt PVC was found in the gland packing section • Leak rate: 2.0 l/m 	
3. Displaced water-sealing ring	No displacement	
4. Blocked water-sealing ring	PVC adheres to water-sealing ring, causing PVC backflow	
5. Damaged shaft	No damage to shaft	
6. Reduced capacity of water supply pump	Water supply pump capacity normal (6 kg/cm ² during normal operation)	
Investigate pressure drop occurring when water is used by other processes:		Countermeasure against pressure variation in FW supply: <ul style="list-style-type: none"> • Take as much as possible of the washing water for other equipment and processes out of the shared line, and install dedicated pumps for product changeover. • Remodel FW production plant to increase supply.
1. Changeover in compounding process	6kg/cm ² → 5kg/cm ² 2x/mo.	Self-flushing Mechanical Seal 
2. Washing at beginning and end of opening process	6kg/cm ² → 4kg/cm ² 15x/mo.	
3. Supply of water to V15-K	6kg/cm ² → 5kg/cm ² 15x/mo.	
4. Changeover in drying process	6kg/cm ² → 4kg/cm ² 4x/mo.	
5. VCM removal	6kg/cm ² → 5kg/cm ² 80x/mo.	
6. Changeover from FW to PW	6kg/cm ² → 2.5kg/cm ² 3x/mo.	

6.6 Segurança

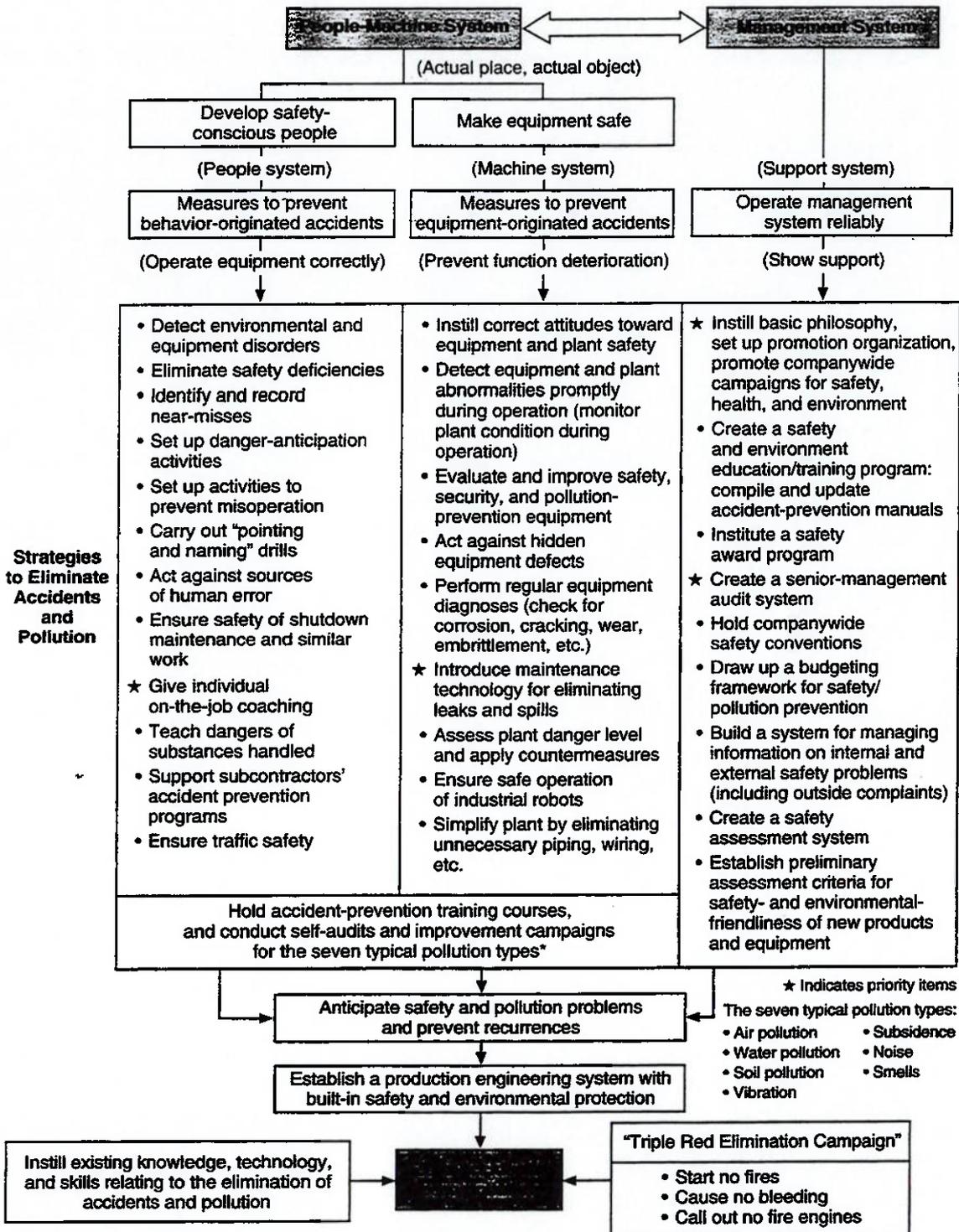


Figure 10-2. System of Activities for Eliminating Accidents and Pollution

Table 10-1. Overall Evaluation Checklist

Department: PAD No.3 WorkroomEvaluation date: 10/13/87Evaluator: Rieser

Item	5 pts	4 pts	3 pts	2 pts	1 pt	Comments
1. Has initial cleaning (Step 1) been performed thoroughly?		<input type="radio"/>				<i>Work hard to maintain and improve conditions based on the 3-S maintenance criteria</i>
2. Have contamination sources been listed and are countermeasures being steadily implemented?	XXXXXXXXXX					<i>Not applicable</i>
3. Are improvement suggestions being actively made?		<input type="radio"/>				<i>Target achieved. Keep up the good work.</i>
4. Is there enthusiasm among all team members for improving cleanliness?		<input type="radio"/>				<i>Activity boards could be improved</i>
5. Has the room been carefully cleaned, including walls and ceiling?	<input type="radio"/>					<i>Constant effort is important. Keep trying to maintain and improve present levels</i>
6. Have equipment, accessories, tools, etc. been overhauled; are they free of rust and peeling paint?		<input type="radio"/>				<i>After cleaning, paint parts requiring rust protection in standard colors</i>
7. Have matchmarks been applied to important nuts and bolts to facilitate detection of looseness?			<input type="radio"/>			<i>Establish fixed criteria for deciding which nuts and bolts are important, and apply matchmarks to the important ones</i>
8. Are control ranges clearly marked on ammeters, voltmeters, and pressure gauges, and are instruments securely fixed in readily visible locations?	XXXXXXXXXX					<i>Not applicable</i>
9. Has the necessary safety equipment been correctly installed, and is it tested regularly?	XXXXXXXXXX					<i>Not applicable</i>
10. Are contents and flow directions clearly displayed on pipes (color-coding contents), and are insulation and other items undamaged?	<input type="radio"/>					<i>There are few pipes, and these are being well maintained. No particular comment</i>
11. Are passageways and work areas clearly marked, tidy and well-organized?		<input type="radio"/>				<i>Passageways are difficult to mark, and work areas are clearly defined by the type of work performed in them, so the present situation is satisfactory</i>
12. Are required jigs, tools, and accessories provided, are their quantities marked, and are they stored in the correct places? Are any unnecessary?		<input type="radio"/>				<i>Jigs, tools, and accessories are organized and stored well. More must be done to indicate monthly usage and other data</i>
13. Are operation checks being performed correctly on principal machinery and equipment, and are accurate records kept?		<input type="radio"/>				<i>Be sure to enter required data. Initial instruction is important</i>
14. Are warning signs for explosives, flammables, organic solvents, radiation, pressure vessels, high voltage, etc. correctly displayed where necessary?	<input type="radio"/>					<i>No comment</i>
15. Is protective clothing clean, tidy, and stored in the right places? Is it properly checked?	XXXXXXXXXX					<i>Not applicable</i>

Table 10-2. Safety Checkpoints

Item	Checkpoints	Checked	Remarks
1. Covers, handrails, etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Have covers been fitted to prevent scattering of chips, coolant, etc? • Have safety covers been fitted over dangerous mechanisms such as rotating and sliding parts? Are they in good condition? • Have platforms and walkways been installed to facilitate cleaning, checking, adjustment, and lubrication? • Are guards, handrails, stoppers, and other safety devices intact? • Are fixed ladders over 2m high equipped with back guards? • Are handrails provided around walkways and openings? 		
2. Danger points	<ul style="list-style-type: none"> • Are inspection lights provided in pits and other dark areas? • Are work floors level and free of slippery spots? • Are transport devices such as chutes and conveyors safe and smooth-running? • Do doors of facilities such as soundproof rooms open both ways? • Is there any danger from falling objects? • Is there any risk of being burnt by touching steam pipes and other hot objects? • Are spaces such as warehouses and underground rooms properly equipped with exit signs and emergency lighting? 		
3. Operability	<ul style="list-style-type: none"> • Are start buttons, levers, and control panels appropriately positioned? • Do all levers, handwheels, and other controls operate easily? • Are equipment weights clearly displayed? 		
4. Safety equipment	<ul style="list-style-type: none"> • Does all fire-prevention equipment (sprinklers, smokeproof shutters, fire hydrants, gas detectors, fire extinguishers, etc.) work correctly? • Are emergency shutdown devices functioning properly? Are emergency stop buttons close at hand? • Are any operating buttons positioned so as to invite misoperation? • Do all klaxons, warning lamps, interlocks, limit switches, and similar devices operate correctly? 		
5. Danger and safety signs	<ul style="list-style-type: none"> • Are high-pressure gases, hazardous materials, chemicals, etc. correctly indicated? • Are adequate warning signs provided for toxic gases, asphyxiatory gases, and similar dangerous substances? • Are speed limits clearly posted? • Are danger signs provided on live high-voltage cables? • Are all necessary warning signs (<i>No Gloves, Beware Rotating Parts, Mind Your Head, Watch Your Step, etc.</i>) provided? 		
6. Passageway safety	<ul style="list-style-type: none"> • Have all temporary articles been authorized? Are any walkways unobstructed? • Are work areas, safety routes, and so on clearly marked? • Are storage areas for fuel, oxyacetylene cylinders, and so on properly enclosed and marked? 		

6.7 Treinamento

Table 8-1. Example of Skills Evaluation

Work Classification	Knowledge/Skill Item	Operator									
		Briggs	Meyer	Baker	Orloff	Jenkins	Jain	Saito	Gruber	Moss	
Basics	1 Use/knowledge of tools	○	○	△	○	○	○	○	○	○	
	2 Use/knowledge of nuts and bolts	○	○	△	○	○	○	○	○	○	
	3 Use/knowledge of keys	○	□	△	□	□	△	□	□	□	
	4 Knowledge of bosses and shafts and their fixing methods	△	□	●	△	△	□	△	△	□	
Workshop Skills	5 Theory/practice of scribing	○	○	△	○	○	○	○	○	○	
	6 Theory/practice of filing	○	●	●	●	□	□	△	○	□	
	7 Theory/practice of grinding	○	●	●	●	□	□	△	□	□	
	8 Theory/practice of welding	△	○	△	○	□	□	△	□	□	
Assembly	9 Use/knowledge of cams, ratchets, and Geneva drives	□	△	●	□	○	○	○	○	○	
	10 Use/knowledge of racks, pinions, and gears	□	□	△	□	○	○	△	△	○	
	11 Use/knowledge of clutches and brakes	○	△	△	○	□	△	△	△	△	
	12 Installation, adjustment, and knowledge of equipment for special-purpose machines	△	●	●	△	△	△	△	△	□	
	13 Ability to assess and act against unexpected failures	△	△	△	△	△	○	△	△	○	
Pneumatics/hydraulics	14 Use and knowledge of speed controllers, flow controllers, and check valves	△	△	●	△	○	○	△	○	○	
	15 Use/knowledge of FRLs	△	△	●	○	○	○	△	○	○	
	16 Use/knowledge of solenoid valves	△	△	●	○	○	○	△	○	○	
	17 Use/knowledge of cylinders	△	△	●	○	○	○	△	○	○	
	18 Use/knowledge of hydraulic and pneumatic piping and connectors	△	●	●	△	○	○	△	○	○	
19 Knowledge of pneumatic piping layouts	△	●	●	△	○	○	△	○	○		
Drawings	20 Knowledge of drawings	○	○	□	○	○	○	○	○	○	
Lubrication	21 Knowledge of lubrication	△	△	●	△	□	△	△	△	△	
Background knowledge	22 Knowledge of materials and their applications	○	●	●	●	●	●	●	○	●	
	23 Use/knowledge of measuring instruments	○	△	●	△	△	○	○	△	○	
Other	24 Use/knowledge of motors and transmissions	△	●	●	△	△	□	△	△	△	
	25 Use/knowledge of drive pumps and hydraulic pumps	△	●	●	●	●	□	●	△	□	
	26 Use/knowledge of parts feeders and feed tables	●	●	●	●	□	□	●	□	□	
Consumable Parts	27 Use/knowledge of bearings	○	●	●	●	□	□	□	□	□	
	28 Use/knowledge of O-rings and packings	△	△	●	●	△	△	△	△	△	
Safety	29 Knowledge of and attention to safety	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Score (max. 29)		Knowledge	24	19	24	19	20	19	9	16	26
		Skill	19	25	24	19	20	19	9	16	26
● Knowledge and skill both unsatisfactory ○ Knowledge and skill both satisfactory △ Knowledge satisfactory □ Skill satisfactory											

Training Milestone	Introduction (New Entrants)	Basic Skills (Grades 1-2)	Specialized Skills (Grade 3)	Management Skills (Grades 4-5)	Advanced Management Skills (Grade 6)	Basic Business Management Skills (Grades 7-8)
OJT	Departmental training	Departmental training	Departmental training	Departmental training	Departmental training	Departmental training
Self Development	<ul style="list-style-type: none"> • Video training courses • Training video rental system • Introduction of training texts • Correspondence-course system 					
Off-JT:						
Maintenance	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to equipment maintenance (1) • Practical workplace training • Interpreting drawings (1) 	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to equipment maintenance (2) • Interpreting drawings (2) 	<ul style="list-style-type: none"> • Maintenance classroom (elementary) • Industrial engineering course (1) • Numerical control course • Mold and die design course • Plastic molding course • Cable characteristics course (1) 	<ul style="list-style-type: none"> • Maintenance classroom (intermediate) • Industrial engineering course (2) • Plastic molding course • Cable characteristics course (2) • Financial statements course (1) 	<ul style="list-style-type: none"> • Maintenance classroom (intermediate) • Financial statements course (2) 	
Technology and Skills						
Management	<ul style="list-style-type: none"> • Accident prevention training (1) • Office automation course (A) • QC course (introductory) 	<ul style="list-style-type: none"> • Accident prevention training (2) • Office automation course (B) • QC course (elementary) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cost control course (1) • Management-by-objectives training (1) • Office automation classroom (elementary) • QC circle leaders' course (elementary) • QC course (intermediate) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cost control course (2) • Management-by-objectives training (2) • Office automation classroom (intermediate) • QC circle leaders' course (intermediate) • QC course (advanced) 	<ul style="list-style-type: none"> • Office automation classroom (advanced) • QC circle leaders' course (advanced) 	<ul style="list-style-type: none"> • Office automation classroom (advanced)
Grade-Specific Training	<ul style="list-style-type: none"> • President's training (1) • Follow-up training • Customer-contact course (1) • Group training for new entrants • Pre-entry training 	<ul style="list-style-type: none"> • President's training (2) • Graduates' residential training • Customer-contact course (1) 	<ul style="list-style-type: none"> • President's training (3) • Group leaders' course (introductory) • Management training program (introductory) • Customer-contact course (2) 	<ul style="list-style-type: none"> • President's training (4) • Group leaders' course (advanced) • Management training program (introductory) • Technical Research Institute training • Top-management lecture 	<ul style="list-style-type: none"> • Director's seminar training program (intermediate) 	<ul style="list-style-type: none"> • Senior management training • Managers' seminar training program (advanced) • Management seminar • Departmental seminar

Table 8-4. Maintenance Skills Training Curriculum

ADVANCED CURRICULUM (16 units)			
① Company and Organization <ul style="list-style-type: none"> • Company and objectives • Company and organization • Organization and management 	② Duties of Front-line Supervisors <ul style="list-style-type: none"> • Line and staff • Self-assessment 	③ Equipment Management <ul style="list-style-type: none"> • Importance of equipment to company • Equipment management and its function 	④ Maintenance Management <ul style="list-style-type: none"> • Relation between maintenance management and production • Functions of maintenance management (technical and financial)
⑤ Equipment Life and Processing Costs <ul style="list-style-type: none"> • Life-cycle cost • Processing-cost reduction topics 	⑥ Production Budget and Its Function <ul style="list-style-type: none"> • Systems and functions • The role of line and staff 	⑦ AM Practice I: Measuring and analyzing the status quo	⑧ AM Practice II: Measuring and analyzing the status quo <ul style="list-style-type: none"> • Analyzing problems • Proposing and implementing countermeasures
⑨ PM Practice I: Measuring and analyzing the status quo <ul style="list-style-type: none"> • Technical activities • Economic activities 	⑩ PM Practice II: Measuring and analyzing the status quo <ul style="list-style-type: none"> • Analyzing problems • Proposing and implementing countermeasures 	⑪ PM Practice III: Measuring and analyzing the status quo <ul style="list-style-type: none"> • Designing and applying maintenance standards • Evaluating status and effectiveness 	⑫ PM Practice IV: Measuring and analyzing the status quo <ul style="list-style-type: none"> • Drafting and implementing maintenance work plans • Evaluating status and effectiveness
⑬ PM Practice V: Measuring and analyzing the status quo <ul style="list-style-type: none"> • Assessing maintenance records and reports and using them for failure control and improvement 	⑭ Maintenance Budget Control <ul style="list-style-type: none"> • System and use • Reducing maintenance costs • Measuring and evaluating results 	⑮ Manager Skills I <ul style="list-style-type: none"> • In-house training • Ability development 	⑯ Manager Skills II <ul style="list-style-type: none"> • Using training plans • Progress control (skill inventory) • Skill assessment techniques

INTERMEDIATE CURRICULUM (20 units)			
① Equipment Maintenance Approaches <ul style="list-style-type: none"> • Preventive maintenance • Corrective maintenance • Maintenance prevention • Breakdown maintenance 	② Understanding Maintenance Systems <ul style="list-style-type: none"> • Daily maintenance • Checking standards • Periodic inspection • Repair standards 	③ Applied Statistics <ul style="list-style-type: none"> • Abnormality and failure records and their application (implementation and control) 	④ Maintenance Planning <ul style="list-style-type: none"> • Use of maintenance calendars
⑤ Maintenance Skills Practice <ul style="list-style-type: none"> • Revision and augmentation of key maintenance skills 	⑥ Developing and Applying Checking and Inspection Standards	⑦ Piping Fabrication and Installation <ul style="list-style-type: none"> • Formulating piping fabrication and installation work standards 	⑧ Mechatronics Overview <ul style="list-style-type: none"> • Data flow • Machine construction and actions
⑨ Failure Detection Techniques <ul style="list-style-type: none"> • The relation between deterioration and abnormality/failure; countermeasures • Statistics and their use in failure reduction 	⑩ Condition-Monitoring and MTBF <ul style="list-style-type: none"> • PdM practice • Noise • Vibration • Temperature • Insulation resistance 	⑪ Detecting Abnormalities and Failures <ul style="list-style-type: none"> • Case studies 	⑫ "Worst" Case Analysis <ul style="list-style-type: none"> • Presentation of "worst five" examples in trainees' own workplaces • Investigation of countermeasures

AM = autonomous maintenance
PM = planned maintenance

<p>13 Equipment Checking and Maintenance</p> <ul style="list-style-type: none"> • Checking and maintaining components • Periodic checking and maintenance 	<p>14 Equipment Inspection</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparing process tables • Preparing inspection checksheets • Dynamic and static inspection • Disassembly and cleaning 	<p>15 Equipment Repair Practice</p> <ul style="list-style-type: none"> • Understanding equipment construction and functions; practice in performing and recording repairs in accordance with block diagrams 	<p>16 Injection Molders</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clamps • Injectors • Controllers
<p>17 Hydraulic Equipment and Circuits</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hydraulic systems (injection molders and presses) • Structure and operation of hydraulic equipment • Hydraulic device actuation and circuits 	<p>18 Hydraulic Equipment Maintenance</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daily and periodic checks • Maintenance • Troubleshooting 	<p>19 Mechanical Adjustment Skills</p> <ul style="list-style-type: none"> • Checking and trial operation • Adjustment and setting of parts • Control devices 	<p>20 Electrical Circuits</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interpreting elementary wiring diagrams • Sequencers • Troubleshooting

ELEMENTARY CURRICULUM (16 units)

<p>1 Basic Nuts and Bolts</p> <ul style="list-style-type: none"> • Use and maintenance of nuts and bolts 	<p>2 Applying Correct Tightening Torques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Practice in performing workplace checks 	<p>3 Lubrication Basics</p> <ul style="list-style-type: none"> • Use and maintenance of lubricant oils and greases • Practice in assessing lubricant deterioration 	<p>4 Basic Seals</p> <ul style="list-style-type: none"> • Use and maintenance of packings and gaskets • Practice in performing workplace checks
<p>5 Interpreting Mechanical Drawings</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basic fitting • Materials symbols 	<p>6 Basic Keys and Couplings</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basic knowledge, use, and maintenance of bearings 	<p>7 Basic Gears</p> <ul style="list-style-type: none"> • Use and maintenance of belts and chains 	<p>8 Review Practice</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disassembly, assembly, and test operation of practice equipment
<p>9 Basic Electricity</p> <ul style="list-style-type: none"> • Electrical devices and symbols • Interpreting sequence diagrams • Use of electrical testing devices 	<p>10 Basic Sequencing</p> <ul style="list-style-type: none"> • Practice in circuit wiring • Holding circuits • Motor start-stop circuits • Thermal relay circuits 	<p>11 Limit Switch Circuits</p> <ul style="list-style-type: none"> • Timer circuits • Interlock circuits • Motor forward-reverse circuits • Circuit fault detection 	<p>12 Basic Electrical Maintenance</p> <ul style="list-style-type: none"> • Safety • Practice in performing workplace checks
<p>13 Basic Hydraulics and Pneumatics</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basic hydraulic and pneumatic circuits • Disassembly of practice hydraulic systems 	<p>14 Hydraulics Structure and Functions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Assembly and test operation of practice equipment • Preparation of hydraulic cycle line diagrams 	<p>15 Hydraulics and Electrical Systems</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hydraulic circuits and electrical circuits • Preparation of timing charts 	<p>16 Fault Detection</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fault detection using practice hydraulic systems • Practice in performing workplace checks • Summary

BASIC CURRICULUM (3 units)

<p>1 Principal Equipment Units</p> <ul style="list-style-type: none"> • Types and names of injection molders • Guided tour of production equipment • Equipment safety 	<p>2 Ancillary Equipment</p> <ul style="list-style-type: none"> • Types and names of ancillary equipment • Guided tour of ancillary equipment 	<p>3 Dies</p> <ul style="list-style-type: none"> • Types and names of injection molding dies • Types and names of metal press dies 	
---	--	---	--

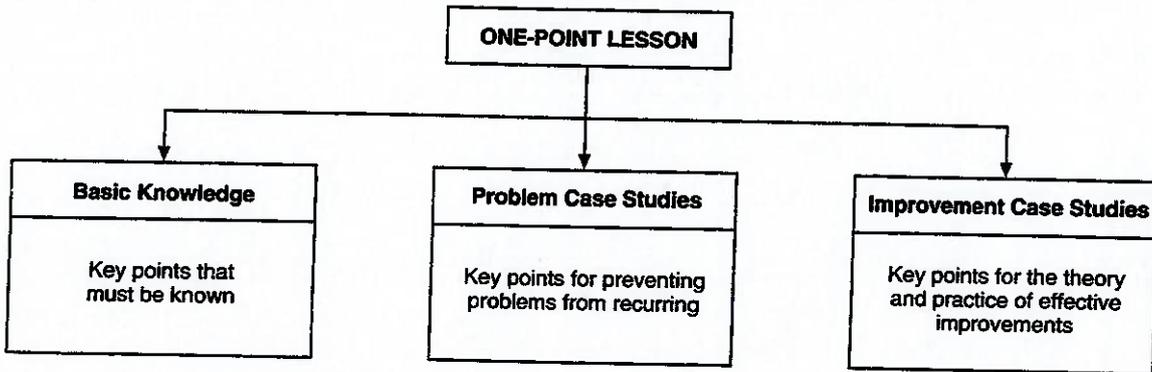


Figure 8-5. Types of One-point Lesson

ONE-POINT LESSON	Dept.: _____ Date prepared: _____ Team: _____ Prepared by: _____																		
The Role of FRLs-Lubricators	Type: Basic pneumatic device																		
<p>Principles</p> <ul style="list-style-type: none"> • The surface of the oil inside the sight glass (A) remains constantly under the pressure of the air on the inlet side. • When the pneumatic device actuates, the inlet-side pressure exceeds the outlet-side pressure. Oil is drawn up the suction pipe and forms a droplet (B). • This droplet falls down and mixes with the incoming air (C). • The oil is atomized and passes out with the outgoing air. 	<p style="text-align: center;">Drip-rate Adjustment</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adjust the drip rate so that a drip is formed while the piston of the hydraulic device is still moving. • If the oil drop forms after the piston has completed a full stroke, the cylinder walls will not be lubricated. • Do not allow the oil level to fall below the suction pipe intake 																		
Training Completed	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:15%;">Date:</td> <td>25 August 1986</td> <td style="width:15%; text-align: center;">•</td> <td>29 August 1986</td> <td style="width:15%; text-align: center;">•</td> <td style="width:15%; text-align: center;">•</td> </tr> <tr> <td>Trainee:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Checked:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Date:	25 August 1986	•	29 August 1986	•	•	Trainee:						Checked:					
Date:	25 August 1986	•	29 August 1986	•	•														
Trainee:																			
Checked:																			

Figure 8-6. Sample One-Point Lesson

7 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Tokutaro, S. *TPM in Process Industries*. Productive Press, Portland, c1995
2. Shirose, K. *TPM – Total Productive Maintenance –New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries, c1996, 1999, Atlanta, Georgia.*
3. Nakajima, S *Introdução ao TPM*. Imc Internacional Sistemas Educativos, 1989, São Paulo,
4. Nepomuceno, L. X. *Manutenção Preditiva em Instalações Industriais*. Editora Edgard Blücher LTDA. Editado em 1985.
5. Tavares, L. A. *Controle de Manutenção por Computador*, Editora Técnica LTDA. Rio de Janeiro, 1987.
6. Lewis, E. E. *Introduction to Reliability Engineering*, New York, Wiley, c1987.
7. Shirose, K *PM Analysis an Advanced Step in TPM Implementation*, Portland, Productive Press, c1995.
8. Lafraia, J. R. *Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade, Quality Mark*.

APÊNDICE A

Com a Implementação do TPM os operadores passarão a exercer um maior número de atividades diárias, além de operar os equipamentos.

Com o intuito de não sobrecarregar os operadores das tarefas de preenchimento de formulários e para facilitar a integração entre as diversas funções e departamentos passa a ser viável o desenvolvimento de um software que encurte as distâncias de comunicação e reduza o tempo de preenchimento de documentos.

Este apêndice tem como objetivo mostrar como seria parte de um software que facilitasse as tarefas da manutenção autônoma. Devemos deixar claro que este software é bem simplificado e não segue um planejamento de projeto adequado, pois o único objetivo desse apêndice é mostrar a viabilidade de um possível software do TPM. Além disso, o objetivo deste trabalho não foi criar um sistema informatizado, mas sim fazer um estudo de caso de aplicação do TPM.

As telas a seguir mostram a interface gráfica do software.

A interface gráfica do software 'Cadastro de Item LIL' apresenta um cabeçalho azul com o título 'Cadastro de Item LIL' em branco. Abaixo do cabeçalho, há um link '<<VOLTAR' em azul. À esquerda, uma mensagem indica 'Campos em vermelho: Preenchimento obrigatório'. O formulário principal, sobre um fundo azul, contém os seguintes campos de entrada:

- Código:
- Equipamento:
- Componente:
- Período:
- Tipo de Inspeção:
- Responsável:

Na base do formulário, há dois botões: 'ENTRA' e 'RESET'.

Consulta LIL

[<<VOLTAR](#)

- Código
- Equipamento
- Responsável
- Equipamento + Data Programada

Data Programada:

Equipamento:

- Empacotadora
- Embaladora
- Esteira
- Silo

Só Manutenção em Atraso

Resultado da Consulta de LIL

[<<VOLTAR](#)

Para Alterar ou Registrar Manutenção Digite o Código de LIL e Selecione a opção Desejada

Código:

Registrar Manutenção

Alterar Item LIL

Código: 00005

Equipamento: Embaladora

Componente: Pistão Pneumático

Período: 3 Meses

Responsável: Gilberto

Código: 00006

Equipamento: Embaladora

Componente: Correia

Período: 1 Mês

Incluir Etiqueta de Defeito

[<<VOLTAR](#)

Código:

TIPO: Autônoma

Equipamento:

Componente:

Responsável:

Descrição:

ENTRA

RESET

Consulta Etiqueta de Defeitos

[<<VOLTAR](#)

- Código
- Responsável
- Equipamento
- Data de Inclusão

Dado:

Tipo:

Autônoma
Progressiva
Engenharia

- Só Pendentes

CONFIRMA

RESET

Resultado da Pesquisa de Etiqueta de Defeitos

Digite o código da Etiqueta para dar Saída

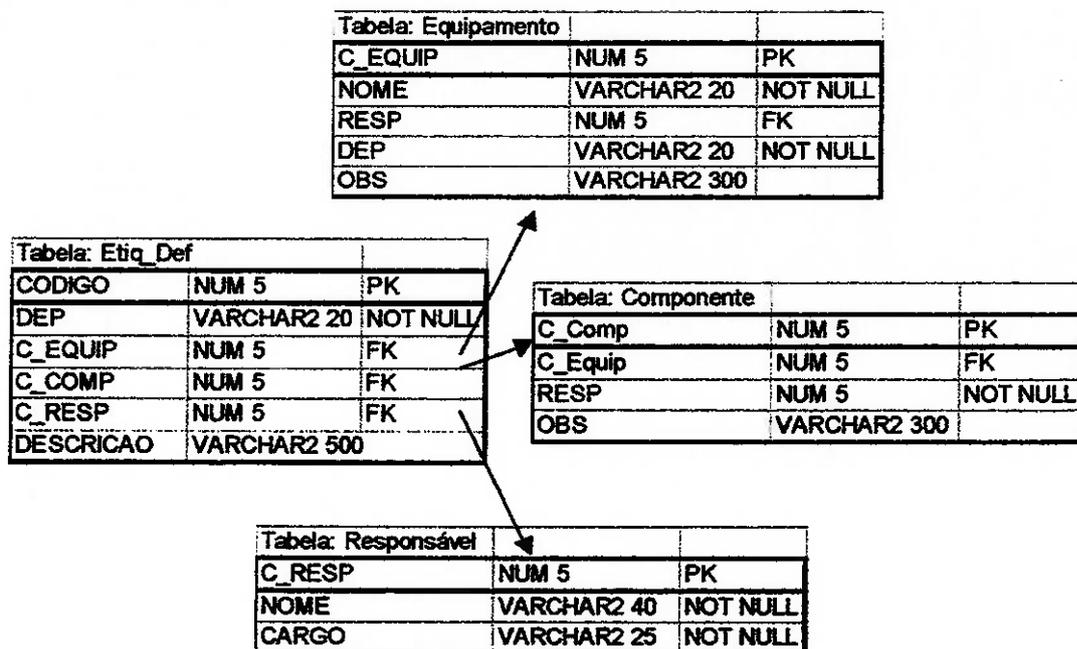
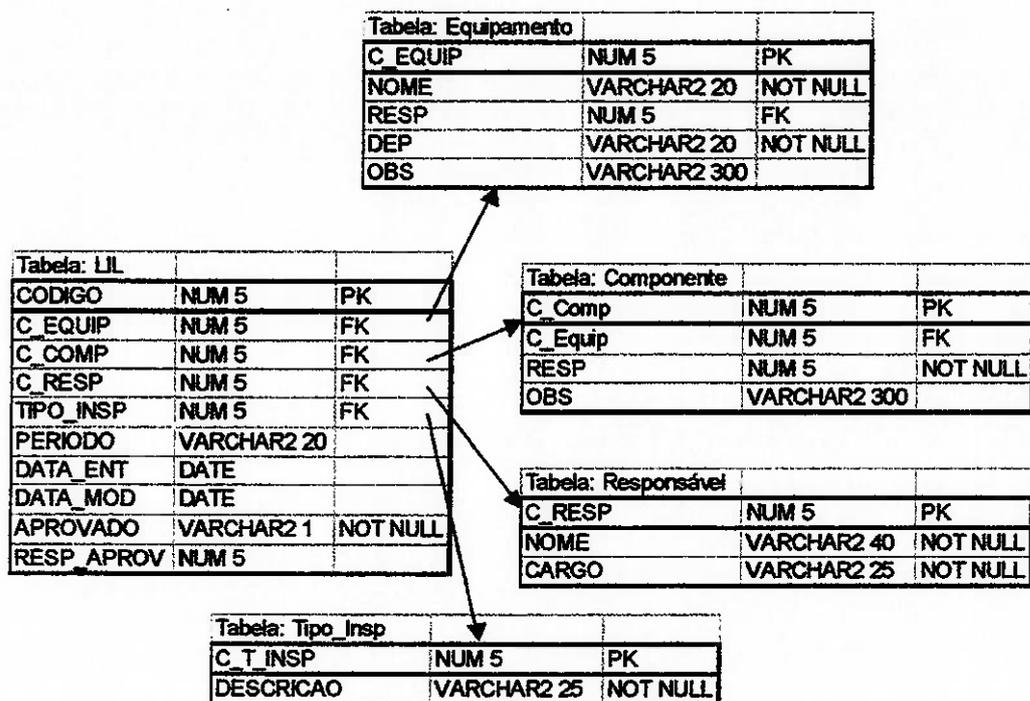
Código:

Nenhuma Etiqueta de Defeitos foi Encontrada!

Como pode ser visto pelas telas anteriores o software de etiquetas de defeitos facilita a comunicação entre os diversos departamentos da empresa, pois qualquer funcionário está habilitado ao perceber um defeito colocar uma etiqueta no equipamento, registrar a etiqueta no sistema eletrônico com endereço para o departamento responsável.

As páginas adiante mostram a estrutura da base de dados (tabelas) e parte do código do software que foi feito em Java, utilizando o Servidor Apache TomCat e a base de dados Oracle.

Devemos lembrar que o software não foi completamente concluído, pois este não era o objetivo deste trabalho.



```

////////////////////////////////////
//      NOME: InclDef.java      //
//      //                      //
//  AUTOR: Francisco A. Barbieri Rebelo (FABR)  //
//      //                      //
// HTMLs RELACIONADAS:      //
//      //                      //
// ULTIMA MODIFICACAO:      //
//      //                      //
//      //                      //
//      FUNCIONALIDADE: Cadastro Item de LIL //
//      //                      //
////////////////////////////////////

import java.io.*;
import javax.servlet.*;
import javax.servlet.http.*;
import java.util.*;
import java.sql.*;

public class InclDef extends HttpServlet
{
    private Statement statement = null;
    private Connection connection = null;

    private String url = "jdbc:odbc:fabr";
    private String username = "ms";
    private String password = "ms";

    //Conecta com o DB
    public void init( ServletConfig config )
    throws ServletException
    {
        super.init( config );

        try
        {
            Class.forName( "sun.jdbc.odbc.JdbcOdbcDriver" );
            connection =
                DriverManager.getConnection( url, username, password);
        }
        catch ( Exception e )
        {
            e.printStackTrace();
            connection = null;
        }
    }

    public void doPost( HttpServletRequest req,
        HttpServletResponse res )
    throws ServletException, IOException
    {
        ResultSet contaLinha;
        Vector dados = new Vector();

        PrintWriter output = res.getWriter();
        res.setContentType( "text/html" );

        try
        {
            // Faz busca
            String query = "SELECT COUNT(*) FROM l_def";
            statement = connection.createStatement();
            contaLinha = statement.executeQuery(query);

            while (contaLinha.next())
            {
                dados.addElement(contaLinha.getString(1));
            }

            output.print( "" + dados);
            statement.close();
        }
        catch ( Exception e )
        {
            output.print("Erro: Tente Novamente Depois! Erro ao gerar Numeracao.");
            System.err.println(
                "ERROR: Problemas com a NUMERACAO" );
            e.printStackTrace();
            return;
        }
    }

    String temp;
    int codigo = -4;
    temp = "" + dados.get(0);

    codigo = Integer.parseInt(temp) + 1;

    String comp, equip, desc, tipo, resp;

```

```

resp = req.getParameter("RESP");
tipo = req.getParameter("TIPO");
equip = req.getParameter("EQUIP");
comp = req.getParameter("COMP");
desc = req.getParameter("DESC");

tipo = "T";

boolean success = insertIntoDB("m + codigo +
                                " + resp +
                                " + equip +
                                " + comp + "m");

//boolean success = insertIntoDB(
// "m + codigo + "m");

if (success)
    output.print("<H2>A Etiqueta de Defeito " +
                " foi Cadastrada com Sucesso!.</H2>");
else
    output.print("<H2>Erro ao Cadastrar. " +
                "Tente novamente depois.</H2>" + tipo);

output.close();
}

private boolean insertIntoDB( String stringtoinsert)
{
    try {
        statement = connection.createStatement();
        statement.executeUpdate(
//"INSERT INTO l_def values (" + stringtoinsert + ");");
        "INSERT INTO l_def (codigo, responsavel, componente, equipamento) values (" + stringtoinsert + ");");
        statement.close();
    }
    catch (Exception e) {
        System.err.println(
            "ERROR: Problemas ao cadastrar");
        e.printStackTrace();
        return false;
    }

    return true;
}

public void destroy()
{
    try {
        connection.close();
    }
    catch (Exception e) {
        System.err.println("Erro para fechar DB");
    }
}

}

#####
// NOME: CadLIL.java //
// DATA: //
// //
// AUTOR: Francisco A. Barbieri Rabelo (FABR) //
// //
// HTMLs RELACIONADAS: //
// //
// ULTIMA MODIFICACAO: //
// //
// //
// FUNCIONALIDADE: Cadastra Item de LIL //
// //
#####

import java.io.*;
import javax.servlet.*;
import javax.servlet.http.*;
import java.util.*;
import java.sql.*;

public class CadLIL extends HttpServlet
{
    private Statement statement = null;
    private Connection connection = null;

    private String url = "jdbc:odbc:fabr";
    private String username = "ma";
    private String password = "ma";

    //Conecta com o DB
    public void init( ServletConfig config)
    throws ServletException
    {
        super.init( config);

```

```

try
{
    Class.forName( "sun.jdbc.odbc.JdbcOdbcDriver" );
    connection =
        DriverManager.getConnection( uri, username, password);
}
catch ( Exception e )
{
    e.printStackTrace();
    connection = null;
}
}

public void doPost( HttpServletRequest req,
    HttpServletResponse res )
    throws ServletException, IOException
{
    ResultSet contaLinha;
    Vector dados = new Vector();

    PrintWriter output = res.getWriter();
    res.setContentType( "text/html" );

    try
    {
        // Faz busca
        String query = "SELECT COUNT(*) FROM Hl";
        statement = connection.createStatement();
        contaLinha = statement.executeQuery(query);

        while (contaLinha.next())
        {
            dados.addElement(contaLinha.getString(1));
        }

        output.print(""+ dados);
        statement.close();
    }
    catch ( Exception e )
    {
        output.print("Erro: Tente Novamente Depois! Erro ao gerar Numeracao.");
        System.err.println(
            "ERROR: Problemas com a NUMERACAO" );
        e.printStackTrace();
        return;
    }

    String temp;
    int codigo = -4;
    temp = "" + dados.get(0);

    codigo = Integer.parseInt(temp) + 1;

    String comp, equip, data, per, insp, resp;

    comp = req.getParameter( "COMP" );
    equip = req.getParameter( "EQUIP" );
    per = req.getParameter( "PER" );
    insp = req.getParameter( "INSP" );
    resp = req.getParameter( "RESP" );

    boolean sucesso = insertIntoDB(""+ codigo +""
        + comp + "" + equip + "" + sysdate + ""
        + insp + "" + resp + "");

    /* boolean sucesso = insertIntoDB(
        "" + codigo + "" );*/
    if ( sucesso )
        output.print( "<H2>O LIL " +
            " foi Cadastrado com Sucesso!.</H2>" );
    else
        output.print( "<H2>Erro ao Cadastrar. " +
            "Tente novamente depois.</H2>" );

    output.close();
}

private boolean insertIntoDB( String stringtoinsert )
{
    try {
        statement = connection.createStatement();
        statement.executeUpdate(
            "INSERT INTO Hl (codigo, componente, equipamento, data_incl, p_insp, responsavel) values (" + stringtoinsert + ")",
            "INSERT INTO Hl (codigo) values (" + stringtoinsert + ")",
            statement.close();
    }
    catch ( Exception e ) {
        System.err.println(
            "ERROR: Problemas ao cadastrar" );
        e.printStackTrace();
    }
}

```

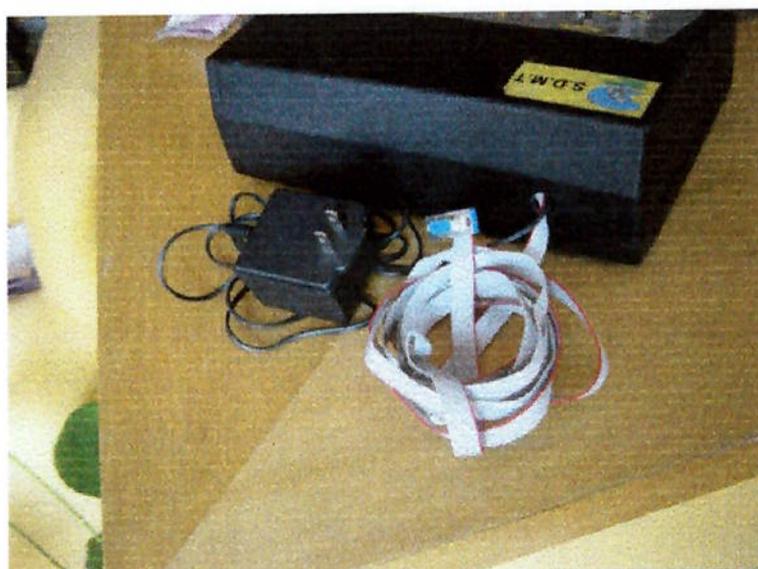
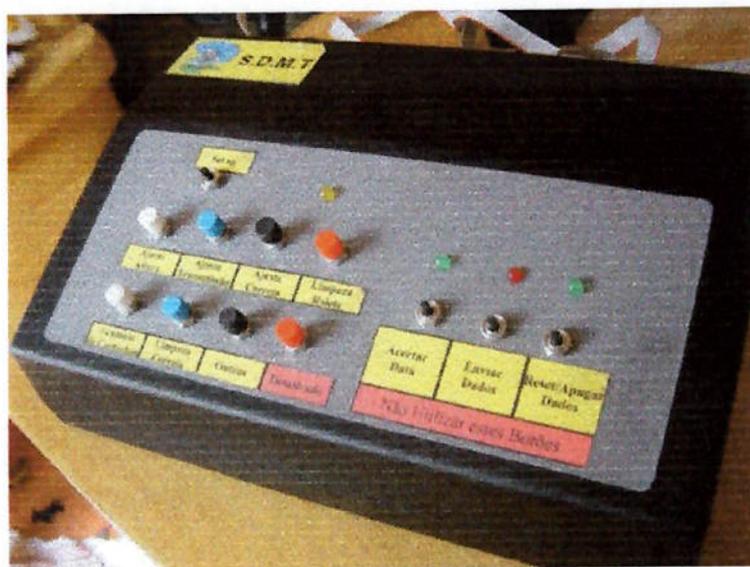
```
        return false;
    }
    return true;
}

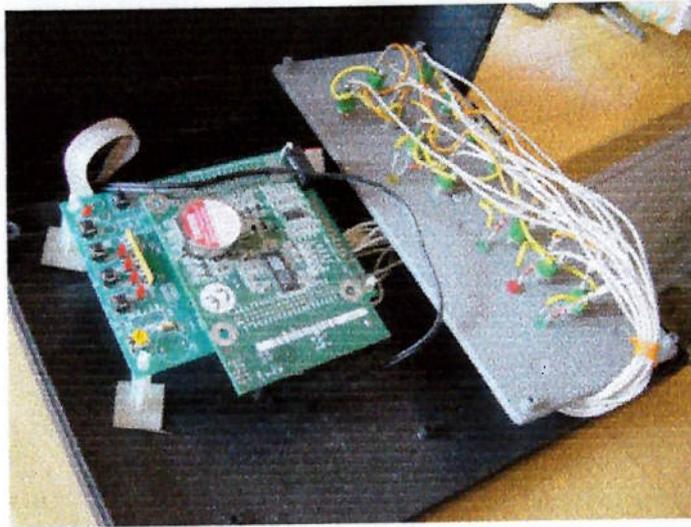
public void destroy()
{
    try {
        connection.close();
    }
    catch (Exception e) {
        System.err.println("Erro para fechar DB");
    }
}
}
```

APÊNDICE B

Este apêndice ilustra o coletor de dados que foi desenvolvido para obtenção dos dados em campo. Através deste coletor foi possível facilitar a tarefa de coleta de dados referente as intervenções dos operadores sobre o equipamento quando ocorria uma anormalidade.

As figuras abaixo mostram o coletor de dados.



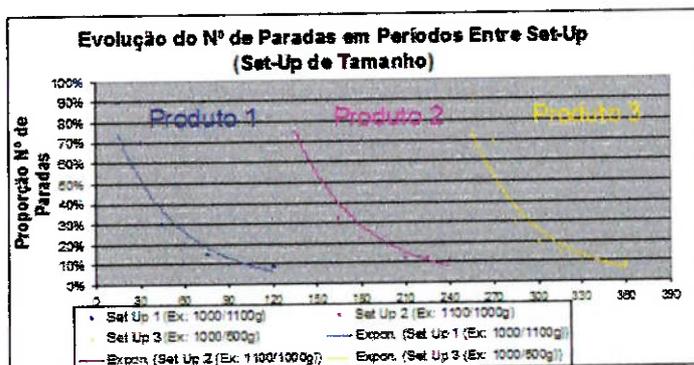


O coletor de dados é composto por oito botões que representam os tipos de intervenção, três botões de controle (envia dados, zera dados, configura data e hora) e por um botão que registra o momento em que o set up foi realizado.

Primeiramente devemos fazer o acerto da hora utilizando a comunicação serial através de um terminal. Já com a data e horário atualizado o sistema passará a registrar o tempo, toda vez que um set up ou uma intervenção for executada o botão correspondente deverá ser pressionado. No final de período teremos um registro dos tipos de intervenções que ocorreram e seus respectivos horários bem como o momento em que os set ups foram realizados.

Por último estes dados serão enviados através da porta serial para o computador e utilizando uma planilha eletrônica poderemos traçar a evolução das intervenções em função do tempo e em relação ao momento do set up.

O gráfico abaixo mostra um exemplo obtido pelo sistema de coleta de dados.



As páginas seguintes contêm o código fonte do coletor de dados.

```

////////////////////////////////////
//
// Sistema Digital de Monitoramento de Fogos (SUM1)
//
//      Data: 23/07/2003
//
// Funcionalidade: Ferramenta p/ monitorar intervenções no
//      Departamento da embalagem
//
//      Modificações
//
////////////////////////////////////

// Definições do Sistema

#define CINBUFSIZE 15
#define COUTBUFSIZE 15

// Fim das Definições do Sistema

// Variáveis Globais
int dia, mes, ano, horas, minutos, segundos, cont1;
int interv[1000][7];
//

main()
{

    /// Declaração de Variáveis
    int i;
    char data[20];
    char teste1[60];

    /// Configurar Hardware

    WrtPort(SPCR, &SPCRShadow, 0x84); // setup parallel port A as output
    WrtPort(PADR, &PADRShadow, 0x0); // turn off all LED's
    WrtPort(PEDDR, &PEDDRShadow, 0x00); // Porta E é input

    /// Inicialização de Variáveis
    i = 0;
    dia = 31;
    mes = 12;
    ano = 2003;
    horas = 23;
    minutos = 58;
    segundos = 51;
    cont1 = 0;

    while (1)
    {
        BigLoopTop(); // begin a big endless loop

        /// CLOCK DO SISTEMA
        cstate
        (
            BitWrtPort(PADR, &PADRShadow, 0, 3); // turn LED on
            200 milliseconds // wait
            BitWrtPort(PADR, &PADRShadow, 1, 3); // turn LED off
            milliseconds // wait 800

            if (segundos != 59)
            {
                segundos = segundos + 1;
                //printf("segundos: %d\n", segundos);
            }
            else
            {
                segundos = 0;
                //printf("segundos: %d\n", segundos);
                if (minutos != 59)
                {
                    minutos = minutos + 1;
                    printf("n Minutos %d\n", minutos);
                }
                else
                {
                    minutos = 0;
                    printf("n Minutos %d\n", minutos);
                    if (horas != 23)
                    {
                        horas = horas + 1;
                        printf("n Horas %d\n", horas);
                    }
                    else
                    {
                        horas = 0;
                        printf("n Horas %d\n", horas);
                    }
                }
            }
            if (mes == 1)
            {

```

```

        if (dia != 31)
        {
            dia = dia + 1;
            printf("\n Dia %d\n", dia);
        }
        else
        {
            mes = mes + 1;
            dia = 0;
        }
    }
    if (mes == 2)
    {
        if (dia != 28)
        {
            dia = dia + 1;
        }
        else
        {
            mes = mes + 1;
            dia = 0;
        }
    }
    if (mes == 3)
    {
        if (dia != 31)
        {
            dia = dia + 1;
        }
        else
        {
            mes = mes + 1;
            dia = 0;
        }
    }
    if (mes == 4)
    {
        if (dia != 30)
        {
            dia = dia + 1;
        }
        else
        {
            mes = mes + 1;
            dia = 0;
        }
    }
    if (mes == 5)
    {
        if (dia != 31)
        {
            dia = dia + 1;
        }
        else
        {
            mes = mes + 1;
            dia = 0;
        }
    }
    if (mes == 6)
    {
        if (dia != 30)
        {
            dia = dia + 1;
        }
        else
        {
            mes = mes + 1;
            dia = 0;
        }
    }
    printf("\n Dia %d Mes %d Ano %d\n", dia, mes, ano);
}
if (mes == 7)
{
    if (dia != 31)
    {
        dia = dia + 1;
        printf("\n Dia %d\n", dia);
    }
    else
    {
        mes = mes + 1;
        dia = 0;
        printf("\n Dia %d Mes %d\n", dia, mes);
    }
}
if (mes == 8)
{
    if (dia != 31)
    {
        dia = dia + 1;
        printf("\n Dia %d Mes %d\n", dia, mes);
    }
    else
    {
        mes = mes + 1;
        dia = 0;
    }
}

```

```

printf("\n Dia %d Mes %d\n", dia, mes);
}
if (mes == 9)
{
    if (dia != 30)
    {
        dia = dia + 1;
    }
    else
    {
        mes = mes + 1;
        dia = 0;
    }
}
if (mes == 10)
{
    if (dia != 31)
    {
        dia = dia + 1;
    }
    else
    {
        mes = mes + 1;
        dia = 0;
    }
}
if (mes == 11)
{
    if (dia != 30)
    {
        dia = dia + 1;
    }
    else
    {
        mes = mes + 1;
        dia = 0;
    }
}
if (mes == 12)
{
    if (dia != 31)
    {
        dia = dia + 1;
    }
    else
    {
        mes = 1;
        dia = 1;
    }
}
printf("\n Dia %d Mes %d Ano %d\n", dia, mes, ano);
ano = ano + 1;
printf("\n Dia %d Mes %d Ano %d\n", dia, mes, ano);
}
}
}
}

}

//// FIM DA TAREFA RESPONSÁVEL PELO CLOCK DO SISTEMA

//// Botao PB bit 2 - CONFIGURA DATA DO SISTEMA - LED PA bit 0

constate
{
    if (BitRdPortI(PBDR, 2))
        abort; // if button not down skip out of constatement

    waitfor(DelayMs(50)); // wait 50 ms

    if (BitRdPortI(PBDR, 2))
        abort; // if button not still down skip out

    // now wait for the button to be up for at least 200 ms before considering another toggle
    while (1)
    {
        waitfor(BitRdPortI(PBDR, 2)); // wait for button to go up
        waitfor(DelayMs(200)); // wait additional 200 milliseconds
        if (BitRdPortI(PBDR, 2))
            break; // if button still up break out of while loop
    }

    WtPortI(PADR, &PADRShadow, 0xff); // Apaga todos os LEDs
    BitWtPortI(PADR, &PADRShadow, 0, 0); // Acende LED1 Referente a Instrução

    while( r_data(data) == 0 );

    BitWtPortI(PADR, &PADRShadow, 1, 0);
    printf("Botao apertado");
}

}

//// FIM DA TAREFA DE CONFIGURAÇÃO DE DATA

```

```

//// Botao PB bit 3 - ENVIA DADOS - LED PA bit 1
costate
{
    if (BitRdPort(PBDR, 3))
        abort; // if button not down skip out of costatement

    waitFor(DelayMs(50)); // wait 50 ms

    if(BitRdPort(PBDR,3))
        abort; // if button not still down skip out

    // now wait for the button to be up for at least 200 ms before considering another toggle
    while (1)
    {
        waitFor(BitRdPort(PBDR, 3)); // wait for button to go up
        waitFor(DelayMs(200)); // wait additional 200 milliseconds
        if (BitRdPort(PBDR,3))
            break; // if button still up break out of while loop
    }

    WrPort(PADR, &PADRShadow, 0xff); // Apaga todos os LEDs
    BitWrPort(PADR, &PADRShadow, 0, 1); // Acende LED Referente a Instrução

    while( v_dataQ == 0 );

    waitFor(DelayMs(800));

    BitWrPort(PADR, &PADRShadow, 1, 1);
    printf("uBotao spertado\n");
}

//// FIM DA TAREFA DE CONFIGURAÇÃO DE ENVIO DE DADOS

//// Botao PB bit 4 - ZERA VARIÁVEIS DO SISTEMA -> RESET SOFTWARE - LED PA bit 2
costate
{
    if (BitRdPort(PBDR, 4))
        abort; // if button not down skip out of costatement

    waitFor(DelayMs(50)); // wait 50 ms

    if(BitRdPort(PBDR, 4))
        abort; // if button not still down skip out

    // now wait for the button to be up for at least 200 ms before considering another toggle
    while (1)
    {
        waitFor(BitRdPort(PBDR, 4)); // wait for button to go up
        waitFor(DelayMs(200)); // wait additional 200 milliseconds
        if (BitRdPort(PBDR,4))
            break; // if button still up break out of while loop
    }

    WrPort(PADR, &PADRShadow, 0xff); // Apaga todos os LEDs
    BitWrPort(PADR, &PADRShadow, 0, 2); // Acende LED Referente a Instrução

    i = 0;
    cont1 = 0;

    waitFor(DelayMs(800));

    BitWrPort(PADR, &PADRShadow, 1, 2);
    printf("Botao apertado");
}

//// FIM DO RESET POR SOFTWARE

//// Botao PB bit 5 - Botao Intervenção TESTE - LED PA bit 3
costate
{
    if (BitRdPort(PBDR, 5))
        abort; // if button not down skip out of costatement

    waitFor(DelayMs(50)); // wait 50 ms

    if(BitRdPort(PBDR, 5))
        abort; // if button not still down skip out

    // now wait for the button to be up for at least 200 ms before considering another toggle
    while (1)
    {

```

```

waitfor(BitRdPort(PBDR, 5));           // wait for button to go up
waitfor(DelayMs(200));                 // wait additional 200 milliseconds
if (BitRdPort(PBDR, 5))
    break;                             // if button still up break out of while loop
    )

    WtPort(PADR, &PADRShadow, 0xff);    // Apaga todos os LEDs
    BitWtPort(PADR, &PADRShadow, 0, 3); // Acende LED Referente a Instrução

    printf("n\n");
    printf("%d\n", cont1);

    interv[cont1][0] = -2;
    interv[cont1][1] = dia;
    interv[cont1][2] = mes;
    interv[cont1][3] = ano;
    interv[cont1][4] = horas;
    interv[cont1][5] = minutos;

interv[cont1][6] = segmdoc;

printf(teste1, "r %d cont %d %d %d %d %d %d %d\n", cont1, interv[cont1][0],
    interv[cont1][1], interv[cont1][2], interv[cont1][3], interv[cont1][4],
    interv[cont1][5], interv[cont1][6]);

printf(teste1);

    cont1 = cont1 + 1;

    /*while(BitRdPort(PBDR, 5))
    {
        printf("TESTE");
    }*/

    BitWtPort(PADR, &PADRShadow, 1, 5);
    printf("Botao apertado");
}

//// FIM DA ROTINA DO BOTAO TESTE

//////// Botao PE bit 0 - Botao Intervencao - LED PA bit 5
constate
{
    if (BitRdPort(PEDR, 0))
        abort;                             // if button not down skip out of constatement

    waitfor(DelayMs(50));                   // wait 50 ms

    if (BitRdPort(PEDR, 0))
        abort;                             // if button not still down skip out

    // now wait for the button to be up for at least 200 ms before considering another toggle
    while (1)
    {
        waitfor(BitRdPort(PEDR, 0));        // wait for button to go up
        waitfor(DelayMs(200));             // wait additional 200 milliseconds
        if (BitRdPort(PEDR, 0))
            break;                         // if button still up break out of while loop
    }

    WtPort(PADR, &PADRShadow, 0xff);    // Apaga todos os LEDs
    BitWtPort(PADR, &PADRShadow, 0, 3); // Acende LED Referente a Instrução

    printf("n\n");
    printf("%d\n", cont1);

    interv[cont1][0] = 0;
    interv[cont1][1] = dia;
    interv[cont1][2] = mes;
    interv[cont1][3] = ano;
    interv[cont1][4] = horas;
    interv[cont1][5] = minutos;

    cont1 = cont1 + 1;

    waitfor(DelayMs(200));
    BitWtPort(PADR, &PADRShadow, 1, 5);
    printf("Botao apertado");
}

//////// FIM DA ROTINA DO BOTAO E0

//////// Botao PE bit 1 - Botao Intervencao - LED PA bit 5
constate
{
    if (BitRdPort(PEDR, 1))
        abort;                             // if button not down skip out of constatement

    waitfor(DelayMs(50));                   // wait 50 ms

```

```

if(BitRdPortI(PEDR, 1))
    abort; // if button not still down skip out

// now wait for the button to be up for at least 200 ms before considering another toggle
while (1)
{
    waitfor(BitRdPortI(PEDR, 1)); // wait for button to go up
    waitfor(DelayMs(200)); // wait additional 200 milliseconds
    if (BitRdPortI(PEDR, 1)) // if button still up break out of while loop
        break;
}

WzPortI(PADR, &PADRShadow, 0xff); // Apaga todos os LEDs
BitWrPortI(PADR, &PADRShadow, 0, 0); // Acende LED Referente a Instrução

printf("\n");
printf("%d \n\n", cont1);

interv[cont1][0] = 1;
interv[cont1][1] = dia;
interv[cont1][2] = mes;
interv[cont1][3] = ano;
interv[cont1][4] = horas;
interv[cont1][5] = minutos;
interv[cont1][6] = segundos;

cont1 = cont1 + 1;

waitfor(DelayMs(200));
BitWrPortI(PADR, &PADRShadow, 1, 0);
printf("Botao apertado");

}

##### FIM DA ROTINA DO BOTAO E1

##### Botao PE bit 2 - Botao Intervencao - LED PA bit 5
constate
{
    if (BitRdPortI(PEDR, 2))
        abort; // if button not down skip out of constatement

    waitfor(DelayMs(50)); // wait 50 ms

    if (BitRdPortI(PEDR, 2))
        abort; // if button not still down skip out

// now wait for the button to be up for at least 200 ms before considering another toggle
while (1)
{
    waitfor(BitRdPortI(PEDR, 2)); // wait for button to go up
    waitfor(DelayMs(200)); // wait additional 200 milliseconds
    if (BitRdPortI(PEDR, 2)) // if button still up break out of while loop
        break;
}

WrPortI(PADR, &PADRShadow, 0xff); // Apaga todos os LEDs
BitWrPortI(PADR, &PADRShadow, 0, 2); // Acende LED Referente a Instrução

printf("\n");
printf("%d \n\n", cont1);

interv[cont1][0] = 2;
interv[cont1][1] = dia;
interv[cont1][2] = mes;
interv[cont1][3] = ano;
interv[cont1][4] = horas;
interv[cont1][5] = minutos;

cont1 = cont1 + 1;

waitfor(DelayMs(200));
BitWrPortI(PADR, &PADRShadow, 1, 5);
printf("Botao apertado");

}

##### FIM DA ROTINA DO BOTAO E2

##### Botao PE bit 3 - Botao Intervencao - LED PA bit 5
constate
{
    if (BitRdPortI(PEDR, 3))
        abort; // if button not down skip out of constatement

    waitfor(DelayMs(50)); // wait 50 ms

    if (BitRdPortI(PEDR, 3))
        abort; // if button not still down skip out

```

```

// now wait for the button to be up for at least 200 ms before considering another toggle
while (1)
{
    waitfor(BitRdPortI(PEDR, 3));           // wait for button to go up
    waitfor(DelayMs(200));                 // wait additional 200 milliseconds
    if (BitRdPortI(PEDR, 3))
        break;                             // if button still up break out of while loop
}

WrPortI(PADR, &PADRShadow, 0xff);         // Apaga todos os LEDs
BitWrPortI(PADR, &PADRShadow, 0, 5);     // Acende LED Referente a Instrução

printf("\n\n");
printf("%d \n\n", cont1);

interv[cont1][0] = 3;
interv[cont1][1] = dia;
interv[cont1][2] = mes;
interv[cont1][3] = ano;
interv[cont1][4] = horas;
interv[cont1][5] = minutos;

cont1 = cont1 + 1;

waitfor(DelayMs(200));
BitWrPortI(PADR, &PADRShadow, 1, 5);
printf("Botao apertado");
}

##### FIM DA ROTINA DO BOTAO E3

##### Botao PE bit 4 - Botao Intervencao - LED PA bit 5
costate
{
    if (BitRdPortI(PEDR, 4))
        abort;                             // if button not down skip out of costatement

    waitfor(DelayMs(50));                   // wait 50 ms

    if (BitRdPortI(PEDR, 4))
        abort;                             // if button not still down skip out

// now wait for the button to be up for at least 200 ms before considering another toggle
while (1)
{
    waitfor(BitRdPortI(PEDR, 4));           // wait for button to go up
    waitfor(DelayMs(200));                 // wait additional 200 milliseconds
    if (BitRdPortI(PEDR, 4))
        break;                             // if button still up break out of while loop
}

WrPortI(PADR, &PADRShadow, 0xff);         // Apaga todos os LEDs
BitWrPortI(PADR, &PADRShadow, 0, 5);     // Acende LED Referente a Instrução

printf("\n\n");
printf("%d \n\n", cont1);

interv[cont1][0] = 4;
interv[cont1][1] = dia;
interv[cont1][2] = mes;
interv[cont1][3] = ano;
interv[cont1][4] = horas;
interv[cont1][5] = minutos;

cont1 = cont1 + 1;

waitfor(DelayMs(200));
BitWrPortI(PADR, &PADRShadow, 1, 5);
printf("Botao apertado");
}

##### FIM DA ROTINA DO BOTAO E4

##### Botao PE bit 5 - Botao Intervencao - LED PA bit 5
costate
{
    if (BitRdPortI(PEDR, 5))
        abort;                             // if button not down skip out of costatement

    waitfor(DelayMs(50));                   // wait 50 ms

    if (BitRdPortI(PEDR, 5))
        abort;                             // if button not still down skip out

// now wait for the button to be up for at least 200 ms before considering another toggle
while (1)
{
    waitfor(BitRdPortI(PEDR, 5));           // wait for button to go up
    waitfor(DelayMs(200));                 // wait additional 200 milliseconds

```

```

if (BitRdPort(PEDR, 5))
    break;
    )
    // if button still up break out of while loop

    WtPort(PADR, &PADRShadow, 0xff); // Apaga todos os LEDs
    BitWtPort(PADR, &PADRShadow, 0, 5); // Acende LED Referente a Instrução

    printf("u\n");
    printf("%d u\n", cont1);

    interv[cont1][0] = 5;
    interv[cont1][1] = dia;
    interv[cont1][2] = mes;
    interv[cont1][3] = ano;
    interv[cont1][4] = horas;
    interv[cont1][5] = minutos;

    cont1 = cont1 + 1;

    waitfor(DelayMs(200));
    BitWtPort(PADR, &PADRShadow, 1, 5);
    printf("Botao apertado");
}

##### FIM DA ROTINA DO BOTAO E5

##### Botao PE bit 6 - Botao Intervencao - LED PA bit 6
constate
(
    if (BitRdPort(PEDR, 6))
        abort; // if button not down skip out of constatement

    waitfor(DelayMs(50)); // wait 50 ms

    if (BitRdPort(PEDR, 6))
        abort; // if button not still down skip out

    // now wait for the button to be up for at least 200 ms before considering another toggle
    while (1)
    {
        waitfor(BitRdPort(PEDR, 6)); // wait for button to go up
        waitfor(DelayMs(200)); // wait additional 200 milliseconds
        if (BitRdPort(PEDR, 6))
            break; // if button still up break out of while loop
    }

    WtPort(PADR, &PADRShadow, 0xff); // Apaga todos os LEDs
    BitWtPort(PADR, &PADRShadow, 0, 5); // Acende LED Referente a Instrução

    printf("u\n");
    printf("%d u\n", cont1);

    interv[cont1][0] = 6;
    interv[cont1][1] = dia;
    interv[cont1][2] = mes;
    interv[cont1][3] = ano;
    interv[cont1][4] = horas;
    interv[cont1][5] = minutos;

    cont1 = cont1 + 1;

    waitfor(DelayMs(200));
    BitWtPort(PADR, &PADRShadow, 1, 5);
    printf("Botao apertado");
}

##### FIM DA ROTINA DO BOTAO E6

##### Botao PE bit 7 - Botao Intervencao - LED PA bit 5
constate
(
    if (BitRdPort(PEDR, 7))
        abort; // if button not down skip out of constatement

    waitfor(DelayMs(50)); // wait 50 ms

    if (BitRdPort(PEDR, 7))
        abort; // if button not still down skip out

    // now wait for the button to be up for at least 200 ms before considering another toggle
    while (1)
    {
        waitfor(BitRdPort(PEDR, 7)); // wait for button to go up
        waitfor(DelayMs(200)); // wait additional 200 milliseconds
        if (BitRdPort(PEDR, 7))
            break; // if button still up break out of while loop
    }

    WtPort(PADR, &PADRShadow, 0xff); // Apaga todos os LEDs

```

```

    digitalWrite(PADR, &PADRShadow, 0, 5); // Acende LED referente a instrução

    printf("\n\n");
    printf("%d\n", cont1);

    interv[cont1][0] = 7;
    interv[cont1][1] = dia;
    interv[cont1][2] = mes;
    interv[cont1][3] = ano;
    interv[cont1][4] = horas;
    interv[cont1][5] = minutos;

    cont1 = cont1 + 1;

    waitfor(DelayMs(200));
    digitalWrite(PADR, &PADRShadow, 1, 5);
    printf("Botão apertado");

}

##### FIM DA ROTINA DO BOTAO E7

} // end of while loop
runwatch();
} // end of main

// FIM DO MAIN
#####

#####
// FUNCOES DO SISTEMA
#####

#####
// Função Comunicação Serial RECEBE DATA
#####
int r_data(char p[20])
{
    int flag1;
    int c;
    int i;
    char bloco[20]; //os caracteres lidos serao jogados aqui

    int valor[20];

    c = 0;
    flag1 = 0;
    i = 0;

    for (i = 0; i < 20; i++)
        valor[i] = -1;

    sprintf(bloco, "#####");

    printf("\n");
    printf("Bloco inicial %s, tamanho do Bloco %d\n", bloco, strlen(bloco));

    //Abre porta serial especificando BAUD RATE = 19200
    serCopen(19200);
    serCputs("\nEntre com as informações do sistema no formato DD/MM/AAAA HH:MM#\n\n");

    //Inicio do loop de leitura de caracteres
    i = 0;
    while (c != '#' && i < 20)
    {
        if ((c = serCgetc()) != -1 && c != '#')
        {
            serCputc(c);
            bloco[i] = c;
            //printf("c int = %d char = %c\n", c, c);

            if (c > 47 && c < 58 && i < 20)
                valor[i] = (c - 48);
            //printf("valor %d = %d", i, valor[i]);
            i++;
        }
    }
    flag1 = 1;
    i = 0;
    serCputs("\nOs dados foram transferidos com sucesso!\n");
    //printf("\n bloco = %s\n", bloco);

    // dd/mm/aaaa hh:mm
    // 0123456789012345

    printf("\nFim das Entradas\n");
}

```

```

for (i = 0; i < 20; i++)
    printf("%d", valor[i]);

dia = valor[0]*10 + valor[1];
mes = valor[3]*10 + valor[4];
ano = valor[6]*1000 + valor[7]*100 + valor[8]*10 + valor[9];
horas = valor[11]*10 + valor[12];
minutos = valor[14]*10 + valor[15];

printf("DATA %d/%d/%d\n", dia, mes, ano, horas, minutos);

while (serCwrFree() != COUDBUFSIZE); //Espera a Finalizacao da Transmissao
serClose(j); //Fecha porta serial B
//transmissao);

strcpy(p, bloco);

cont1 = 0;

return flag1;
}

#####

int v_data(void)
{
    int flag1, i;
    char teste[60];

    flag1 = 0;
    i = 0;
    printf(teste, "#####");
    //Abre porta serial especificando BAUD RATE = 19200
    serCopen(19200);
    serCputs("\n\n");
    printf("\nDados:\n");

    for (i = 0; i < cont1; i++)
    {
        printf(teste, "%d/%d/%d/%d/%d/%d\n", interv[i][0],
            interv[i][1], interv[i][2], interv[i][3], interv[i][4],
            interv[i][5], interv[i][6]);

        printf(teste);

        serCputs(teste);
    }

    flag1 = 1;
    i = 0;
    //printf("Bloco = %s\n", bloco);

    while (serCwrFree() != COUDBUFSIZE); //Espera a Finalizacao da Transmissao
    serClose(j); //Fecha porta serial B
    //transmissao);

    return flag1;
}

#####

```