

Guilherme Prestes Cesar Sanches

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO
EM UMA LINHA DE ESTAMPAGEM**

**Trabalho Final apresentado aos
coordenadores do curso de
PMC 581 - Projeto Mecânico II do
Departamento de Engenharia Mecânica da
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**

**Área de concentração:
Engenharia Mecânica**

**Orientador:
Prof. Omar Moore de Madureira**

**São Paulo
1995**

**À memória de meu avô Lineu Prestes Cesar
que deixou saudades e a todos os que têm
e tiveram participação na minha formação
humana e profissional.**

AGRADECIMENTOS

Ao orientador e professor Omar Moore de Madureira pelas diretrizes.

À Freios Varga S.A. , pelo apoio e oportunidade:
Celso Varga, João Soffiati, José Cicolin Fº., Milton Haraguchi, Cláudio Nogueira, Zé Ribeiro, Valentim, Alegre, Thiago, Fábio, Luciano, Jaqueline, Ana, Marcelo Delgado, Zanini, Jolo, Eduardo Borelli, Sílvio de Luca, Marcelo, Adriana, Fernando, Fernanda, Virgílio, Beto, Luiz A. Cesar Assunção e a todos os outros que, embora não tenham sido citados, contribuíram para a realização deste trabalho.

À minha namorada Gabriela, pelo estímulo e compreensão.

À minha família, pela assistência.

Aos amigos, pelo interesse.

SUMÁRIO

Resumo

1	Introdução	1
1.1	Apresentação	1
2	O Projeto	5
2.1	Alimentação da Estamparia com Bobinas de aço	7
2.1.1	Procedimentos de Cálculo e Considerações.....	8
2.1.2	O Ganho com a Mão de Obra.....	13
2.1.3	Aproveitamento de Recursos já Disponíveis.....	13
2.1.4	A Mudança do Layout.....	14
2.1.5	A Reutilização das Mesas Sucateadas.....	15
2.1.6	O Acesso às Chaves e Ferramentas de Fixação.....	16
2.1.7	O Treinamento dos Operadores.....	17
2.2	O Sistema de Troca Rápida.....	20
2.2.1	Os Elementos de Fixação.....	25
2.2.2	A Mesa de Troca Rápida.....	27
2.2.2.1	Análise Geral.....	30
2.2.3	Metodologia de Troca.....	38
3	CONCLUSÃO.....	39
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

Apêndice

RESUMO

A necessidade de otimizar o processo produtivo de uma linha de estampagem na Freios Varga S. A. gerou um conjunto de soluções que abrangem principalmente o sistema de alimentação da linha e a operação de troca do ferramental (matrizes ou estampos).

O contexto da otimização apresenta os estudos de viabilidade, projeto e implantação das soluções abordadas.

Os elementos básicos considerados para elaborar o estudo são o homem, a máquina, o custo (/ benefício) e o processo.

Foram propostas algumas alternativas de solução para cada tópico estudado incluindo as análises de seus elementos mais importantes.

1 Introdução

Este trabalho tem por objetivo apresentar de forma geral um estudo de viabilidade para sistemas, métodos e equipamentos prevendo a sua implantação de forma a otimizar a produção de um produto específico.

O trabalho foi realizado em paralelo com um estágio na Freios Varga S.A. na divisão de Freio a Tambor.

1.1 Apresentação

A Célula de Estamparia ET-1 da Freios Varga S.A., situada à cidade de Limeira - S.P.; trabalha com oito prensas e duas máquinas de solda que são utilizadas dependendo da peça (prato de freio a tambor) a ser produzida.

Os pratos fabricados por esta célula têm como características:

- Diâmetro aproximado de cada prato: 216 mm.
- Massa unitária aproximada: 1,1 kg.
- Material: aço.
- Tamanho médio do lote para cada tipo de prato: 3800.

Os pratos, depois de produzidos, seguem para a montagem dos freios.

Observe-se que há diferença entre o prato de um freio do lado direito e o do

lado esquerdo para o mesmo carro. Cada modelo de carro possui um tipo de freio diferente dos demais a começar pela diferente geometria dos pratos.

Alguns modelos abastecidos por esta célula:

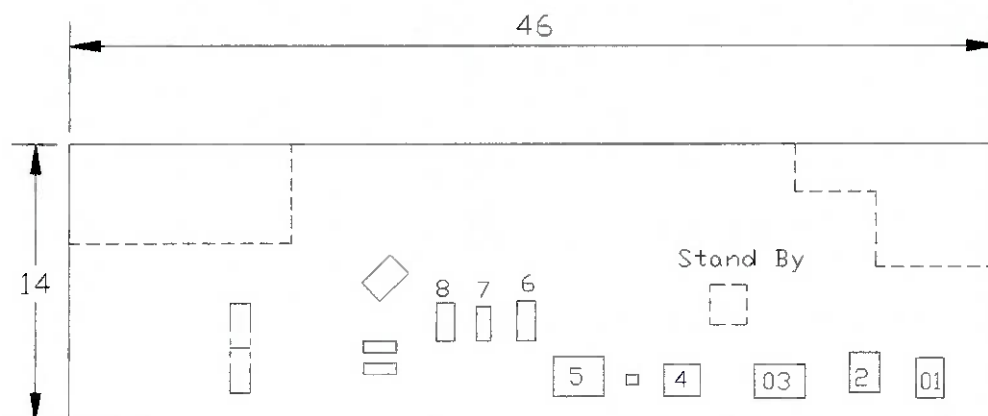
- Corsa - General Motors (100%);
- Pampa - Ford;
- Chrysler (exportação);
- Escort - Ford;
- Etc.

As ferramentas ou estampos têm dimensões que vão de 280x300x450 a 330x950x600 e chegam a pesar entre 300 kg e 750 kg cada.

As máquinas são prensas mecânicas do tipo excêntricas ou prensas hidráulicas e variam de 40 ton. a 500 ton.

Os desenhos abaixo ilustram a célula antes e depois da troca da máquina reserva:

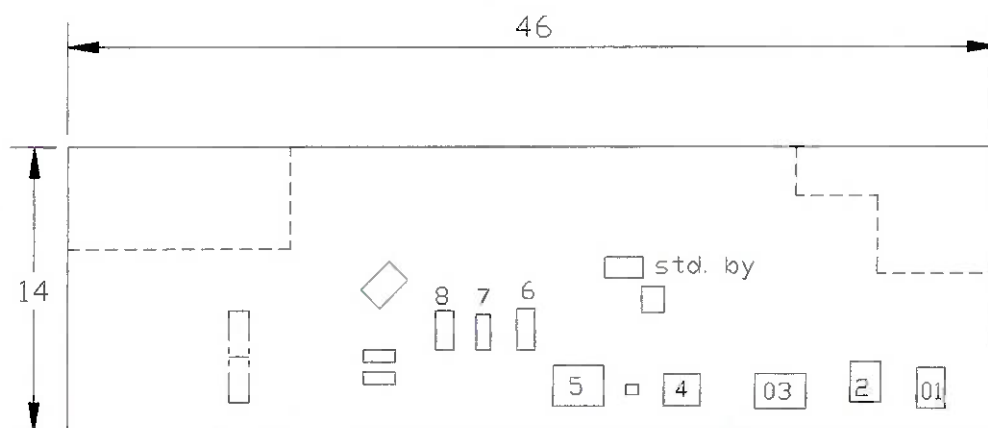
FREIOS VARGA S/A
LAYOUT-CELULA ET-01



SITUAÇÃO ANTERIOR

DESENHO EM ESCALA

FREIOS VARGA S/A
LAYOUT-CELULA ET-01



SITUAÇÃO ATUAL

DESENHO EM ESCALA

Características das Máquinas da Linha ET-01:

Máquina	Altura de Mesa (mm)	Dimensões do Estampo (mm)
01 - PME - 165 Ton.	915	330 x 950 x 600
02 - PME - 200 Ton.	915	337 x 600 x 500
03 - PRH - 315 Ton.	920	365 x 600 x 600
04 - PME - 250 Ton.	840	440 x 680 x 600
STD-BY - PRH - 500 Ton.	1000	-----
05 - PRH - 500 Ton.	975	417.7 x 640 x 700
06 - PME - 85 Ton.	870	240 x 700 x 450
07 - PME - 40 Ton.	750	290 x 200 x 650
08 - PME - 60 Ton.	830	280 x 300 x 450

Legenda: PME - Prensa Mecânica tipo Excêntrica
PRH - Prensa Hidráulica

- _ A massa dos estampos varia de 300 kg a 750 kg.
- _ A máquina 05 trabalha com dois estampos simultaneamente.
- _ Os pratos fabricados possuem aproximadamente Ø 216 mm e 1,1 kg cada.

2 O Projeto

O Projeto de otimização está dividido da seguinte maneira:

I. Estudo de Viabilidade de Alimentação Automática da Estamparia por Bobinas de Aço ao invés da alimentação manual por chapas.

II. Estudo de Viabilidade e Sugestão de Projeto e Implantação do Sistema de Troca Rápida para as Ferramentas de Estampagem, subdividido em:

A. Sistema de Fixação Rápida do Ferramental (Estampos);

B. Sistema Rápido para a Troca propriamente dita (Mesa de Troca);

C. Aproveitamento de Recursos já Disponíveis.

III. Estudo de Viabilidade para Automatizar a Linha de Estamparia ou substituí-la por uma única prensa tipo Transfer. (Estudo de Longo Prazo que é apenas aqui mencionado sem maiores detalhes).

A Necessidade

A necessidade a ser satisfeita é otimizar a produção da estamparia no sentido de reduzir ao máximo ou no limite eliminar os fatores que não agregam valor ao produto.

Há várias maneiras de atacar o problema, mas, considerados os fatores limitantes tais como custo, tempo de estudo e implantação, etc, optou-se por trabalhar em cima dos itens acima descritos como forma mais eficaz de solução.

2.1 ALIMENTAÇÃO DA ESTAMPARIA COM BOBINAS DE AÇO

O estudo de viabilidade econômico-financeira envolve a análise dos ganhos que justificam o investimento. Segue abaixo a explicação sobre o método e as considerações feitas para se chegar aos valores apresentados na planilha EV-Material-01.

Objetivo da Planilha : Determinar o valor do ganho líquido mensal em Reais quando se opta pela alimentação da estampa feita com bobina de aço ao invés de chapas.

**Observação: Esta análise está considerando apenas o mês de novembro de 95, recomenda-se a utilização de pelo menos mais três meses de produção.

Resumo: O objetivo desta planilha é comparar quatro variáveis, duas a duas, a saber:

Compararam-se o Gasto total mensal com o aço em *bobinas* (R\$ 103.572,90) e em *chapas* (R\$ 104.266,93); e o Custo da perda com sucata nas *bobinas* (R\$ 4.294,30) e nas *chapas* (R\$ 696,30). Portanto, na

análise geral, tem-se um saldo de R\$ 4.292,00 mensais a favor da opção por bobinas.

2.1.1 Procedimentos de Cálculo e Considerações

Adotou-se para os cálculos:

Massa específica do aço: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Espessura para cálculo de volume = espessura máxima.

(massa = volume x massa específica).

Preço da tonelada de aço:

LAN. 0109-5 = R\$ 501,99

LAN. 0004-7 = R\$ 502,28

LAN. 0004-6 = R\$ 503,04

Preço de venda da sucata no corte das chapas: R\$ 0,32 / kg

Preço de venda da sucata na estampagem do blank: R\$ 0,10 / kg

Tarifa de transporte rodoviário do material (chapas) = R\$ 31,65

Preço do corte em tiras de bobina = R\$ 25,00 + 12% ICMS + taxa financeira (adotada= 4,5%)

Coluna:

PRATO: Mostra o nome do produto, seu código e a sigla do aço utilizado.

diam. : Diâmetro do blank.

largura : Largura da tira de blank e largura da chapa que dá origem às tiras.

comp. : Comprimento da tira e da chapa.

espessura : Espessuras mínima e máxima das tiras.

Peças/Tira: N°. de peças estampadas por tira de aço.

Prod./PIV/mês/ano: Fornece o número de pratos produzidos no mês especificado.

Procedimento de cálculo:

Para as Chapas

Legenda:

$n = \text{N}^\circ. \text{peças/tira}$

$N = \text{N}^\circ. \text{tiras/chapa}$

$PIV = \text{N}^\circ. \text{peças vendidas}$

$Nch = \text{N}^\circ. \text{de chapas} = PIV / N * n$

$\$ch = \text{Preço por unidade de massa do aço}$

Sabe-se que para cada $N * n$ peças é consumida uma chapa de dimensões $L * c * e$, cujo material possui densidade volumétrica ρ . Daí tem-se a massa total e consequentemente o preço do material.

$$\text{Massa Bruta Unitária} = L * c * e * \rho / (N * n)$$

$$\text{Massa total mensal consumida chapas} = Nch * L * c * e * \rho$$

$$\text{Preço total mensal chapas} = Nch * L * c * e * \rho * \$ch$$

A perda no corte das chapas em tiras foi calculada a partir da sobra na largura das chapas. Assim, uma chapa de 1100 mm de largura dá origem a 4 tiras de 250 mm de largura e sobram 100 mm de sucata, comprada a $\$ch$ e vendida a R\$ 0,32 / kg.

$$\text{Perda no corte em tiras} = Nch * (L - 4 * l) * e * c * \rho * (\$ch - 0,32)$$

- onde l é a largura da tira.

A perda em cada tira representa o material que sobra no final da tira quando da estampagem das peças; não está sendo considerado o material que efetivamente sobra entre uma peça e outra. Assim:

$$\text{Perda nas tiras} = (PIV/n) * (c - n * (diam. + s)) * e * l * \rho * (\$ch - 0,10)$$

Para as Bobinas

No caso das bobinas, o consumo total é calculado com base no comprimento de chapa necessário para estampar $\frac{1}{4}$ do total de peças, pois está-se considerando que uma largura de chapa dá origem a quatro bobinas. Além disso, considera-se a perda padrão de 10 mm de cada lado da chapa quando esta é cortada em tiras de bobina.

Assim:

$$\text{Perda total com bobina} = (PIV/4) * (diam. + s) * e * 20 * \rho * (\$bob - 0,32)$$

$$\text{Consumo total de Bobina} = PIV * (1 + \frac{1}{4}) * (diam. + s) * e * (1 + 20) * \rho * \$bob$$

onde:

diam. = diâmetro do blank

e = espessura máxima do material

s = distância ou folga de estampagem entre duas peças (adota-se s = espessura máxima.)

\$bob = preço do aço em bobina.

FREIOS VARGA										ESTUDO DE VIABILIDADE										MÓDULO: 456										DATA: 15/11/95									
ALIMENTAÇÃO DA ESTAMPARIA COM BOBINAS DE AÇO										Elaborado por: Guilherme e João Soffiati										Gte.Módulo: Borelli																			
DADOS										CHAPAS										BOBINAS																			
PRATO	DIMENSÕES DAS TIRAS (mm)			Pecas/ Tira	Prod nov/95	MASSA BRUTA UNITÁRIA (kg)	CUSTO DO AÇO (R\$/Ton)	CUSTO UNITÁRIO MENSAL (R\$)	CONSUMO TOTAL MENSAL (kg)	PERDA NO CORTE EM TIRAS (kg)	PERDA NAS TIRAS (estamp.) (kg)	PERDA TOTAL COM SUCATA (R\$)	MASSA BRUTA UNITÁRIA (kg)	PREÇO DO AÇO (R\$/Ton)	CUSTO UNITÁRIO MENSAL (R\$)	CONSUMO TOTAL MENSAL (kg)	PERDA NO CORTE BOBINA (kg)	PERDA TOTAL BOBINA (kg)	PERDA SUCATA (R\$)	MASSA BRUTA UNITÁRIA (kg)	PREÇO DO AÇO (R\$/Ton)	CUSTO UNITÁRIO MENSAL (R\$)	CONSUMO TOTAL MENSAL (kg)	PERDA NO CORTE BOBINA (kg)	PERDA TOTAL BOBINA (kg)	PERDA SUCATA (R\$)													
A	265	250	2000	2,4	2,65	7	4400	501,99	0,820	7191,7	3610,17	293,05	1,392	531,25	0,74	6124,57	115,97	24,5																					
B	270	260	2000	2,4	2,65	7	13000	501,99	0,820	21248,3	10666,42	620,21	1,475	531,25	0,78	19170,69	349,04	73,7																					
C	305	300	2400	2,4	2,65	7	18592	502,28	1,075	39781,0	19981,22	1672,94	1,920	531,54	1,02	35696,02	563,26	119,2																					
D	280	275	2000	2,07	2,25	7	32000	503,04	0,762	48445,7	24370,13	1046,34	1,371	532,30	0,73	43870,12	760,86	161,5																					
E	280	275	2000	2,4	2,65	7	35328	501,99	0,820	57743,0	28986,40	439,53	1,617	531,25	0,86	57123,69	983,32	207,7																					
F	307	300	2500	2,4	2,65	8	17000	502,28	0,980	33154,0	16652,58	222,24	1,932	531,54	1,03	32851,62	518,38	109,7																					
TOTAL									207563,71	104266,9	5567,25	4294,30				194836,71	3290,83	696,30																					
CONCLUSÃO:										PREÇO TOTAL CHAPA - BOBINA = R\$ 693,98										PERDA TOTAL CHAPA - BOBINA = R\$ 3598,00										GANHO MENSAL COM BOBINA = R\$ 4291,98									

2.1.2 O Ganho com a Mão de Obra

A instalação da bobina representa a redução da necessidade de dois funcionários por turno, para dois turnos. Portanto são quatro operadores que podem ser dispensados ou realocados para outras funções.

O custo de referência usado como padrão atual pela empresa é de aproximadamente R\$ 15.000,00 por operador anualmente.

Assim, estaria sendo gerado um ganho de R\$ 60.000,00 anuais com a redução de M.O., o que já representa pelo menos 60 % do investimento necessário para a compra do equipamento.

2.1.3 Aproveitamento de Recursos já Disponíveis

Por questão de bom senso foram avaliados os recursos existentes na empresa que pudessem e/ou podem ser utilizados para auxiliar na otimização da produção.

Esta prática se justifica porque possibilita ganhos, ainda que modestos, com baixos investimentos e em alguns casos, curto prazo de tempo para estudo de viabilidade, projeto e implantação.

Dentre as alternativas observadas estão:

- * a mudança no lay-out da planta referente ao posicionamento das estantes que armazenam os estampos e à substituição da máquina stand by.
- * a reutilização de algumas mesas de troca de ferramenta que um dia foram utilizadas e estão sucateadas, sem aproveitamento.
- * a reorganização do acesso às chaves e demais ferramentas utilizadas na fixação dos estampos.
- * um treinamento ou um “ retreinamento ” dos operadores visando aprimorar sua técnica de trabalho.

2.1.4 A Mudança do Layout :

A título de facilitar o acesso e reduzir o tempo de movimentação da empilhadeira que faz a distribuição dos estampos, foram estudadas novas localizações para as estantes do ferramental. O resultado do estudo demonstrou não serem recomendáveis as alterações propostas por fatores de segurança, estética da fábrica e resultado insatisfatório. Por tanto não será aqui registrada a metodologia ou o estudo propriamente dito, cite-se apenas que foram consultados os profissionais competentes e que este estudo teve um caráter tanto qualitativo como quantitativo a ponto de ser confiável.

Quanto à substituição da prensa stand by, não só foi confirmada a sua necessidade como estudou-se a sua melhor localização e disposição no lay

out da célula. A substituição foi feita e apresenta-se no desenho sito à próxima página mostrando as configurações anterior e atual.

A Necessidade: A prensa stand by apresentava inúmeros problemas e inconvenientes relativos à manutenção, à operação e à troca de ferramenta.

A Solução: Substituir a prensa por outra em melhores condições de trabalho a um custo baixo e a curto prazo. A máquina substituta foi definida depois de uma análise e foi transferida de outra célula (onde não era mais necessária) da própria empresa ao custo apenas do seu transporte.

2.1.5 A Reutilização das Mesas Sucateadas:

Verificou-se a existência de mesas-de-troca que um dia seriram ao propósito de Troca-Rápida e foram descartadas num pátio a céu aberto por apresentarem problemas operacionais. Dentre os problemas constatados, o principal foi a impossibilidade de variar a altura da mesa de troca, o que dificultava muito o acesso da ferramenta ao ser deslocada da mesa da prensa para a mesa de troca e vice-versa.

A proposta inicial de reutilizar as mesas, adaptando-as com a variação de altura e outras melhorias necessárias esbarrou no mau estado de conservação em que se encontravam, com excessão de uma, a que era usada na máquina que atualmente funciona como stand by.

Portanto esta pode ser reaproveitada para o trabalho com algumas modificações. As demais necessitariam de reparos e recuperação de material, mas nestas o custo de reaproveitamento torna a idéia desaconselhável.

2.1.6 O Acesso às Chaves e Ferramentas de Fixação:

A Necessidade: A produção se divide em dois turnos de trabalho e cada turno tem um quadro de funcionários diferente. Cada turno possui uma caixa de ferramentas que contém aproximadamente a metade das ferramentas usadas na linha de estamparia. Quando da operação de troca dos estampos, cada turno se utiliza de sua própria caixa, revezando as ferramentas entre operadores e máquinas. Este procedimento gera uma circulação tanto de operadores como de ferramentas que resulta num gasto de tempo acima do necessário.

A Solução: Contou-se o número exato de ferramentas disponíveis (somando-se as ferramentas dos dois turnos) e comparou-se ao número de ferramentas necessárias para que se tivesse um conjunto para cada máquina conforme a tabela da próxima página.

Ferramenta	Quantid. Turno 1	Quantid. Turno 2	Quantid. disponível	Necessária na(s) máq.	Qtd. ideal	Saldo
chave Belzer 30	3	4	7	todas	8	-1
chave 1 1/16 e 1 1/14	2	4	6	1,4 e 7	3	+3
martelo	1	1	2	8	1	+1
chave 1 7/16	1	1	2	2	1	+1
chave alen 1/2	1	1	2	8	1	+1
chave alen 5/16	1	0	1	7	1	0
chave alen 3/8	2	1	3	9	1	+2
chave alen M 14	1	1	2	6	1	+1
pino	1	1	2	8	1	+1
alavanca	2	2	4	1,2,5 e 6	4	0

Concluiu-se que os números são suficientemente próximos e portanto viabilizam a seguinte implantação recomendada:

- Distribuir em cada máquina as ferramentas necessárias para efetuar as trocas de seus respectivos estampos. Assim reduz-se a movimentação e consequentemente o tempo gasto com a fixação dos estampos.

2.1.7 O Treinamento dos Operadores

A noção de investimento para melhorias dos engenheiros de produção japoneses diz, em resumo, que o retorno sobre o investimento é da ordem de 1,1 para o homem, 10 para o processo e próximo de 100 para o produto.

Admitindo que este conceito é válido, acrescente-se aí que os três elementos funcionam em conjunto e são dependentes entre si.

Assim, abriu-se este espaço para lembrar que o homem, ou a mão de obra, pode dar um retorno adicional de aproximadamente 10 % sobre o que foi nele investido (ganho na produção).

Recomenda-se então que seja elaborado um programa de “ retreinamento ” ou aprimoramento técnico para os operadores visando otimizar suas atividades de trabalho, por exemplo na operação de troca de ferramental. Aconselha-se que este programa deve ser elaborado por um (ou mais) engenheiro processista e/ou gerente de fábrica, com o auxílio de profissionais do assunto (por exemplo um psicólogo).

Um dos objetivos deste trabalho é sugerir modificações no *processo* atual de Troca de Estampos mas ressaltando a importância de se fazer um treinamento de acordo para com o *homem*, no caso com os operadores.

Uma sugestão para aplicação imediata é usar, em cada troca de ferramentas, uma folha de controle de tempo para o acompanhamento da

evolução do sistema de troca. Propõe-se a tabela a seguir para esta finalidade.

Controle dos Tempos de Troca de Matrizes de Estampagem

DATA	PRODUTO	TEMPO DE TROCA (MIN)	OBSERVAÇÕES
//	A		
//	B		
//	C		

2.2 O SISTEMA DE TROCA RÁPIDA

O sistema de troca rápida a ser aplicado é do tipo SMED (Single-Minute Exchange of Die) ou Troca de Ferramenta no tempo de um dígito de minuto: ($t < 10 \text{ min.}$).

Este sistema prevê:

A- o projeto e implantação de dispositivos e/ou equipamentos que possibilitem a redução dos tempos de troca de ferramenta;

B- a padronização dos procedimentos de troca;

C- o treinamento dos operadores;

D- a possível mudança do layout da célula;

E- etc.

Necessidade

A necessidade a ser satisfeita é a de reduzir o tempo de troca das ferramentas de estampo da atual média de uma hora e vinte minutos (1h:20min) para pelo menos quinze minutos (15 min.) para toda a linha.

Satisfeita esta necessidade, aumenta-se a produtividade do equipamento. Obviamente é preciso aumentar a produtividade devido ao crescimento de demanda das peças.

Dentre os benefícios podem-se esperar:

- possibilidade de reduzir estoques tornando mais eficiente o uso do espaço disponível da planta.
- aumentar a produtividade com a eliminação de algumas operações.
- agilizar a flexibilidade de produção de diferentes peças.
- eliminar erros de montagem.
- garantir operações mais simples, planejadas e portanto mais seguras.

Exigências

As exigências estão aqui classificadas em quatro áreas:

- Homem: Viabilizar o treinamento dos operadores da linha garantindo além dos procedimentos de trabalho, os de segurança. A linha prevê um número de operadores variando de cinco a sete (5 a 7), sendo que um ou dois também operam a empilhadeira.
- Processo: Definir os procedimentos de execução do processo de troca de ferramental.
- Máquina: Selecionar equipamentos de forma a flexibilizar a troca rápida para diferentes máquinas. Devem ser observadas as possibilidades de

projetar parte ou totalidade dos equipamentos bem como a sua obtenção no mercado junto aos fornecedores (especificação e compra).

- Custo: Alcançar os objetivos do projeto com um investimento máximo inicial de R\$ 20.000,00 com retorno de seis meses para que se possa reinvestir caso haja necessidade.

Especificações Técnicas

Funcionais

- 1- Desempenho: Trocar as ferramentas em tempos de no máximo 15 min.
- 2- Ergonomia/Conforto: Esforço máximo dos operadores especificado de acordo com as normas ABNT e/ou recomendações bibliográficas.
- 3- Segurança: Garantir a integridade física dos operadores em qualquer tempo e operação.

Operacionais

- 1- Durabilidade: Vida útil dos componentes, dispositivos e equipamento utilizado não inferior a 20 meses.

2- Confiabilidade: Nenhuma falha que interrompa a produção nos primeiros 20 meses.

3- Manutenibilidade: Efetuar a limpeza de cada ferramenta antes ou depois de sua troca.

Garantir a manutenção das máquinas conforme especificação do fabricante.

Construtivas:

1- Capacidade: Possibilidade de trocar os estampos necessários para cada máquina.

A título de ilustração apresenta-se a seguinte abordagem funcional da operação de troca:

- 01- preparar Ferramental do próximo lote
- 02- transportar ferramental até as proximidades da prensa
- 03- parar produção do lote anterior
- 04- “desfixar” ferramental anterior
- 05- retirar ferramental anterior
- 06- colocar ferramental novo
- 07- fixar ferramental novo

08- ajustar a máquina

09- estampar algumas peças para verificar conformidade com a especificação

10- iniciar produção do novo lote

11- transportar ferramental antigo para local de destino (prateleira, revisão, manutenção, etc).

2.2.1 Os Elementos de fixação

Dispositivos de Fixação (visando reduzir o tempo de fixação)

Levantamento de Custos

Dispositivo	Custo Unitário (R\$)	Qtde. necessária	Total
Arruela em U M20	6,00	54	324
Grampo vertical pesado Amf Nr:6811	No. 8 - 299,17 No. 6 - 197,47	36	10.770,12 7.108,92
Prendedor c/ travam. e acionam. manual por alavanca - Clampan	mec. 3 Ton. US\$ 180 mec. 5 Ton. US\$ 220 hid. 4 Ton. R\$ 300 hid. 7 Ton. R\$ 330 Pneum. - + caro	24	4.320 5.280 7.200 7.920
Alavanca de aperto rápido Fixo-ref.6621	mec. 139,65	24	3351,60
Castro Acessórios hidráulico	380	36	13.680
alavanc. mec.	270		9.720
manual	98		3.528
grampo 1045 M20	183		6.588
grampo 4045 M20			

Observe-se que a quantidade necessária de cada tipo pode variar devido à sua impossibilidade de atender fisicamente, por questão de espaço, certos pontos de fixação.

Foi pensada a possibilidade de se projetar os dispositivos de fixação a serem utilizados. Porém, este tipo de dispositivo exigiria um estudo aprofundado, podendo ser tema de outro trabalho, visto que as vibrações e choques que ocorrem causados pela operação de estampagem podem comprometer a geometria dos produtos no caso de qualquer deslocamento da ferramenta.

2.2.2 A Mesa de Troca - Rápida

Mesa-Troca-Estampos

Função	Executor	Custo	A	B	C	D	E
Suportar o(s) Estampos	estrutura do tipo ->		mesa	empilha-deira	cabide	armário	guindaste
Retirar Estampo da Prensa	dispositivo/ mecanismo		braço mecânico	braço hidráulico	manual/ alavanca	guincho / cabo ou cinta	esteira
Colocar Estampo na Prensa	dispositivo/ mecanismo		idem	idem	idem	idem	idem
Movimentar o conjunto	rodas		3 ou 4 rodas	esteira	3 ou 4 pneus	trilhos	
Parar/brecar o conjunto	freio		trava no chão	trava nas rodas	trava na máquina	parafuso- roda suspensa	
Fornecer energia ao sistema	motor		motor elétrico	manual com uma pessoa	motor a gás	manual com duas pessoas	motor a gasolina
Agilizar a troca	dispositivo/ mecanismo		prato giratório	prateleiras retráteis/ telescópico	mesa simples		
Mudar altura de acesso	dispositivo/ mecanismo		manivela/ parafuso (morsa)	macaco hidráulico	macaco mecânico	alavanca mecânica	
Facilitar desloc do estampo	reductor de atrito		roletes na mesa	superfície com óleo			
Transmitir a energia	mecanismo		manual	engrenagens	corrente/ pedal	correia/ polia	
Acessar local	caminho/ trajeto		pela frente das máq.	por trás das máq.	1 pela frente outro trás		

A estamparia é composta por oito prensas e para que as trocas de ferramental sejam proveitosas quanto à redução de tempo, torna-se necessário que todas as prensas sejam servidas por este sistema ágil de troca.

Neste trabalho são sugeridas versões que atendem às prensas 7 e 8 da linha especificamente. A justificativa é que as versões particulares para as outras máquinas serão muito semelhantes a estas, portanto não havendo a necessidade de detalhá-las.

A síntese de soluções gerou três projetos com a particularidade de serem basicamente dois projetos diferentes na concepção de forma onde um tem duas versões de acionamento do sistema de elevação, manual e elétrico e o outro apenas o elétrico. Isto porque o acionamento manual deste foi considerado inviável devido aos esforços não recomendados para a operação manual.

O critério para o estabelecimento dos pesos dos quesitos quanto à importância procurou valorizar o baixo custo de fabricação e manutenção bem como o desempenho e a segurança da máquina.

Os custos de fabricação das mesas foram levantados junto à vários fornecedores (apêndice A) e chegou-se à conclusão que as versões 1 e 3 chegam a ser 9% e 15%, respectivamente, mais baratas que as similares de

mercado, enquanto a versão 2 (bomba hidráulica) possui custo equivalente às de mercado.

Os croquis das três versões estão apresentados nas próximas figuras acompanhados dos dados mais importantes para a boa compreensão do equipamento.

Versões 1 e 2:

1-Mesa de Troca de acionamento manual por macaco hidráulico.

2-Acionamento por bomba hidráulica (elétrica).

O modelamento desta mesa foi feito como um mecanismo de oito peças (quatro barras, êmbolo, pistão e dois apoios simples). Pelo critério de Grubler para mecanismos planos comprova-se o fato deste dispositivo permitir apenas um grau de liberdade (direção vertical em ambos os sentidos). Assim está garantida a estabilidade da estrutura tanto em operação como em repouso.

Pelo Critério de Grubler:

$$G.M. = 3 (n - 1) - 2 n_{p1} - n_{p2}$$

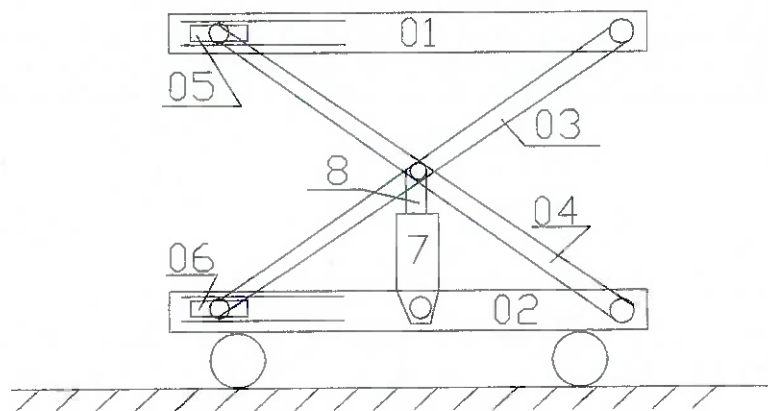
onde:

n = N°. de peças

n_{p1} = N°. de pares cinemáticos que permitem 1 grau de liberdade.

n_{p2} = N°. de pares cinemáticos que permitem 2 graus de liberdade.

O mecanismo de oito peças:



ESQUEMA DO MECANISMO

Pares cinemáticos: P13, P15, P24, P26, P27, P38, P36, P45, P48, P78.

$$G.M. = 3(8 - 1) - 2(10) - 0 = 21 - 20 = 1 \quad [OK]$$

2.2.2.1 ANÁLISE GERAL

Versões 01 e 02 (Manual e Bomba hidráulica):

A potência limitada restringe o emprego dos acionamentos manuais.

Entretanto para este caso sua utilização é possível.

Segundo Rudenko (1976), o valor admissível para operações manuais vale em torno de 0,25 hp por operador. Isto implica que para o esforço previsto, conforme a tabela abaixo, de 20 Kgf, ter-se-á uma velocidade de acionamento da alavanca de 1 m/s.

A bibliografia aponta como limites de curso para o acionamento por pedal e alavanca:

Período de Operação	No Pedal de Controle (Kgf)	Na Alavanca de Comando (Kgf)
Operação Contínua	25	18
Operação não excedente a 5 minutos.	35	20

A bibliografia aponta como limites de curso para o acionamento por alavanca os seguintes valores:

Limite inferior: 580 mm acima do chão.

Limite superior: 1080 mm acima do chão.

Posição de Máxima Força (mais confortável): 780 mm acima do chão.

O número de bombadas é relacionado com o diâmetro do pistão (d) e do cilindro (D), da altura de elevação necessária (h) e do curso do pistão (C). Assim ao aumentar-se a altura de elevação aumenta-se também o número de bombadas. O curso do pistão também influi consideravelmente no número de bombadas, assim como a relação entre diâmetros:

$$n = \frac{D^2 \cdot h}{d^2 \cdot C \cdot 2}$$

Para o macaco hidráulico Schuler HT- 4 (vide apêndice B), selecionado para esta aplicação, $n = 20$.

A frequência das bombadas determina a velocidade média de elevação da carga.

$$V_{\text{média}} = 2 \cdot f \cdot C \cdot \frac{d^2}{D^2} \text{ onde } f \text{ é a frequência das bombadas.}$$

$V_{\text{média}} = 1/60 \text{ m/s}$, para o macaco HT-4.

As dimensões da mesa foram avaliadas conforme a tabela abaixo:

Estudo de possíveis dimensões (mm)

C da mesa	C útil	Altura fechado (sem rodas)	Altura aberto (idem)	C das barras	L de base
1200	1000	400	850	1097	693
1200	1000	400	800	1077	721
1200	1000	350	800	1097	750
1200	1000	400	750	1059	748
1300	1100	400	800	1170	854
1400	1200	400	800	1265	980
1500	1300	400	800	1360	1100

A mesa deve suportar com segurança a carga equivalente a quatro estampos simultaneamente. Assim para o caso particular das duas últimas prensas da linha, isto significa uma carga de 2000 kgf + 500 kgf de segurança.

As dimensões da mesa foram concebidas de forma a poder comportar quatro ferramentas e a variação de altura suficiente para permitir o posicionamento correto da canaleta de peças.

O Diâmetro do eixo de articulação do mecanismo onde é ligado o macaco hidráulico que aciona o levantamento é dado pela resistência dos materiais:

$$d > (32 M_i / \pi \cdot \sigma)^{1/3}$$

onde

M_i = Momento máximo no eixo = força x braço = 1250 kgf x 400 mm
= 500.000 kgf mm.

σ [kgf / mm²] = tensão admissível = tensão de escoamento / 1,8

A tabela a seguir mostra os valores do diâmetro da barra para vários materiais:

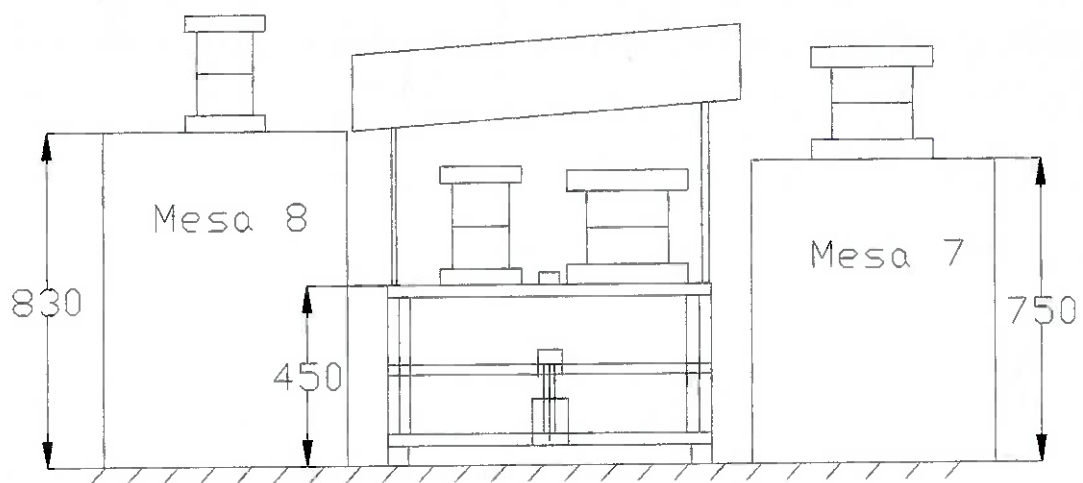
AÇOS CARBONO SAE	tensão de escoamento kgf/mm2	FLEXÃO cte tensão adm kgf/mm2	diâmetro [mm]
Mi=500000 kgf mm			
1020 laminado	21	11,67	75,9
estirado	36	20,00	63,4
1030 laminado	26	14,44	70,6
estirado	45	25,00	58,8
1040 laminado	29	16,11	68,1
estirado	50	27,78	56,8
1050 laminado	35	19,44	64,0
estirado	59	32,78	53,8
1070 laminado	39	21,67	61,7
1095 laminado	50	27,78	56,8
AÇOS LIGA SAE			
3140 estirado	73	40,56	50,1
4130 laminado	42	23,33	60,2
estirado	57	31,67	54,4
4140 laminado	44	24,44	59,3
estirado	63	35,00	52,6
4340 laminado	48	26,67	57,6
estirado	70	38,89	50,8
8620 estirado	71	39,44	50,5

Recomenda-se a partir destes o que seja mais barato e com a bitola padrão mais próxima do valor calculado.

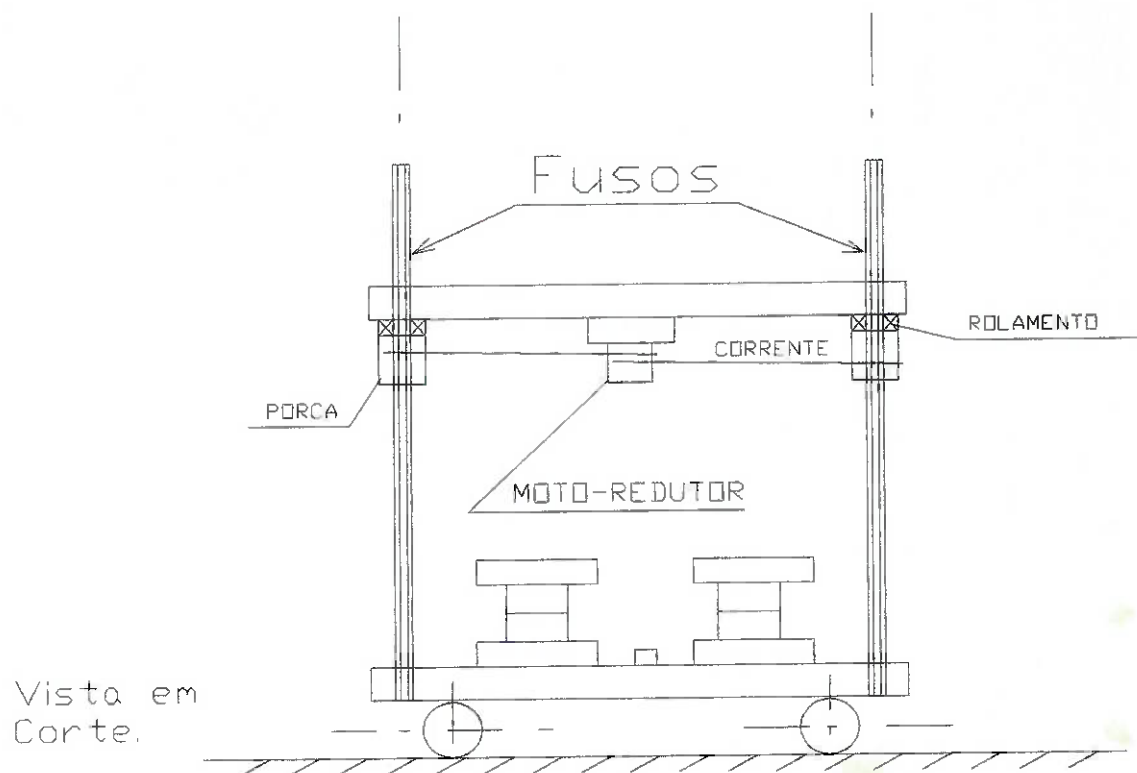
Dimensões do Tampo da Mesa (mm): 800 x 1200

Variação de Altura: 400 mm.

Desenho em escala da situação de troca proposta:



Versão 3: Mesa de Troca com acionamento elétrico (parafuso de potência.)



Flambagem dos Fusos

$$\lambda = l / i$$

onde

l = comprimento de flambagem

i = raio de giração da seção transversal

λ = índice de esbeltez

Relação de Euler (para $\lambda > 95$)

$$\sigma_{cr} = \pi^2 E / \lambda^2 K_E \quad [\text{Kp} / \text{mm}^2]$$

onde:

σ_{cr} (sigma crítico) = tensão crítica de flambagem

E = módulo de elasticidade

K_E = coeficiente de segurança à flambagem [varia de 3 a 6]

Portanto para evitar a flambagem nas vigas deve-se ter:

$$F / A < \sigma_{cr}$$

$$\lambda = l / i = 2 \cdot l_0 / d/4$$

para $l_0 = 800$ e $\lambda = 95$, teremos que $d < 67,4 \text{ mm}$.

$$F = 2500 / 4 = 625 \text{ kgf}$$

$$\sigma_{cr} = 36 \text{ kgf/mm}^2 \quad [\text{SAE 1020 - estriado a frio}]$$

$$E = 210.000 \text{ kgf/mm}^2$$

adotando $K_e = 3$, encontra-se $\lambda = 138,53$ e consequentemente

$$d_{\text{fuso}} = 46 \text{ mm.}$$

Nota: Utilizando-se materiais melhores, cuja tensão de escoamento é maior que a do SAE 1020, poder-se-á ter diâmetro de fuso menor.

Cálculo da Potência do Moto-Redutor (versão 03)

$$\text{Potência} = \text{Força} \cdot \text{Velocidade}$$

$$P = 2500 \text{ kgf} \cdot 2 \text{ m/min} = 2500 \cdot 0,033 = 1,1 \text{ hp.} \quad [\text{o.k.}]$$

O moto-redutor disponível para suprir esta potência é o de 2 hp, segundo o fornecedor (Capitani, Zanini e Cia LTDA; vide apêndice A).

Os fusos disponíveis são os de bitola mais barata, normalizada, respeitando o dimensionamento acima, disponíveis no fornecedor Bressane (vide apêndice A).

2.2.3 Metodologia de Troca

A troca das ferramentas fica então estabelecida segundo o roteiro:

- _ Parar a máquina;
- _ Retirar os elementos fixadores do estampo;
- _ Elevar a mesa de troca;
- _ Trocar a ferramenta anterior pela atual;
- _ Fixar a nova ferramenta;
- _ Abaixar a mesa;
- _ Promover os ajustes da máquina;
- _ Reiniciar a produção.

Tempo estimado de troca: 14 min.

3 CONCLUSÃO

O resultado deste trabalho é uma mostra de alternativas para se conseguir otimizar o processo produtivo da linha ET-01 de estamparia e de outras linhas similares.

Como resultado concreto do trabalho, foi promovida a troca de uma das máquinas da linha (stand-by), que resultou em comprovado aumento de produtividade.

Além disso, o processo de viabilização da troca da alimentação por bobinas está no fim e é certa a sua implantação para fevereiro do próximo ano.

As sugestões para a troca rápida estão sendo amplamente discutidas e prevê-se a sua implantação a médio prazo.

Outros estudos, tais como a troca da linha por uma prensa tipo transfer, estão em andamento mas ainda longe de um resultado e por isso aqui apenas citados.

Fica como sugestão para trabalhos posteriores, a quem possa interessar, o estudo e projeto de equipamentos posicionadores e pré-

posicionadores de montagem que são de grande valor na agilização de montagens e afins.

Conclui-se, outrossim, que apesar das inúmeras dificuldades para a realização deste, trata-se de um trabalho que efetivamente contribui para o crescimento econômico e social de uma empresa e seus funcionários.

Referências Bibliográficas

- Rudenko, N. **Máquinas de elevação e transporte**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1976.
- Niemann, G. **Tratado Teórico Prático de Elementos de Máquinas**. Ed. Labor, 1967.
- Zampese, Boris. **Dimensionamento**. São Paulo, Grêmio Politécnico, 1986.
- Csillag, João Mário, **Análise do Valor**. 3°. ed., São Paulo, Atlas, 1991.
- Madureira, Omar Moore de, **Apostilas de aula de Metodologia do Projeto e Projeto de Mecanismos**. São Paulo, 1994.
- Coelho, Tarcísio A. H., **Dispositivos de fixação: apostila**. São Paulo, 1993.
- Monden, Yasuhiro. **Produção sem estoques: uma abordagem prática do sistema de produção da Toyota**. São Paulo, Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, IMAM, 1984.
- Shingo, Shigeo. **A Revolution in Manufacturing: The Smed System**.
- Cometta, Emílio. **Resistência dos Materiais: para técnicos mecânicos**. tradução Lauro S. Blany, supervisão de Maxim Behar. São Paulo, Hemus, 1975.

Apêndice A - Empresas Consultadas para Levantamento de Dados e Orçamentos.

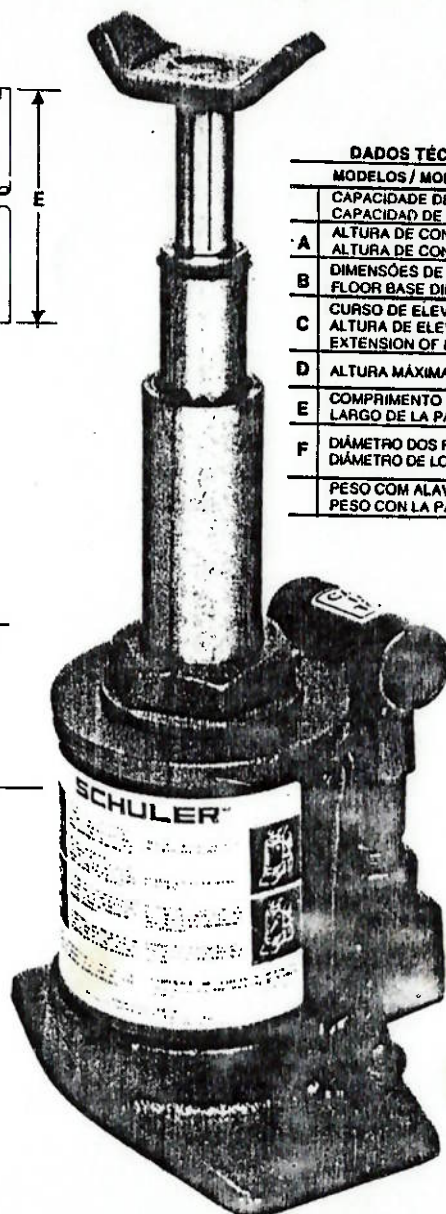
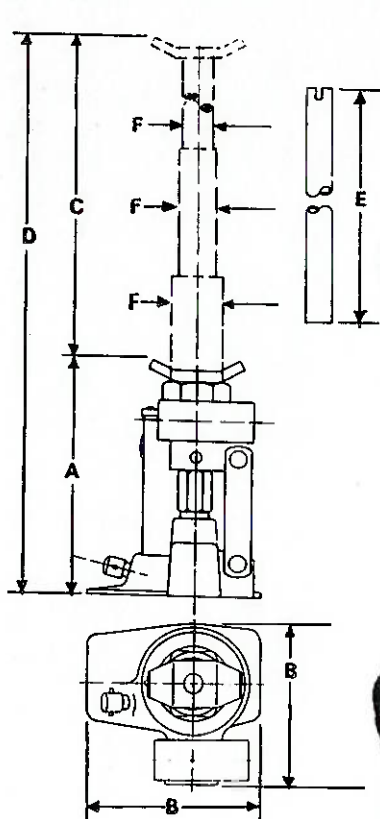
- _ ZELOSO, Indústria e Comércio LTDA. Av. Henriqueta Mendes Guerra, N°.550, Barueri - S.P.; Tels: (011) 422-1133; 8321138.
- _ BRESSANE, Rua Dr. Estevão Montebello, 683, São Paulo - S.P.; Tel/Fax: (011) 875-3013.
- _ CAPITANI, ZANINI e CIA LTDA, Av. do Cursinho CEP 04169-000, São Paulo - S.P.; tel: (011) 585-9522 - fax: (011) 275-1371.
- _ REKON FERRAMENTAS PNEUMÁTICAS LTDA., Rua Henrique Rochelle, 385 - Bairro Caxambú - Piracicaba - S.P., CEP 13425-050; telefax: (0194) 26-4391.
- _ ROVELA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. Rua Santa Clara, 198 - CEP 03025-030 - São Paulo - S.P.; tel:(011) 693-4559 / 692-5065 - fax: (011) 692-5065.
- _ PRENSAS SCHULER S.A., Av. Fagundes de Oliveira, 1515. tel:(011) 745-2200 - fax:(011) 7452766; Caixa Postal n°. 136 - CEP 09901-970, Diadema, S.P.
- _ PROMAQ; Escritório: R. Alencar Araripe,574/578 - Ipiranga - São Paulo - S.P., CEP 04253-000; telefax: (011) 914-9671; Fábrica: R. Arroio Grande,491 - Ipiranga - São Paulo - S.P., CEP 04253-050; tel:(011) 947-5522.
- _ FERSA - Representação e Com. de Máquinas e Acessórios (FAGOR)., Rua Rolim de Moura, 187 - Jardim Silvinia - CEP 09791-050 - S.B. do Campo - S.P.; telefax: (011) 448-2112.
- _ SKAM IND. E COM. LTDA., Av. Marginal da Via Anhanguera Km 62 - Distrito Industrial - Jundiaí - S.P. CEP 13211-090; tel:(011) 732-6755 / fax:(011) 732-2286.

Apêndice B - Macaco Hidráulico SCHULER HT-4

Manufactured in two different sizes, for 1,5 and 4 metric ton capacities, of low body design, these models are provided with an air drain valve fitted on the top, to prevent lifting failure. HT models operate with *three-stage telescopic hydraulic pistons* which eliminate the manual adjustments to approach the load. The three-stage telescopic pistons provide enough range to compensate the height difference between the front and rear axles.

HT-1,5: Specially designed for GM small trucks and vans as well as for similar vehicles up to 1.500 kg.

HT-4: Specially designed for GM D-40 models and similar small tonnage trucks up to 4.000 kg.



DADOS TÉCNICOS / DATOS TÉCNICOS / TECHNICAL DATA		
MODELOS / MODELS	HT-1.5/160	HT-4/180
CAPACIDADE DE CARGA / LIFTING CAPACITY	1500 kg	4000 kg
A ALTURA DE CONSTRUÇÃO / MINIMUM HEIGHT	160 mm 6 5/16	180 mm 7 1/8
B DIMENSÕES DE BASE / DIMENSIONES DE LA BASE FLOOR BASE DIMENSION	155 x 135 mm 6 1/8 x 5 5/16	164 x 155 mm 6 1/2 x 6 1/8
C CURSO DE ELEVACÃO HIDRÁULICA ALTURA DE ELEVACIÓN HIDRÁULICA EXTENSION OF HYDRAULIC LIFT	280 mm 10 1/4	270 mm 10 5/8
D ALTURA MÁXIMA / MAXIMUM HEIGHT	420 mm 16 1/2	450 mm 17 3/4
E COMPRIMENTO DA ALAVANCA LARGO DE LA PALANCA / LEVER LENGHT	595 mm 23 7/16	595 mm 23 7/16
F DIÂMETRO DOS PISTÕES DIÁMETRO DE LOS PISTONES / PISTONS DIAMETER	18 mm - 23/32 27 mm - 1 1/16 37 5 mm - 1 1/2	27 mm - 1 1/16 40 mm - 1 9/16 52 mm - 2 1/16
PESO COM ALAVANCA PESO CON LA PALANCA / WEIGHT WITH LEVER	5.380 kg	8.630 kg

HT

