

MEMORIA DE
CALCULO

APROVADO	APROVADO C/CORREÇÕES	NÃO APROVADO	INFORMATIVO
INSPEÇÃO PELO COORDENADOR IECO - ELC <i>24/11/85</i>			
APROVAÇÃO PELO COORDENADOR IECO - ELC POR ITAIPU BINACIONAL <i>22.05.85</i>			
APROVAÇÃO DESTES DESENHO NÃO ISENTA O FABRICANTE DA SUA COMPLETA RESPONSABILIDADE PELO CUMPRIMENTO DAS OBRIGAÇÕES CONTRATUAIS			
REG. Nº 5615-10-96797-P			R 0

FL.1 de 46

WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. <i>[Signature]</i> Coord. <i>[Signature]</i> Nº		SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA SIST. AUTOM. DE AGUA DE PROT. CONTRA INCEN- DIO MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 01/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P.

INDICE

	PÁGINA
1- OBJETIVO. _____	04/46
2- REFERÊNCIAS. _____	04/46
3- DADOS DE PROJETO. _____	05/46
4- VERIFICAÇÃO DE PERDA DE PRESSÃO DO PONTO X ATÉ THP E BOMBA BWF-9701. _____	05/46
5- DIFERENÇA ESTATICA ENTRE OS NÍVEIS DO PONTO X E THP/ BOMBA BWF-9701. _____	07/46
6- VERIFICAÇÃO DE PERDA DE PRESSÃO DO PONTO W ATÉ THP E BOMBA BWF-9701. _____	08/46
7- DIFERENÇA ESTATICA ENTRE OS NÍVEIS DO PONTO W E THP/ BOMBA BWF-9701. _____	09/46
8- DIMENSIONAMENTO DO THP. _____	10/46
9- CÁLCULO DO TEMPO DE OPERAÇÃO DO THP. _____	13/46
10- CÁLCULO DAS DIMENSÕES CONSTRUTIVAS DO THP. _____	13/46
11- COMANDO E PROTEÇÃO DO THP. _____	20/46
12- SELEÇÃO DA BOMBA DE ENCHIMENTO DO THP - BWF- 9703. _____	24/46
13- SELEÇÃO DA BOMBA DE PRESSURIZAÇÃO DO THP - BWF 9704. _____	27/46
14- SELEÇÃO DAS BOMBAS DE INCÊNDIO. _____	30/46
15- SELEÇÃO DO COMPRESSOR DE AR. _____	33/46
16- CÁLCULO DE ESPESSURA DE CHAPA DO TANQUE DE ALTA PRESSÃO. _____	35/46
17- CÁLCULO DE ESPESSURA DE CHAPA DO TANQUE DE BAIXA PRESSÃO. _____	37/46
18- GRÁFICO DE "ZICK". _____	39/46
19- PÁGINA 73 DO "MANUAL DE LA TECNICA MECÁNICA" _____	40/46
20- CURVA CARACTERÍSTICA DA BOMBA BWF-9701. _____	41/46

 WORMALD RESMAT LTDA		IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. _____			SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA
Coord. _____			SIST. AUTOM. DE AGUA DE PROT. CONTRA INCÊNDIO
Nº _____			MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 02/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P	

Reg. Nº 5615 10-96797-P R O

Folha 2 de 46

21- CURVA CARACTERÍSTICA DA BOMBA BVF- 9702.	42/46
22- CURVA CARACTERÍSTICA DA BOMBA BVF- 9703.	43/46
23- CURVA CARACTERÍSTICA DA BOMBA BVF- 9704.	44/46
24- ISOMÉTRICO DAS BOMBAS DE ENCHIMENTO E PRESSURIZAÇÃO DO THP.	45/46
25- ISOMETRICO DA TUBULAÇÃO DE ÁGUA DE INCÊNDIO.	46/46

 WORMALD RESMAT LTDA		IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. <u> </u>			SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA
Coord. <u> </u>			SIST. AUTOM. DE AGUA DE PROT.CONTRA INCEN- DIO
Nº <u> </u>			MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA <u>23</u> / 46	O.C./S.P/2060/83		ITAIPU Nº <u>5615-10-96797-P</u>
			Reg. Nº <u>5615-10-96797-P</u> R O
			Folha <u>3</u> de <u>46</u>

1- OBJETIVO

Seleção dos Grupos Moto-Bomba Diesel e Elétrico, para combate a incêndio, Tanque Hidropneumático, Tanque de Ar de Baixa Pressão, Tanque de Ar de Alta Pressão, Compressores de Ar e Bombas de Enchimento e Pressurização do Tanque Hidropneumático.

2- REFERÊNCIAS

- NFPA - National Fire Protection Association. vol. 20.
- ASME - American Society Mechanical Engineers -
Section VIII - Division I
- Manual de La Técnica Mecánica - Oberg - Jones.
- gráfico de Zick.
- Desenhos de Projeto:
Trafos Reguladores: des. nº RE-7102-83-025 a 029.
Trafos Auxiliares: des. nº RE-7102-83-050 a 054.
Autotrafos: des. nº RE-7102-83-01 a 07.
- Cálculos Hidráulicos:
Trafos Reguladores: MC: 7102-83-026.
Trafos Auxiliares: MC: 7102-83-051.
Autotrafos: MC: 7102-83-002.
- ANEXOS:

CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS.

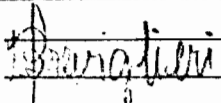
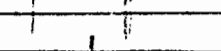
ISOMÉTRICO DO SISTEMA.

GRÁFICO DE ZICK.

TABELA DA PÁGINA 73 DO "MANUAL DE LA TÉCNICA MECÁNICA"

Reg. Nº 5615.10.96797P/RC

Folha 4 de 46

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
DES.  COORD. 		SUBESTACÃO MARGEM DIREITA SISTEMA AUTOMÁTICO DE ÁGUA DE PROT. CONTRA INCÊNDIO
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO.
FOLHA 04/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P

3- DADOS DE PROJETO

Des cálculos hidráulicos MC-7102-83-002, MC-7102-83-026 e MC-7102-83-051 temor:

pressões e vazões mínimas requeridas nas Válvulas Dilúvio:

3.1- TRAFOS REGULADORES:

$$Q = 2330 \text{ dm}^3/\text{min} = 615,6 \text{ (US) GPM.}$$

$$P = 5,10 \text{ bar} = 74 \text{ psi.}$$

3.2- TRAFOS AUXILIARES: → ponto X

$$Q = 2266 \text{ dm}^3/\text{min} = 598,68 \text{ (US) GPM.}$$

$$P = 5,64 \text{ bar} = 81,78 \text{ psi}$$

ponto X → ver desenho nº RE-7102-83-84

3.3- AUTOTRAFOS: → ponto W

$$Q = 3952 \text{ dm}^3/\text{min} = 1044 \text{ (US) GPM.}$$

$$P = 5,21 \text{ bar} = 75,56 \text{ psi.}$$

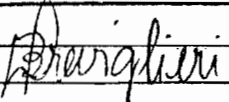
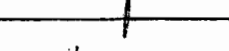
ponto W → ver desenho nº RE-7102-83-84.

CONCLUSÃO: os pontos mais desfavoráveis em termos de vazão e pressão, localizam-se nos pontos W e X respectivamente.

4- VERIFICAÇÃO DE PERDA DE PRESSÃO DO PONTO X ATÉ THP E BOMBA BWF 9701.

Reg. Nº 5615-10-96797-P R O

Folha 5 de 46

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU PARAGUAI BINACIONAL
DES.  COORD.  Nº		<u>SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA</u> <u>SISTEMA AUTOMÁTICO DE AGUA DE PROT. CONTRA INCENDIO</u> MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA <u>05/46</u>	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº <u>5615-10-96797-P.</u>

4.1- TRECHO X → Y → $\phi 8"$ — COMPRIMENTOS EQUIVALENTES.

06 CURVAS 90°	06 X 5,48 m	→	32,88 m
11 CURVAS 45°	11 X 2,74 m	→	30,14 m
01 TEE	01 X 10,66 m	→	10,66 m
TUBO		→	146,23 m

219,91 m → 220,0 m.

CONCLUSÃO:

conforme podemos verificar, a perda de pressão no trecho, com vazão $Q = 3952 \text{ dm}^3/\text{min}$, será de 2,52 m/100m, portanto, a perda de pressão no trecho será de 5,54 mca (0,554 bar).

4.2- TRECHO Y → Z → 10" — COMPRIMENTOS EQUIVALENTES.

05 CURVAS 90°	05 X 6,70 m	→	33,50 m.
03 CURVAS 45°	03 X 3,35 m	→	10,05 m.
01 TEE	01 X 15,24 m	→	15,24 m.
01 FILTRO	01 X 1,03 m	→	1,03 m
01 VALV. BORBOLETA	01 X 5,79 m	→	5,79 m
TUBO		→	21,15 m
			86,76 m

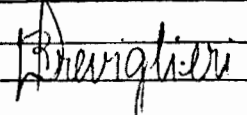
OBS: pelos dados da curva de perda de pressão no filtro, do catálogo do fabricante Hero, temos 1,03 mca (0,103 bar) de perda de pressão no filtro para vazão $Q = 3952 \text{ dm}^3/\text{min} = 237,0 \text{ m}^3/\text{h}$.

CONCLUSÃO:

Conforme podemos verificar, a perda de pressão no trecho, com vazão $Q = 3952 \text{ dm}^3/\text{min}$, será de 0,85 mca/100m, portanto a perda de pressão no trecho será de 0,73 mca (0,073 bar).

4.3- TRECHO Z → THP → $\phi 10"$ — COMPRIMENTOS EQUIVALENTES.

02 CURVAS 90°	02 X 6,70 m	→	13,40 m.
01 VALV. BORBOLETA	01 X 5,79 m	→	5,79 m
01 VALV. DUO-CHECK	01 X 0,20 m	→	0,20 m
TUBO		→	4,50 m
			23,89 m

 WORMALD RESMAT LTDA		IECO-e/c COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
DES.  COORD.		SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA SISTEMA AUTOMÁTICO DE ÁGUA DE PROT. CONTRA INCENDIO	
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO	
FOLHA 06/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P	
		Reg. Nº 5615-10-96797-P R O	
		Folha 6 de 46	

CONCLUSÃO:

Conforme verificamos, com vazão $Q = 3952 \text{ dm}^3/\text{min}$ em tubo $\phi 10"$, temos perda de pressão de $0,85 \text{ m}/100 \text{ m}$, portanto a perda de pressão no trecho, será de $0,20 \text{ mca}$ ($0,02 \text{ bar}$).

4.4 - TRECHO Z → BOMBA BWF 9701 → $\phi 10"$ - COMPRIMENTOS EQUIVALENTES.

05 CURVAS 90°	05X 6,70 m	→ 33,50 m.
02 VALV. BORBOLETA	02X 5,79 m	→ 11,58 m.
01 VALV. DUO-CHECK	01X 0,20 m	→ 0,20 m
TUBO		→ 17,50 m
		62,78 m.

CONCLUSÃO:

Conforme verificamos, com vazão $Q = 3952 \text{ dm}^3/\text{min}$ em tubo $\phi 10"$, temos perda de pressão de $0,85 \text{ m}/100 \text{ m}$, portanto, a perda de pressão no trecho, será de $0,53 \text{ mca}$ ($0,053 \text{ bar}$).

5 - DIFERENÇA ESTATICA ENTRE OS NÍVEIS DO PONTO X E THP/BOMBA BWF 9701.

5.1 - TRECHO X → THP.

X → elevação 226,24 m.

THP → elevação 223,40 m.

$$h_e = E_{LX} - E_{LTHP} \Rightarrow h_e = 226,24 - 223,40 \Rightarrow$$

$$h_e = 2,84 \text{ m} = 0,284 \text{ bar.}$$

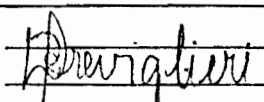
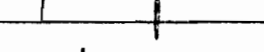
5.2 - TRECHO X → BOMBA BWF 9701.

X → elevação 226,24

BOMBA → elevação 223,87

$$h_e = E_{LX} - E_{LBOMBA} \Rightarrow h_e = 226,24 - 223,87.$$

$$h_e = 2,37 \text{ m} = 0,237 \text{ bar.}$$

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
DES. 		SUBESTACÃO MARGEM DIREITA SISTEMA AUTOMÁTICO DE ÁGUA DE PROT. CONTRA INCÊNDIO
COORD. 		MEMÓRIA DE CÁLCULO.
Nº		
FOLHA 07/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-P-96797-P.
Reg. Nº 5615-10-96797-P		R 0
Folha 7		de 46

6 - VERIFICAÇÃO DE PERDA DE PRESSÃO DO PONTO W ATÉ THP E BOMBA BWF 9701.

6.1 - TRECHO W → Z → $\phi 10''$ - COMPRIMENTOS EQUIVALENTES.

07 CURVAS 90°	07 x 6,70 m	46,90 m.
04 CURVAS 45°	04 x 3,35 m	13,40 m.
02 TEES	02 x 15,24 m	30,48 m.
01 FILTRO	01 x 1,03 m	1,03 m
01 VALV. BORBOLETA	01 x 5,79 m	5,79 m
TUBO		144,00 m
		<u>241,60 m.</u>

CONCLUSÃO:

Conforme verificamos, com vazão $Q = 3952 \text{ dm}^3/\text{min}$ em tubo $\phi 10''$, temos perda de pressão de 0,85 m/100m, portanto a perda de pressão no trecho será de 2,05 m (0,205 bar).

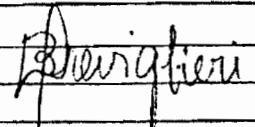
6.2 - TRECHO Z → THP - $\phi 10''$ - COMPRIMENTOS EQUIVALENTES.

02 CURVAS 90°	02 x 6,70 m	13,40 m.
01 VALV. BORBOLETA	01 x 5,79 m	5,79 m.
01 VALV. DUO-CHECK	01 x 0,20 m	0,20 m.
TUBO		4,50 m
		<u>23,89 m.</u>

CONCLUSÃO:

Conforme verificamos, com vazão $Q = 3952 \text{ dm}^3/\text{min}$ em tubo $\phi 10''$, temos perda de pressão de 0,85 m/100m, portanto a perda de carga no trecho será de 0,20 m (0,02 bar).

6.3 - TRECHO Z → BOMBA BWF 9701 → $\phi 10''$ COMPRIMENTOS EQUIVALENTES.

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
DES.  COORD.		SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA SISTEMA AUTOMÁTICO DE ÁGUA DE PROT. CONTRA INCÊNDIO
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 08/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-7

Reg. Nº 5615-10-96797 P R O

Folha 8 de 46

05 CURVAS 90°	05 x 6,70 m	→ 33,50 m.
02 VALV. BORBOLETA	02 x 5,79 m	→ 11,58 m.
01 VALV. DUO-CHECK	01 x 0,20 m	→ 0,20 m
TUBO		→ 17,50 m
		<u>62,78 m.</u>

CONCLUSÃO:

Conforme verificamos, com vazão $Q = 3952$ dm^3/min em tubo $\phi 10"$, temos perda de pressão de $0,85 \text{ m}/100 \text{ m}$, portanto a perda de pressão no trecho será de $0,53 \text{ m}$ ($0,053 \text{ bar}$).

7- DIFERENÇA ESTATICA. ENTRE OS NIVEIS DO PONTO W E THP/BOMBA BWF-9701.

7.1- TRECHO W → THP.

W → elevação 224,03 m.

THP → elevação 223,40 m.

$$h_{eT} = EL_W - EL_{THP} = 224,03 - 223,40 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_{eT} = 0,63 \text{ m} = 0,063 \text{ bar.}$$

7.2- TRECHO W → BOMBA BWF 9701

W → elevação 224,03 m.

BOMBA → elevação 223,87 m

$$h_{eB} = EL_W - EL_{BOMBA} = 224,03 - 223,87 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_{eB} = 0,16 \text{ m} = 0,016 \text{ bar.}$$

WORMALD RESMAT LTDA		IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
DES. <u>Deurgem</u> COORD. <u>Deurgem</u>			SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA SISTEMA AUTOMÁTICO DE AGUA DE PROT. CONTRA INCENDIO
Nº <u>09/46</u>			MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA <u>09/46</u>		O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº <u>5615-10-96797-P</u>
Reg. Nº <u>5615-10-96797</u> R6			
Folha <u>9</u> de <u>46</u>			

7.3- CONCLUSÃO FINAL:

Conforme demonstrado nos cálculos realizados, os pontos mais desfavoráveis em função da vazão $Q = 3952 \text{ dm}^3/\text{min}$ são:

TRAFO AUXILIAR (PONTO X) $\Leftrightarrow$ THP = $65,71 \text{ mca} \approx 6,571 \text{ bar}$.

TRAFO AUXILIAR (PONTO X) $\Leftrightarrow$ BWF 9701 = $65,57 \text{ mca} \approx 6,56 \text{ bar}$.

8- DIMENSIONAMENTO DO THP.

Conforme entendimentos entre Itaipu, Coordenador e Normalda Resmat Parsch Ltda, a capacidade do "THP" será determinada para um funcionamento de aproximadamente 3 (três) minutos. Este tempo foi baseado, supondo-se que por algum motivo o motor da bomba não parta simultaneamente com o "THP" e haja a possibilidade de se efetuar 6 (seis) tentativas consecutivas de partida durante 3 (três) minutos (15 segundos de partida por 15 segundos de repouso), logo:

$$\frac{V_T}{3} = T \times Q_N \text{ onde:}$$

V_T = Volume total do THP.

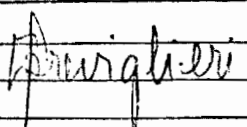
Q_N = Vazão nominal do sistema. = $3952 \text{ dm}^3/\text{min} = 1044 \text{ (US) GPM}$!

T = tempo necessário para 6 (seis) tentativas de partida.

Obs: o volume útil do "THP" será $1/3$ do volume total: portanto:

$$\frac{V_T}{3} = 3 \times Q_N \Rightarrow V_T = 9 Q_N \Rightarrow V_T = 9 \times 1044 \Rightarrow V_T = 9396 \text{ US G}$$

$\Rightarrow V_T = 9396 \text{ US G}$, adotaremos uma capacidade nominal de 9000 US G, segundo a NFPA.

 WORMALD RESMAT LTDA		IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU PARAGUAI BINACIONAL
DES.  COORD. 			SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA SISTEMA AUTOMÁTICO DE ÁGUA DE PROT. CONTRA INCÊNDIO
Nº			MEMÓRIA DE CÁLCULO.
FOLHA 10/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P	
		Reg. Nº 5615-10-96797-P R O	
		Folha 10 de 46	

8.1- CÁLCULO DA PRESSÃO MÍNIMA DE OPERAÇÃO DO THP. $\rightarrow P_{MIN}$.

$$P_{MIN} = \Delta p + P + h_{ET} \text{ onde:}$$

Δp = maior valor de Σ de perdas de carga entre o ponto X e o THP = 0,647 bar.

P = maior valor de pressão mínima requerido pelo sistema = 5,64 bar.

h_{ET} = maior valor de diferença estática entre o ponto X e o THP = 0,284 bar.

$$P_{MIN} = 0,647 + 5,64 + 0,284 \Rightarrow P_{MIN} \cong 6,571 \text{ bar.}$$

$$P_{MIN} = 6,57 \text{ bar} \cong 95,0 \text{ psi.}$$

8.2- CÁLCULO DA PRESSÃO MÁXIMA DE OPERAÇÃO DO THP $\rightarrow P_{MAX}$.

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO: 2/3 AGUA 1/3 AR

V_T = volume total = 34065 dm^3 (9000 USG).

V_A = volume de ar = 11355 dm^3 (3000 USG).

V_U = volume útil de água = 11355 dm^3 (3000 USG).

V_E = volume "morto" de água = 11355 dm^3 (3000 USG).

NOTA: Para o cálculo da pressão máxima de operação do THP, partiremos da pressão mínima de operação, considerando-se que a temperatura mantenha-se constante, portanto, podemos aplicar a fórmula $P.V = \text{constante}$, onde podemos usar a relação:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1} \text{ onde:}$$

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU PARAGUAI BINACIONAL
DES. <u>[assinatura]</u> COORD. <u>[assinatura]</u> Nº		SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA SISTEMA AUTOMÁTICO DE AGUA DE PROT. CONTRA INCENDIO MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA <u>11/46</u>	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº <u>5615-10-96797-P.</u>

Reg. Nº <u>5615-10-96797-P.</u>	RC
Folha <u>11</u>	de <u>46</u>

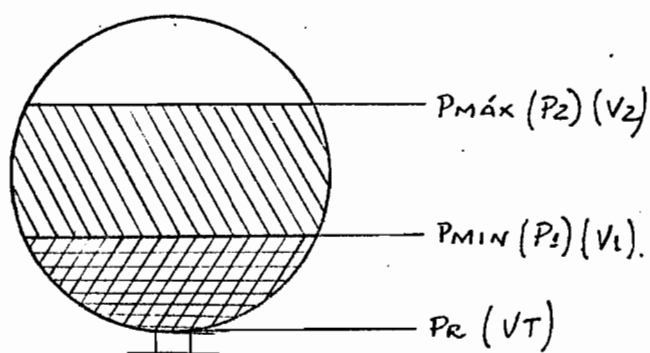
P_1 = pressão mínima de operação do THP $\rightarrow P_{\min}$.

P_2 = pressão máxima de operação do THP $\rightarrow P_{\max}$.

V_1 = volume de ar no THP à pressão mínima de trabalho (2/3).

V_2 = volume de ar no THP à pressão máxima de trabalho (1/3).

P_R = pressão residual $\rightarrow$ pressão interna do THP quando o nível de água chegar ao nível do local de saída.



$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow \text{constante.}$$

$$P_{\min} = 6,57 \text{ bar.}$$

$$1 \text{ atm} = 1,0133 \text{ bar.}$$

$$\Rightarrow (P_1 + \text{atm}) V_1 = (P_2 + \text{atm}) V_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (6,57 + 1,0133) 6000 = (P_2 + 1,0133) 3000 \Rightarrow$$

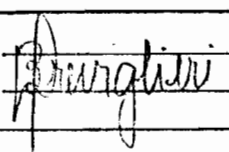
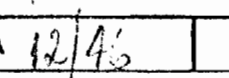
$$\Rightarrow P_2 = \frac{(6,57 + 1,0133) 6000}{3000} - 1,0133 \Rightarrow P_2 = 14,15 \text{ bar}$$

$$\Rightarrow P_{\max} = 14,15 \text{ bar (205,2 psi)}$$

$$\Rightarrow (P_R + \text{atm}) V_T = (P_1 + \text{atm}) V_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (P_R + 1,0133) 9000 = (6,57 + 1,0133) 6000 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_R = \frac{(6,57 + 1,0133) 6000}{9000} - 1,0133 \Rightarrow$$

WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
DES. 		SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA SISTEMA AUTOMÁTICO DE ÁGUA DE PROT. CONTRA INCÊNDIO
COORD. 		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 12/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5645-10-46797-P.

Reg. Nº 5645-10-46797-P R.C.

Folha 12 de 46

$$Pr = 4,04 \text{ bar (58,6 psi)}$$

9- CÁLCULO DO TEMPO DE OPERAÇÃO DO THP - T_{OP} .

Para determinação do tempo de operação do sistema com o THP, consideramos a maior vazão do sistema pelo volume útil.

$$T_{OP} = \frac{V_U}{Q} \Rightarrow T_{OP} = \frac{11355}{3952} \Rightarrow$$

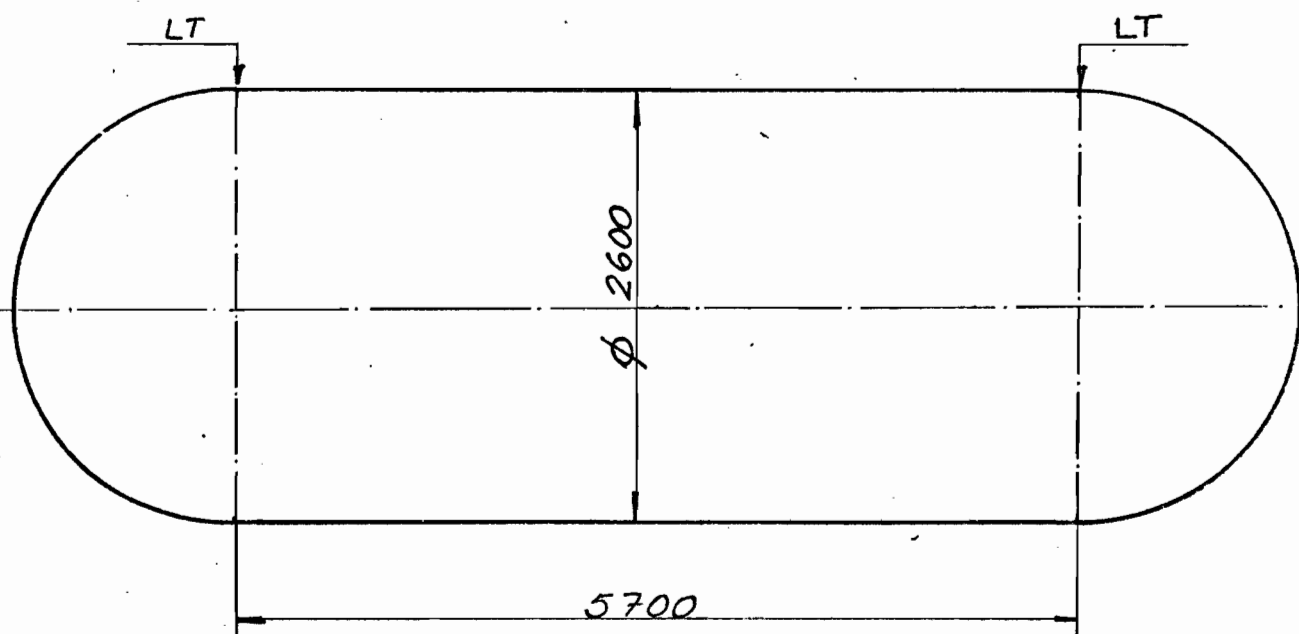
$$T_{OP} = 2,87 \text{ min.}$$

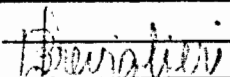
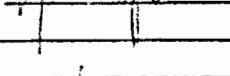
10- CÁLCULO DAS DIMENSÕES CONSTRUTIVAS DO THP.

$$V = \text{volume} = 34065 \text{ dm}^3 (9000 \text{ US G})$$

$$Di = \text{diâmetro interno} = 2600 \text{ mm.}$$

$$C = \text{comprimento do cilindro entre linhas de tangência} = 5700 \text{ mm.}$$



WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des.  Coord. 		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 13/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P

Reg. Nº 5615-10-96797-P R

Folha 13 de 46

tampo elíptico 2:1 NAR 65 NIKEN.

V_c = volume do cilindro.

$$V_c = \frac{\pi (D_i)^2}{4} \cdot C \Rightarrow V_c = \frac{\pi \cdot (2,6)^2}{4} \cdot 5,7 \Rightarrow$$

$$V_c = \frac{\pi \cdot 6,76}{4} \cdot 5,7 \Rightarrow$$

$$V_c = 30,263 \text{ m}^3$$

V_t = volume do tampo.

da tabela EICA temos.

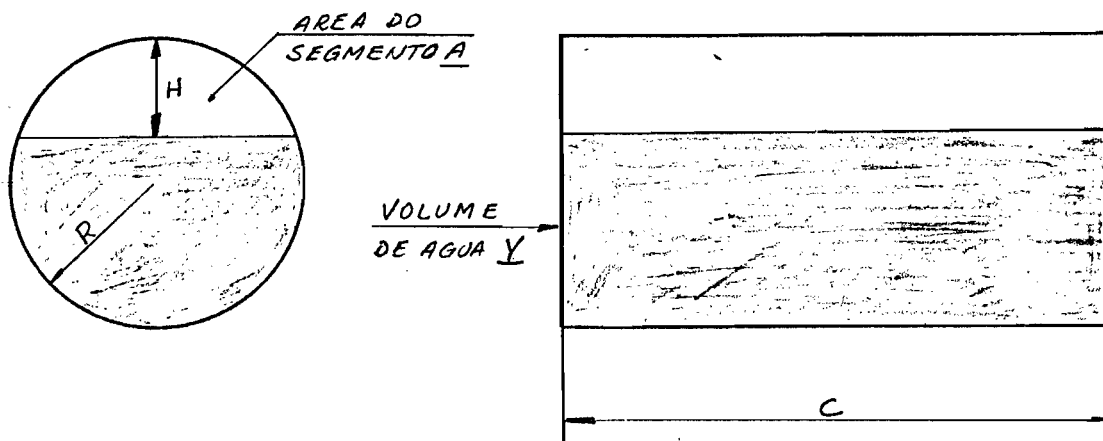
$$V_t = 0,13 D_i^3 \Rightarrow V_t = 0,13 (2,6)^3 \Rightarrow V_t = 2,285 \text{ m}^3$$

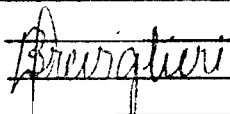
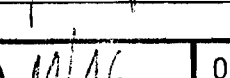
V_T = volume total.

$$V_T = V_c + 2 V_t \Rightarrow V_T = 30,263 + 2 (2,285) \Rightarrow$$

$$V_T = 34,833 \text{ m}^3 \text{ (9203 us G)}$$

10.1- CÁLCULO DO NÍVEL DA ÁGUA PARA POSICIONAMENTO DA CHAVE DE NÍVEL.



WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. 		
Coord. 		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 14/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P
		Reg. Nº 5615-10-96797-P RO
		Folha 14 de 46

Considerando-se que o volume total do cilindro é de $30,263 \text{ m}^3$, o diâmetro interno de $2,6 \text{ m}$, o comprimento cilíndrico $5,7 \text{ m}$ e o volume de água = $2/3$ do volume total, temos:

$$Var = \frac{1}{3} V_T \Rightarrow Var = \frac{30,263}{3} \Rightarrow \boxed{Var = 10,09 \text{ m}^3}$$

A = área do segmento formado pela linha d'água e o terço superior do THP.

$$Var = \text{volume de ar} = 10,09 \text{ m}^3$$

$$C = \text{comprimento do cilindro} = 5,70 \text{ m.}$$

$$\Rightarrow Var = A \times C \Rightarrow A = \frac{Var}{C} \Rightarrow A = \frac{10,09}{5,7} \Rightarrow$$

$$\boxed{A = 1,7701 \text{ m}^2}$$

da página 170 do tomo I do "Manual de La Técnica Mecánica" temos que:

— área A de um segmento de raio dado, será $a \cdot R^2$, onde a é área do segmento de raio = 1 na tabela da página 73 do mesmo Manual de La Técnica Mecánica.

então:

$$a = \frac{A}{R^2} \Rightarrow a = \frac{1,7701}{(1,3)^2} \Rightarrow \boxed{a = 1,04739 \text{ m}^2}$$

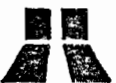
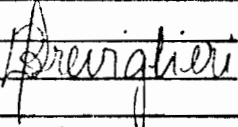
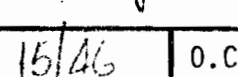
da tabela $A/R = 1,0427 \text{ m}^2$ temos:

$$L = 2,600 \text{ m.}$$

$$H = 0,7328 \text{ m.}$$

$$C = 1,927 \text{ m.}$$

$$a = 1,0427 \text{ m}^2$$

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des.  Coord. 		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 15/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P.

Reg. Nº 5615-10-96797-P. R. O.

Folha 15 de 46

para o tanque com raio = 1,3 m, temos os seguintes valores:

$$L = 2,600 \times 1,3 \rightarrow 3,38 \text{ m}$$

$$H = 0,7328 \times 1,3 \rightarrow 0,952 \text{ m.}$$

$$C = 1,927 \text{ m} \times 1,3 \rightarrow 2,505 \text{ m.}$$

$$a = 1,0427 \times (1,3)^2 \rightarrow 1,7621 \text{ m}^2$$

$$H = 952,0 \text{ mm.}$$

a diferença entre o valor real da área e o obtido com auxílio da tabela é de $0,008 \text{ m}^3$, o que é praticamente desprezível, razão pela qual adotaremos o valor $A = 1,7621 \text{ m}^2$ para efeito de cálculo.

10.2 - CÁLCULO DA ESPESSURA DE CHAPA DO CORPO.

A espessura de chapa do corpo t , é dada pela expressão:

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6P} + C \rightarrow \text{conforme ASME Code section VIII division I parágrafo UG-27.}$$

onde:

P = pressão de projeto = $P_{\text{máx}} + 2,0 \text{ bar} = 16,15 \text{ bar} (233 \text{ psi})$.

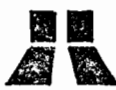
R = raio interno = $1,3 \text{ m.} (51,18")$

C = sobre espessura para corrosão = $1,58 \text{ mm} (0,0625")$

S = tensão admissível do material ASTM A-515 GR 70
 17500 psi

E = coeficiente de eficiência de solda = 1 (verificação por raios X em toda a extensão).

$$\Rightarrow t = \frac{233 \times 51,18}{(17500 \times 1) - (0,6 \times 233)} + 0,0625" \Rightarrow$$

WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. <u>B. Wignieri</u>		
Coord. <u>B. Wignieri</u>		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA <u>16/46</u>	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº <u>5615-10-96797-P</u>
		Reg. Nº <u>5615-10-96797-P</u> R 0
		Folha <u>16</u> de <u>46</u>

$$\Rightarrow t = \frac{11924,94}{17500 - 139,8} + 0,0625" \Rightarrow \boxed{t = 0,749"} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{t = 0,75"} \Rightarrow$$

10.3 - CÁLCULO DA ESPESSURA DE CHAPA DOS TAMPOS SEMI-ELÍPTICOS.

para os tampos, temos a expressão:

$$t = \frac{PR}{SE - 0,1P} + C \Rightarrow t = \frac{233 \times 51,18"}{(17500 \times 1) - (0,1 \times 233)} + 0,0625"$$

$$t = \frac{11924,94}{17500 - 23,3} + 0,0625" \Rightarrow \boxed{t = 0,747"} \Rightarrow$$

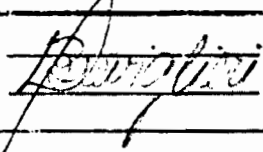
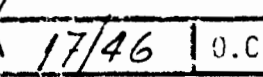
$$\Rightarrow \boxed{t = 1,000"} \Rightarrow$$

NOTA: Conforme consta na folha de dados nº FD-7102-83-109, a espessura da chapa a ser usada no costado será de 7/8", pois na época da compra não foi encontrada no mercado a chapa de 3/4", nos tampos será utilizada chapa de 1,00", em razão da perda de espessura na conformação dos tampos atingir até 15% da espessura da chapa, portanto, se tivermos uma redução de espessura da ordem de 15%, chegaremos à espessura de 0,85", o que está acima da espessura mínima requerida.

10.4 - CÁLCULO DA PRESSÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL PARA O CORPO.

$$P_{MAC} = \frac{S.E.t}{R + 0,6t} \Rightarrow P_{MAC} = \frac{17500 \times 1 \times 0,875"}{51,18" + (0,6 \times 0,875")}$$

$$\boxed{P_{MAC} = 296 \text{ psi}}$$

W WORMWALD RESMAT LTDA	IECO-e/c COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des.  Coord.  Nº		SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA SIST. AUTOM. DE ÁGUA DE PROT. CONTRA INCÊNDIO MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 17/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P
Reg. Nº 5615-10-96797-P		R 0
Folha 17 de 46		

10.5- CÁLCULO DA PRESSÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL NO TAMPO.

$$P_{MAT} = \frac{S.E.t}{R+0,1t} \Rightarrow P_{MAT} = \frac{17500 \times 1 \times 0,75}{51,18 + (0,1 \times 0,75)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{MAT} = 256 \text{ psi}$$

10.6- CÁLCULO DA PRESSÃO DE TESTE HIDROSTÁTICO.

$$P_{TH} = 1,5 P_{MA} \frac{S_c}{S_h} \text{ onde:}$$

P_{MA} = pressão máxima de projeto.

S_c = tensão admissível do material à temperatura ambiente.

S_h = tensão admissível do material à temperatura de projeto.

$$\frac{S_c}{S_h} = \frac{17500}{17500} \rightarrow \frac{S_c}{S_h} = 1 \Rightarrow$$

$$P_{TH} = 1,5 \times 233 \times 1 \Rightarrow P_{TH} = 350 \text{ psi}$$

10.7- CÁLCULO DO COMPRIMENTO ENTRE AS LINHAS DE TANGÊNCIA.

L_c = comprimento do cilindro do corpo.

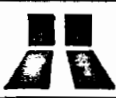
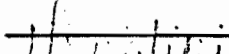
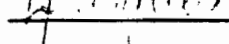
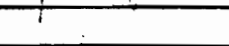
L_t = comprimento cilíndrico do tampo.

$$C = L_c + 2 L_t \text{ onde } L_t = 15" \rightarrow \text{vide nota.}$$

Nota: conforme ASME $L_t = 3t$ limitado a 1,5 polegadas; como temos $t = 1,00$ polegada admitiremos $L_t = 1,5$ polegadas, portanto:

$$\Rightarrow C = 5620 + 2(40) \Rightarrow C = 5620 + 80 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C = 5700 \text{ mm}$$

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des.  Coord. 		
Nº 		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 1746	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-04742-D

Reg. Nº 5615 10.96797 P R O

Página 18 de 46

10.8- CÁLCULO DA LOCALIZAÇÃO DOS SUPORTES DO THP.

A determinação do local mais conveniente para a localização dos berços será feita por meio do "GRÁFICO DE ZICK" que nos dá o valor da relação entre a distância do berço à linha de tangência e o valor do ângulo " θ ".

temos então:

$$t = 7/8''$$

$$R = 51,18'' = 4,265'$$

$$C = 5,700 \text{ m} = 18,70'$$

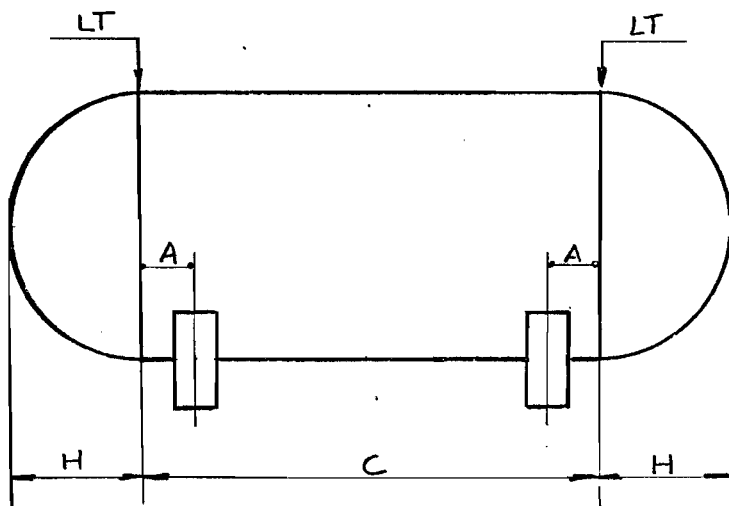
do gráfico de ZICK temos:

$$\theta = 120^\circ$$

$$\Rightarrow 0 \leq \frac{A}{C} \leq 0,2$$

considerando: $A = 1000 \text{ mm}$, temos:

$$\frac{A}{C} = \frac{1000}{5700} = 0,175 < 0,20.$$



10.9- CÁLCULO DOS PESOS DO THP.

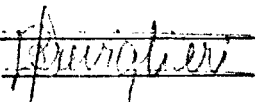
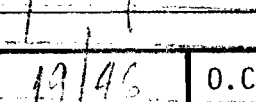
10.9.1- PESO DO THP VAZIO.

$$\text{chapa } 1'' \rightarrow p \approx 200,0 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{chapa } 7/8'' \rightarrow p \approx 175,0 \text{ Kg/m}^2$$

$$A) \text{ cilindro} \rightarrow P_{CIL} = S_{LAT} \times p \Rightarrow P_{CIL} = \pi \cdot D \cdot L \cdot p \Rightarrow$$

$$P_{CIL} = \pi \times 2,6 \times 5,7 \times 175 \Rightarrow P_{CIL} \approx 8150 \text{ Kg.}$$

WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des.  Coord.  Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 19/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P
Reg. Nº 5615-10-96797P		R.O
Folha 19 de 46		

$$B) \text{ tampos} \rightarrow P_{\text{TAMPOS}} \Rightarrow S_{\text{LAT}} \times \rho \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{\text{TAMPOS}} = 2 \times 1,09 \times D^2 \times \rho \Rightarrow P_{\text{TAMPOS}} = 2 \times 1,09 \times 2,6^2 \times 200$$

$$\Rightarrow P_{\text{TAMPOS}} = 2 \times 1,09 \times 6,76 \times 200 \Rightarrow \boxed{P_{\text{TAMPOS}} \approx 3000 \text{ Kg.}}$$

$$C) \text{ acessórios} \rightarrow \text{estimado} \rightarrow \boxed{P_{\text{ACS}} = 2000 \text{ Kg.}}$$

$$D) P_{\text{THP}} = P_{\text{CIL}} + P_{\text{TAMPOS}} + P_{\text{ACS}} \Rightarrow$$

$$P_{\text{THP}} = 8150 + 3000 + 2000 \Rightarrow \boxed{P_{\text{THP}} = 13150 \text{ Kg}}$$

10.9.2 - PESO DO THP EM OPERAÇÃO.

$$P_{\text{THPo}} = P_{\text{THP}} + P_{\text{A}} \text{ onde } P_{\text{A}} = \text{peso da água.}$$

$$P_{\text{A}} = V_{\text{A}} \times \rho_{\text{AGUA}} \text{ onde } V_{\text{A}} = \frac{2}{3} V_{\text{T}} \Rightarrow V_{\text{A}} = \frac{2}{3} \times 34833 \Rightarrow$$

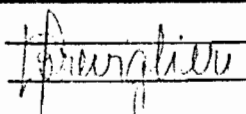
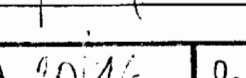
$$V_{\text{A}} = 23,222 \text{ m}^3 \quad \text{---} \quad \rho_{\text{AGUA}} = 1000 \text{ Kg/m}^3.$$

$$P_{\text{A}} = 23,222 \times 1000 \Rightarrow \boxed{P_{\text{A}} = 23222 \text{ Kg.}}$$

$$P_{\text{THPo}} = 13150 + 23222 \Rightarrow \boxed{P_{\text{THPo}} \approx 36372 \text{ Kg.}}$$

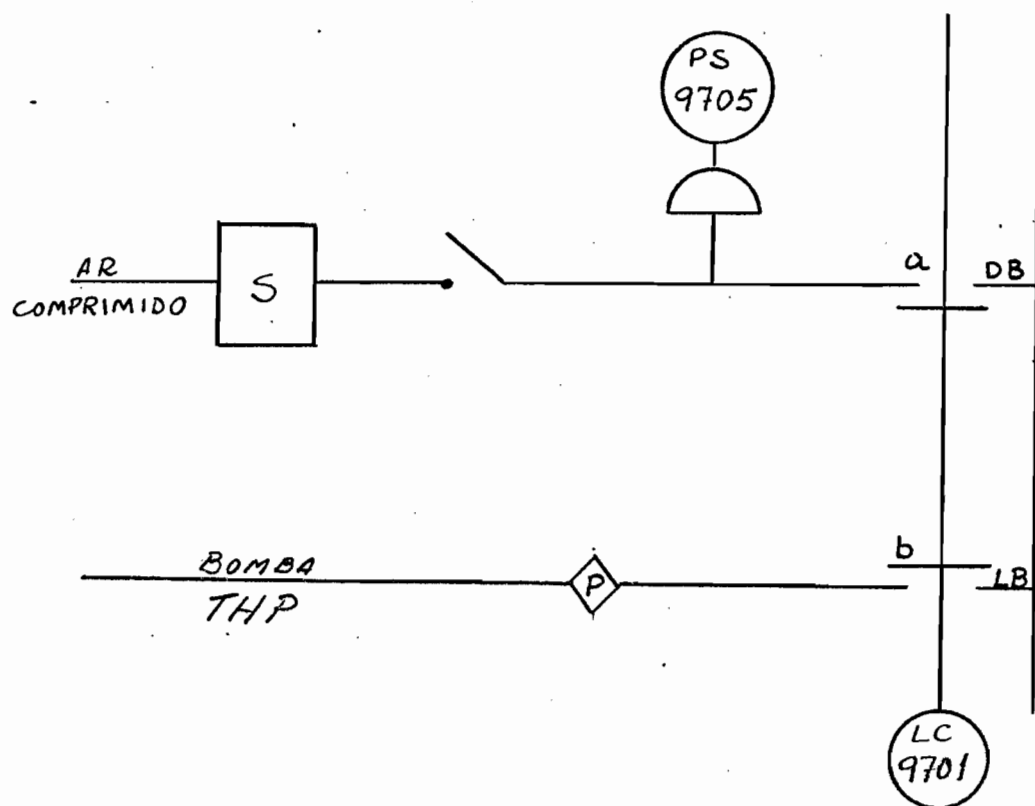
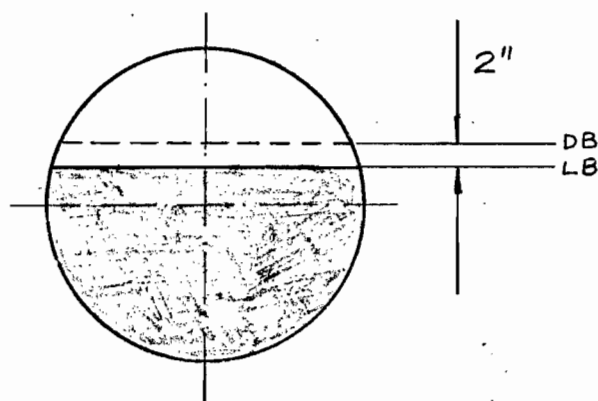
11- COMANDO E PROTEÇÃO DO THP.

11.1- DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE ÁGUA PARA ATUAÇÃO DO CONTROLADOR DE NÍVEL.

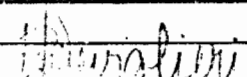
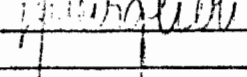
 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des.  Coord.  Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 30/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-D

Reg. Nº 5615-10-96797-D Rº

Folha 20 de 46



DB - Nivel de água normal 23222 dm^3 (6135 us G) para o qual o contato "a" está fechado. Neste tempo, se a pressão do ar no THP cair de um valor correspondente à variação do nível de água de 2", o contato do pressostato PS-9705 será fechado, para energizar a válvula solenoide "S", que está normalmente fechada e permitir a entrada do ar comprimido no THP.

WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. 		
Coord. 		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 21/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P

Reg. Nº 5615-10-96797-P	R0
Folha 21	de 46

LB - se o nível de água cair de 2" abaixo do nível normal, o contato "b" fecha-se para ligar a bomba de pressurização do THP.

11.2 - CÁLCULO DA PRESSÃO DE OPERAÇÃO DO PS-9705.

Para um volume de ar igual a $11,611 \text{ m}^3$ (3000 usg), e comprimento do tanque 5,70 m, temos uma área correspondente a:

$$A = 1,7621 \text{ m}^2 \text{ (do item 10.1).}$$

Para utilizarmos a tabela da página 73 do "Manual de La Técnica Mecánica", temos do item 10.1 o valor da área $a = 1,0427 \text{ m}^2$.

Para se obter o diferencial de pressão correspondente à variação do nível de água de 2" abaixo do nível normal, tomaremos o valor de "H" acrescido de 0,0508 m (2").

então temos:

$$\text{do item 10.1 temos } H = 0,952 \text{ m} \Rightarrow H = 0,952 + 0,0508 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = 1,0028 \text{ m} \rightarrow \text{para utilizarmos a tabela, temos:}$$

$$H = \frac{1,0028}{1,3} \Rightarrow H = 0,7714 \text{ m.}$$

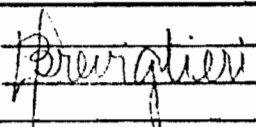
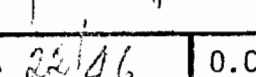
da tabela temos:

$$L = 2,688 \text{ m.}$$

$$h = 0,7750 \text{ m.}$$

$$C = 1,949 \text{ m.}$$

$$a = 1,1247 \text{ m}^2$$

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des.  Coord. 		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 22/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P

Reg. Nº 5615-10-96797-P	RO
Folha 22	de 46

para o tanque com raio = 1,3 m, temos:

$$L = 2,688 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} = 3,4944 \text{ m.}$$

$$H = 0,7750 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} = 1,0075 \text{ m.}$$

$$C = 1,949 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} = 2,5337 \text{ m.}$$

$$A = 1,1247 \text{ m} \times (1,3 \text{ m})^2 = 1,900 \text{ m}^2.$$

$$\Rightarrow \text{logo } \Delta A = 1,900 - 1,7621 \Rightarrow \Delta A = 0,1379 \text{ m}^2.$$

O valor de ΔV considerando-se p/o tanque um comprimento unitário (1m) será:

$$\Delta V_1 = 0,1379 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} \Rightarrow \Delta V_1 = 0,1379 \text{ m}^3.$$

O volume de um tanque com diâmetro 2,6 m e comprimento unitário será:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times L \Rightarrow V = \frac{\pi \times 2,6^2 \times 1}{4} \Rightarrow V = 5,31 \text{ m}^3.$$

Cálculo da variação de pressão:

$$P_0 \cdot V_0 = P_1 (V_0 + \Delta V_1) \Rightarrow P_1 = \frac{P_0 \times V_0}{V_0 + \Delta V_1}$$

onde:

$$P_0 = 14,15 \text{ bar} + \text{atm} \Rightarrow P_0 = 14,15 + 1,0133 \Rightarrow P_0 = 15,16 \text{ bar.}$$

$$\frac{V_0}{V_T} = \frac{3000}{9000} \Rightarrow \frac{V_0}{V_T} = 0,333$$

$$\text{logo p/ } V_0 \text{ unitario, temos: } 0,333 \times 5,31 \text{ m}^3 \Rightarrow V_0 = 1,77 \text{ m}^3$$

$$\text{logo } P_1 = \frac{15,16 \times 1,77}{1,77 + 0,1379} \Rightarrow P_1 = \frac{26,83}{1,9079} \Rightarrow P_1 = 14,06 \text{ bar}$$

$$\Delta p_1 = 15,16 - 14,06 \Rightarrow \Delta p_1 = 1,10 \text{ bar} \approx 15,95 \text{ psi}$$

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. <u>Brenaglieri</u>		
Coord. <u>Brenaglieri</u>		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA <u>23/46</u>	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº <u>5615-10-96797-P</u>
Reg. Nº <u>5615 10 96797-P</u>		R O
Folha <u>23</u>		de <u>46</u>

Cálculo da pressão de atuação do PS-9705.

$$P_{PS-9705} = 205,20 - 15,95 \Rightarrow P_{PS-9705} = 189,0 \text{ psi}$$

11.3 - ESPECIFICAÇÃO DE INSTRUMENTOS.

PS-9705 - ligado à válvula solenóide que energiza a abertura da mesma, para admissão de ar comprimido no THP, com o nível de água normal e a pressão interna do THP abaixo de 189,0 psi.

PSV - válvula de segurança, pressão de abertura 233 psi = 16,15 bar..

12 - SELEÇÃO DA BOMBA DE ENCHIMENTO DO THP - BWF 9703.

Segundo o "NFC" página 22-129, o tempo máximo de enchimento do THP deverá ser de 4,0 horas. Adotando-se a vazão da bomba de enchimento $Q = 18,0 \text{ m}^3/\text{h}$ (79,3 US GPM) teremos o enchimento do THP (6135 US G) no tempo de 1 h e 17 min. aproximadamente.

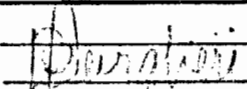
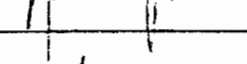
12.1 - PERDA DE CARGA NA SUGÇÃO. (para comprimentos equivalentes, vide isométrico, folha anexa)

12.1.1 - TRECHO FG

$$\left. \begin{array}{l} Q = 79,3 \text{ gpm} \\ \phi 3" \end{array} \right\} j = 2,91 \text{ m}/100 \text{ m.}$$

comprimentos equivalentes:

01 CURVA 90°	→ 01 x 1,00 m	→ 1,000 m
01 VALV. GAVETA	→ 01 x 0,50 m	→ 0,500 m
01 CRIVO	→ 01 x 10,00 m	→ 10,000 m
TUBO	→	→ 3,965 m
		15,465 m

WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. 		
Coord. 		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 64/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-7
Reg. Nº 5615-10-96797-7		R O
Folha 24		de 46

$$\Delta p \overline{FG} = \frac{15,465 \times 2,91}{100} \Rightarrow$$

$$\Delta p \overline{FG} = 0,45 \text{ mca.}$$

12.1.2 - DESNÍVEL ESTATICO DE SUÇÃO.

$$h_s = 1,75 \text{ mca.}$$

12.1.3 - ALTURA MANOMÉTRICA DE SUÇÃO.

$$H_1 = \Delta p \overline{FG} + h_s \Rightarrow H_1 = 0,45 + 1,75 \Rightarrow H_1 = 2,20 \text{ mca.}$$

12.2 - PERDA DE CARGA NO RECALQUE.

12.2.1 - TRECHO $\overline{HDE}$.

$$\left. \begin{array}{l} Q = 79,3 \text{ gpm.} \\ \phi 2" \end{array} \right\} j = 19,88 \text{ m/100m.}$$

comprimentos equivalentes:

06 CURVA 90°	→ 06 x 1,70 m	→ 10,20 m.
02 TEE DIRETA	→ 02 x 1,10 m	→ 2,20 m.
02 VALV. GAVETA	→ 02 x 0,40 m	→ 0,80 m.
02 VALV. RETENÇÃO	→ 02 x 4,20 m	→ 8,40 m.
TUBULAÇÃO	→	→ 22,68 m.
		<u>44,28 m.</u>

$$\Delta p \overline{HDE} = \frac{44,28 \times 19,88}{100} \Rightarrow \Delta p \overline{HDE} = 8,80 \text{ mca.}$$

12.2.2 - DESNÍVEL ESTATICO DE RECALQUE.

$$h_R = 225,348 - 223,400 \Rightarrow h_R = 1,948 \text{ m.}$$

12.2.3 - ALTURA MANOMÉTRICA DE RECALQUE.

$$H_2 = \Delta p \overline{HDE} + h_R \Rightarrow H_2 = 8,80 + 1,948 \Rightarrow H_2 = 10,748 \text{ mca.}$$

 WORMALD RESMAT LTDA		IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. <u>Projeto</u> Coord. <u>Projeto</u>			
Nº <u>15146</u>		MEMÓRIA DE CÁLCULO	
FOLHA <u>15146</u>		O.C./S.P/2060/83	
		ITAIPU Nº 5615-10-46797-7	
		Reg. Nº 5615-10-96397-RO	
		Folha <u>25</u> de <u>46</u>	

12.2.4- ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL.

$$AMT = H_1 + H_2 \Rightarrow AMT = 2,20 + 10,748 \Rightarrow AMT \cong 13,0 \text{ mca}$$

12.3- CÁLCULO DO NPSH DISPONÍVEL.

$$NPSH_D = P_a - (P_v + h_s + \Delta p_s) \text{ onde:}$$

P_a = pressão atmosférica em função da altitude = 10,08 mca.

P_v = pressão de vapor = 0,21 mca (água a 18°C)

h_s = altura estática de sucção = 1,75 mca.

Δp_s = perdas de carga na sucção = 0,45 mca.

$$\Rightarrow NPSH_D = 10,08 - (0,21 + 1,75 + 0,45) \Rightarrow NPSH = 10,08 - 2,41 \Rightarrow$$

$$NPSH_D = 7,67 \text{ m}$$

Condição: $NPSH_D \geq NPSH_R + 0,5 \Rightarrow$ conforme data-sheet do fabricante temos $NPSH_R = 0,61 \text{ m}$, portanto, temos:

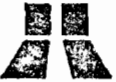
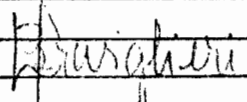
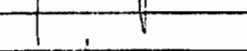
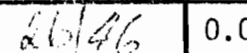
$$7,67 \geq 0,61 + 0,5 \Rightarrow 7,67 > 1,11 \Rightarrow \text{está satisfeita}$$

a condição $\Rightarrow NPSH_D > NPSH_R + 0,5$

CONCLUSÃO: pelas condições encontradas, foi selecionada a bomba Worthington modelo 2 DBE-83, centrífuga, 1 estágio, eficiência 65% no ponto de operação, vazão 18,0 m³/h e altura manométrica 13 mca.

12.4- CÁLCULO DA POTÊNCIA DO MOTOR DA BWF-9703.

$$BHP = \frac{Q \times H}{2,7 \times \eta\%} \Rightarrow BHP = \frac{18,0 \times 13,0}{2,7 \times 65\%} \Rightarrow BHP = 1,33 \text{ CV.} \Rightarrow$$

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des.  Coord.  Nº 		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 26/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-2

Reg. Nº 5615-10-96797-2 R O

Folha 26 de 46

⇒ POTÊNCIA DO MOTOR = 2 CV.

13- SELEÇÃO DA BOMBA DE PRESSURIZAÇÃO DO THP BWF 9704.

Segundo a especificação, foi adotada a vazão de $9,0 \text{ m}^3/\text{h}$. (39,7 gpm).

13.1- PERDA DE CARGA NA SUÇÃO. (para comprimentos equivalentes vide isométrico, folha anexa)

13.1.1- TRECHO $\overline{AB}$.

$$\left. \begin{array}{l} Q = 39,7 \text{ gpm} \\ \phi 3'' \end{array} \right\} j = 0,81 \text{ m}/100 \text{ m}.$$

comprimentos equivalentes:

01 CURVA 90°	→	01 x 1,0 m	→	1,000 m.
01 VALV. GAVETA	→	01 x 0,5 m	→	0,500 m.
01 CRIVO	→	01 x 10,0 m	→	10,000 m.
TUBO	→		→	4,365 m
				<u>15,865 m</u>

$$\Delta p_{\overline{AB}} = \frac{15,865 \times 0,81}{100} \Rightarrow$$

$$\Delta p_{\overline{AB}} \cong 0,13 \text{ mca.}$$

13.1.2- DESNIVEL ESTATICO DE SUÇÃO.

$$h_s = 1,70 \text{ m}$$

13.1.3- ALTURA MANOMÉTRICA DE SUÇÃO.

$$H_1 = \Delta p_{\overline{AB}} + h_s \Rightarrow H_1 = 0,13 + 1,70 \Rightarrow$$

$$H_1 = 1,83 \text{ mca.}$$

13.2- PERDA DE CARGA NO RECALQUE.

13.2.1- TRECHO $\overline{CDE}$

$$\left. \begin{array}{l} Q = 39,7 \text{ gpm.} \\ \phi 2'' \end{array} \right\} j = 5,52 \text{ m}/100 \text{ m}.$$

WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. <u>Peruati</u>		
Coord. <u>Peruati</u>		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 27/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P

Reg. Nº 5615-10-96797-P R 0

Folha 27 de 46

comprimentos equivalentes:

05 CURVAS 90°	→	05 x 1,7 m	→	8,50 m.
01 TEE PASSAGEM L	→	01 x 3,5 m	→	3,50 m.
02 VALV. RETENÇÃO	→	02 x 4,2 m	→	8,40 m.
02 VALV. GAVETA	→	02 x 0,4 m	→	0,80 m.
01 REDUÇÃO $\phi 2" \times 1\frac{1}{2}"$	→	01 x 0,3 m	→	0,30 m.
01 TEE PASSAGEM DIRETA	→	01 x 1,1 m	→	1,10 m.
TUBO	→		→	21,58 m
				<hr/> 44,18 m.

$$\Delta p_{CDE} = \frac{44,18 \times 5,52}{100} \Rightarrow \Delta p_{CDE} = 2,44 \text{ mca.}$$

13.2.2 - DESNIVEL ESTÁTICO DE RECALQUE.

$$h_R = 225,348 - 223,425 \Rightarrow h_R = 1,923 \text{ m}$$

13.2.3 - ALTURA MANOMÉTRICA DE RECALQUE.

$$H_2 = \Delta p_{CDE} + h_R \Rightarrow H_2 = 2,44 + 1,923 \Rightarrow H_2 = 4,363 \text{ mca}$$

13.2.4 - PRESSÃO MÁXIMA DE TRABALHO DO THP.

$$P_{MAX} = 205,2 \text{ psi} = 144,2 \text{ mca.}$$

13.2.5 - ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL.

$$AMT = H_1 + H_2 + P_{MAX} \Rightarrow AMT = 1,83 + 4,363 + 144,2 \Rightarrow$$

$$AMT \approx 150,4 \text{ mca.}$$

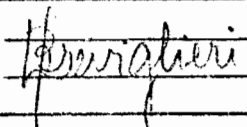
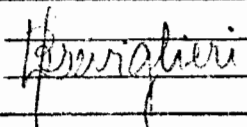
13.3 - CÁLCULO DO NPSH DISPONÍVEL.

$$NPSH_D = P_a - (P_v + h_s + \Delta p_s) \Rightarrow$$

P_a = pressão atmosférica em função da altitude = 10,02 mca

P_v = pressão de vapor = 0,21 mca. (água a 18 °C).

h_s = altura estática de sucção = 1,70 m.

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. 		
Coord. 		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 28/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P

Reg. Nº 5615-10-96797 P R O

Folha 28 de 46

$\Delta p_s = \text{perdas de carga na sucção} = 0,13 \text{ mca.}$

$$\Rightarrow NPSH_D = 10,08 - (0,21 + 1,70 + 0,13) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow NPSH_D = 10,08 - 2,04 \Rightarrow \boxed{NPSH_D = 8,04 \text{ m.}}$$

CONDIÇÃO: $NPSH_D \geq NPSH_R + 0,5 \text{ m} \Rightarrow$ conforme data-sheet do fabricante temos $NPSH_R = 1,6 \text{ m}$, portanto, temos:

$$8,04 \geq 1,6 + 0,5 \Rightarrow 8,04 > 2,1 \Rightarrow \text{portanto esta satisfi-}$$

ta a condição $\rightarrow \boxed{NPSH_D \geq NPSH_R + 0,5 \text{ m}}$

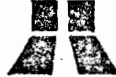
CONCLUSÃO: pelas condições encontradas, foi selecionada a bomba Worthington modelo WDE 8/6, de 6 estágios, centrífuga, eficiência 48% no ponto de operação, vazão $9,0 \text{ m}^3/\text{h}$ e altura manométrica 160 mca.

13.4 - CÁLCULO DA POTÊNCIA DO MOTOR DA BWF-9704.

$$BHP = \frac{Q \times H}{2,7 \times \eta\%} \Rightarrow BHP = \frac{9,0 \times 160}{2,7 \times 48} \Rightarrow$$

$$\boxed{BHP = 11,11 \text{ CV.}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\text{POTÊNCIA DO MOTOR} = 15 \text{ CV.}}$$

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. <u>Priglieri</u>		
Coord. <u>Priglieri</u>		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO.
FOLHA <u>29/46</u>	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº <u>5615-10-96797-P</u>

Reg. Nº <u>5615-10-96797-P</u>	R O
Folha <u>29</u>	de <u>46</u>

14- SELEÇÃO DAS BOMBAS DE INCÊNDIO.

Conforme item 7.3, para efeito de dimensionamento, temos os valores:

$$Q = 3952 \text{ dm}^3/\text{min} = 237,12 \text{ m}^3/\text{h} = 1044 \text{ gpm.}$$

$$H = 6,56 \text{ bar} = 65,57 \text{ mca.}$$

14.1- BOMBA ELÉTRICA - BWF 9701.

Pelas condições acima, foi selecionada a bomba Worthington modelo 6 LRG 18 rotor "C", bipartida, centrifuga horizontal com as seguintes características conforme NFPA:

$$\left. \begin{array}{l} Q_1 = 243,0 \text{ m}^3/\text{h} \\ H_1 = 66,23 \text{ mca} \end{array} \right\} \text{ para condições NFPA, temos: } \left. \begin{array}{l} Q_2 = 1,5 Q_1 \\ H_2 \geq 0,65 H_1 \end{array} \right\}$$

$$\Rightarrow Q_2 = 1,5 Q_1 \Rightarrow Q_2 = 1,5 \times 243,0 \Rightarrow Q_2 = 364,5 \text{ m}^3/\text{h.}$$

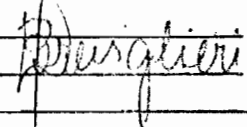
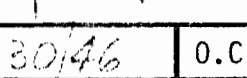
$$\Rightarrow H_2 \geq 0,65 H_1 \Rightarrow H_2 \geq 0,65 \times 66,23 \Rightarrow H_2 \geq 43,05 \text{ mca.}$$

na curva de performance verificamos que:

H_2 à vazão $Q_2 = 364,5 \text{ m}^3/\text{h}$ é de 51,0 mca, portanto, está satisfeita a condição $H_2 \geq 0,65 H_1$.

14.1.1- DETERMINAÇÃO DO BHP.

$$BHP_1 = \frac{Q_1 \times H_1}{2,7 \times \eta, \%} \Rightarrow BHP_1 = \frac{243,0 \times 66,23}{2,7 \times 69,5} \Rightarrow \boxed{BHP_1 = 85,8 \text{ CV}}$$

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des.  Coord. 		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO.
FOLHA 30/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P

Reg. Nº 5615-10-96797-P R O

Folha 30 de 46

$$BHP_2 = \frac{Q_2 \times H_2}{2,7 \times \eta_2\%} \Rightarrow BHP_2 = \frac{364,5 \times 51}{2,7 \times 75} \Rightarrow BHP_2 = 91,8 \text{ CV.}$$

$$\Rightarrow BHP_{MAX} = 91,8 \text{ CV} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{POTÊNCIA DO MOTOR } 100 \text{ CV.}$$

14.2 - BOMBA DIESEL - BWF-9702.

Foi selecionada a bomba Worthington modelo 5LRG-16 - rotor "A", bipartida, centrífuga horizontal, com as seguintes características, conforme NFPA:

$$\left. \begin{array}{l} Q_1 = 243,0 \text{ m}^3/\text{h.} \\ H_1 = 66,23 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{para condições de 150\% da vazão segun-} \\ \text{do NFPA temos:} \\ Q_2 = 1,5 Q_1 \longrightarrow H_2 \geq 0,65 H_1 \end{array}$$

$$Q_2 = 1,5 Q_1 \Rightarrow Q_2 = 1,5 \times 243,0 \Rightarrow Q_2 = 364,5 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$H_2 \geq 0,65 H_1 \Rightarrow H_2 \geq 0,65 \times 66,23 \Rightarrow H_2 \geq 43,05 \text{ mca.} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ na curva de performance verificamos que:

H_2 à vazão $Q_2 = 364,5 \text{ m}^3/\text{h}$ é de 45 mca, portanto, está satisfeita a condição $H_2 \geq 0,65 H_1$.

14.2.1 - DETERMINAÇÃO DO BHP.

$$BHP_1 = \frac{Q_1 \times H_1}{2,7 \times \eta_1\%} \Rightarrow BHP_1 = \frac{243,0 \times 66,23}{2,7 \times 76,5} \Rightarrow BHP_1 = 78 \text{ CV.}$$

14.2.2 - DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA NOMINAL DO MOTOR DIESEL.

A) Correção devido à altitude e temperatura:

- altitude: 3%/1000 ft acima do nível do mar.

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. <u>Phenghien</u> Coord. <u>Phenghien</u> Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 31/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P
Reg. Nº 5615.10.96797-P R.O		Folha 31 de 46

- temperatura: 1%/10 °F acima de 85 °F.

$$\begin{cases} H = 223,0 \text{ m} \cong 732 \text{ ft.} \\ T = 100 \text{ °F} \cong 38 \text{ °F} \end{cases}$$

$$P_N = 78 + \frac{78 \times 732}{1000} \times 0,03 + 78 \times 0,015 \therefore P_N \cong 81 \text{ CV.}$$

B) Correção devido ao desgaste:

- fator de correção: 20%

$$P_N = 81 \times 1,20 \Rightarrow P_N = 97 \text{ CV.}$$

14.2.3 - DETERMINAÇÃO DO BHP PARA VAZÃO 150% DA VAZÃO NOMINAL.

$$BHP_2 = \frac{Q_2 \times H_2}{2,7 \times \eta_2\%} \Rightarrow BHP_2 = \frac{364,5 \times 45}{2,7 \times 72,5} \Rightarrow BHP_2 = 84 \text{ CV}$$

14.2.4 - DETERMINAÇÃO DA POTENCIA NOMINAL DO MOTOR COM 150% DA VAZÃO.

- adotando o mesmo critério do item 14.2.2 temos:

$$A) P_N = 84 + \frac{84 \times 732}{1000} \times 0,03 + 84 \times 0,015 \Rightarrow P_N = 87 \text{ CV.}$$

$$B) P_N = 87 \times 1,20 \Rightarrow P_N = 104 \text{ CV.}$$

CONCLUSÃO: foi selecionado o motor Scania modelo DN11 com potência nominal 167 CV a 1800 r/p.m.

14.3 - CÁLCULO DO NPSH DISPONÍVEL DAS BOMBAS DE INCÊNDIO.

14.3.1 - BOMBA ELÉTRICA BWF-9701.

$$NPSH_D = P_a - (P_v + h_s + \Delta p_s) \Rightarrow$$

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. <u>Amir</u>		
Coord. <u>Amir</u>		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 32/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-1

Reg. Nº 5615-10-96797-1	R 0
Folha 32	de 46

$P_a = 10,08 \text{ mca (EL. 223,0)}$
 $P_v = 0,21 \text{ mca (água a } 18^\circ\text{C).}$
 $\Delta p_s = 0,17 \text{ mca.}$
 $h_s = 2,22 \text{ m.}$

$$NPSH_D = 10,08 - (0,21 + 2,22 + 0,17) \Rightarrow NPSH_D = 7,48 \text{ m}$$

condição: $NPSH_D \geq NPSH_R + 0,5 \text{ m.} \Rightarrow$

do data-sheet do fabricante temos $NPSH_R = 2,5 \text{ m} \Rightarrow$

$7,48 \geq 2,5 + 0,5 \Rightarrow 7,48 \geq 3,0 \Rightarrow$ está satisfeita a condição.

14.3.2. BOMBA DIESEL BWF-9702.

conforme item anterior (14.3.1) temos: $NPSH_D = 7,48 \text{ m}$

do data-sheet do fabricante temos: $NPSH_R = 4,7 \text{ m} \Rightarrow$

$$NPSH_D \geq NPSH_R + 0,5 \Rightarrow 7,48 \geq 4,7 + 0,5 \Rightarrow$$

$7,48 \geq 5,2 \Rightarrow$ portanto está satisfeita a condição.

15. SELEÇÃO DO COMPRESSOR DE AR.

De acordo com "NFC", para THP com volume 9000 USG o compressor deverá ter capacidade de deslocamento superior a 20 CFM.

15.1- PRESSÃO MÁXIMA DE TRABALHO.

$$P_{MAX} = 14,15 \text{ bar} + 1 \text{ bar} \Rightarrow P_{MAX} = 15,15 \text{ bar} \approx 15,45 \text{ kgf/cm}^2$$

Selecionamos o compressor Wayne modelo 2198-C, acionado por motor elétrico trifásico 440 V.- 50Hz, com as seguintes características:

nº de estágios: ——— 2

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. <u>Biancalieri</u> Coord.		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 33/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-D

Reg. Nº 5615-10-96797-P R O

Folha 33 de 46

pressão de descarga: $\rightarrow 17,6 \text{ Kgf/cm}^2 = 250 \text{ psi.}$
 deslocamento: $\rightarrow 198 \text{ CFM} = 336,0 \text{ m}^3/\text{h.}$
 deslocamento efetivo $\rightarrow 163 \text{ CFM} = 277,0 \text{ m}^3/\text{h}$
 potência do motor $\rightarrow 60 \text{ CV.}$

15.2 - VERIFICAÇÃO DO TEMPO DE ENCHIMENTO DO THP COM AR À PRESSÃO DE TRABALHO.

$$t = \frac{V \cdot (P_1 - P_0)}{P_a \cdot D \cdot E} \text{ onde:}$$

t = tempo de enchimento com ar $\rightarrow \text{min.}$

V = volume de ar do THP $\rightarrow \text{m}^3$

P_0 = pressão inicial $\rightarrow \text{Kgf/cm}^2$.

P_1 = pressão final $\rightarrow \text{Kgf/cm}^2$.

P_a = pressão atmosférica $\rightarrow \text{Kgf/cm}^2$.

D = deslocamento efetivo do compressor $\rightarrow \text{m}^3/\text{min.}$

E = eficiência volumétrica média do compressor

temos:

$$V = 11,611 \text{ m}^3$$

$$P_0 = \text{inicial} \rightarrow 1,0332 \text{ Kgf/cm}^2 = 3,10 \text{ Kgf/cm}^2 (\text{abs}) \Leftrightarrow \begin{cases} P_a \cdot V_t = P_0 \cdot V_0 \\ 1,0332 \times 9203 = P_0 \times 3067 \\ P_0 \approx 3,10 \text{ Kgf/cm}^2 (\text{abs}). \end{cases}$$

$$P_1 = 15,45 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$P_a = 1,0332 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$D = 4,633 \text{ m}^3/\text{min.}$$

$$E = 80\% (\text{estimada})$$

$$t = \frac{11,611 (15,45 - 3,10)}{1,0332 \times 4,633 \times 0,8} = t = 37,4 \text{ min} \Rightarrow t \approx 40 \text{ min.}$$

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-eic COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. <u>PA</u> Coord. <u>Eng. Aguiar</u> Nº <u> </u>		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA <u>34/46</u>	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº <u>5615-10-96797-P</u>

Reg. Nº 5615-10-96797-P 80

Folha 34 de 46

16- CÁLCULO DE ESPESSURA DE CHAPA DO TANQUE DE ALTA PRESSÃO.

Do item 8.2 temos P_{MAX} do THP = 14,15 bar = 14,43 Kgf/cm², portanto adotaremos a pressão de trabalho do tanque de alta pressão 16,4 Kgf/cm².

• para cálculo de espessura de chapa do corpo, temos:

$$t = \frac{PR}{S.E - 0,6P} + C \quad \text{onde:}$$

t = espessura de chapa → polegada.

P = pressão de projeto → psi ⇒ $16,4 + 2,0 \Rightarrow P = 18,4 \text{ Kgf/cm}^2 = 261,7 \text{ psi}$.

R = raio interno → polegada = 23,62".

S = tensão admissível do material ASTM A285 gr C = 13800 psi.

E = eficiência de solda = 1.

C = sobresspessura para corrosão = 1/16".

$$t = \frac{261,7 \times 23,62}{13800 \times 1 - 0,6 \times 261,7} + 0,0625 \Rightarrow t = 0,515"$$

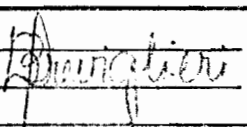
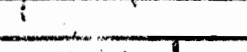
para os tampos temos:

$$t = \frac{P.R}{S.E - 0,1P} + C \Rightarrow t = \frac{261,7 \times 23,62}{13800 \times 1 - 0,1 \times 261,7} + 0,0625" \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = 0,511"$$

16.1- CÁLCULO DA PRESSÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL NO CORPO.

$$P_{\text{MAC}} = \frac{S.E.t}{R + 0,6t} \Rightarrow P_{\text{MAC}} = \frac{13800 \times 1 \times 0,5}{23,62 + 0,6 \times 0,5} \Rightarrow$$

 WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des.  Coord. 		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 25/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96297-110

Reg. Nº 5615-10-96297-110

Folha 35 de 46

⇒ $P_{MAC} = 288,5 \text{ psi}$ ⇒ pelo resultado encontrado, verificamos que pode ser usada chapa com espessura $t = 1/2"$.

16.2 - CÁLCULO DA PRESSÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL NOS TAMPOS.

$$P_{MAT} = \frac{S \cdot E \cdot t}{R + 0,1t} \Rightarrow P_{MAT} = \frac{13800 \times 1 \times 0,5}{23,62 + 0,1 \times 0,5} \Rightarrow$$

⇒ $P_{MAT} = 291,5 \text{ psi}$ ⇒ pelo resultado encontrado, verificamos que pode ser usada chapa com espessura $t = 1/2"$.

CONCLUSÃO: a espessura de chapa a ser usada no corpo será de $5/8"$ e nos tampos será de $3/4"$ conforme consta na folha de dados n° FD-7102-83-125.

16.3 - CÁLCULO DA PRESSÃO DE TESTE HIDROSTÁTICO

$$P_{TH} = 1,5 P_{MA} \frac{S_c}{S_h} \text{ onde:}$$

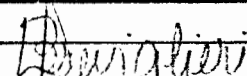
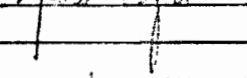
P_{MA} = pressão máxima de projeto.

S_c = tensão admissível do material à temperatura ambiente

S_h = tensão admissível do material à temperatura de projeto.

$$\Rightarrow \frac{S_c}{S_h} = \frac{13800}{13800} \Rightarrow \frac{S_c}{S_h} = 1.$$

$$\therefore P_{TH} = 1,5 \times 261,7 \times 1 \Rightarrow P_{TH} = 393 \text{ psi} = 27,63 \text{ Kg/cm}^2$$

WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des.  Coord. 		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 36/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-3

Reg. Nº 5615-10-96797-P R O

Folha 36 de 46

17- CÁLCULO DE ESPESSURA DE CHAPA DO TANQUE DE BAIXA PRESSÃO.

A pressão máxima de trabalho na rede de detecção pneumática é de 5,0 Kgf/cm², portanto temos, pressão de trabalho do tanque = 6,2 Kgf/cm².

para o corpo temos:

t = espessura da chapa → poligada.

P = pressão de projeto → 6,2 + 2,0 → P = 8,20 Kgf/cm² = 116,62 psi

R = raio interno → poligada = 15,748"

S = tensão admissível do material ASTM A-285gr C = 13800 psi.

E = eficiência de solda = 1.

c = sobresspesura para corrosão = 1/16"

$$t = \frac{P.R.}{SE - 0,6P} + c \Rightarrow t = \frac{116,62 \times 15,748}{13800 \times 1 - 0,6 \times 116,62} + 0,0625"$$

$$\Rightarrow t \cong 0,197" \Rightarrow t = 0,25"$$

para os tampos, temos:

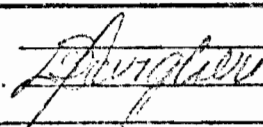
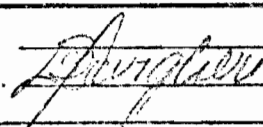
$$t = \frac{P.R.}{SE - 0,1P} + c \Rightarrow t = \frac{116,62 \times 15,748}{13800 \times 1 - 0,1 \times 116,62} + 0,0625"$$

$$t \cong 0,196" \Rightarrow t = 0,25"$$

17.1 - CÁLCULO DA PRESSÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL NO CORPO.

$$P_{MAC} = \frac{S.E.t}{R + 0,6t} \Rightarrow P_{MAC} = \frac{13800 \times 1 \times 0,25}{15,748 + 0,6 \times 0,25} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{MAC} = 217 \text{ psi}$$

WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. 		
Coord. 		
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 37/46	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-21797-2
		Reg. Nº 5615-10-96797-1 R O
		Folha 37 de 46

17.2- CÁLCULO DA PRESSÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL NOS TAMPÓS.

$$P_{MAT} = \frac{S.E.t}{R + 0,1t} \Rightarrow P_{MAT} = \frac{13800 \times 1 \times 0,25}{15,748 + 0,1 \times 0,25} \Rightarrow$$

$$P_{MAT} = 218 \text{ psi}$$

17.3- CÁLCULO DA PRESSÃO DE TESTE HIDROSTÁTICO.

$$P_{TH} = 1,5 P_{MA} \frac{S_c}{S_h} \text{ onde:}$$

P_{MA} = pressão máxima de projeto.

S_c = tensão admissível do material à temperatura ambiente.

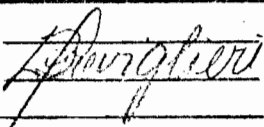
S_h = tensão admissível do material à temperatura de projeto.

$$\Rightarrow \frac{S_c}{S_h} = \frac{13800}{13800} \Rightarrow \frac{S_c}{S_h} = 1.$$

$$\therefore P_{TH} = 1,5 \times 116,62 \times 1 \Rightarrow$$

$$P_{TH} = 175 \text{ psi} \approx 12,3 \text{ kgf/cm}^2$$

Conclusão: a espessura de chapa a ser usada no corpo será de 1/4" e nos tampões será de 5/16", conforme consta na folha de dados Mº FD-7102-83-126.

 WORMALD RESMAT LTDA		IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des.  Coord.			
Nº		MEMÓRIA DE CÁLCULO	
FOLHA 38/45	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96797-P	
		Reg. Nº 5615 10-96797 P R O	
		Folha 38 de 46	

Design of Horizontal Vessels with Saddle Supports

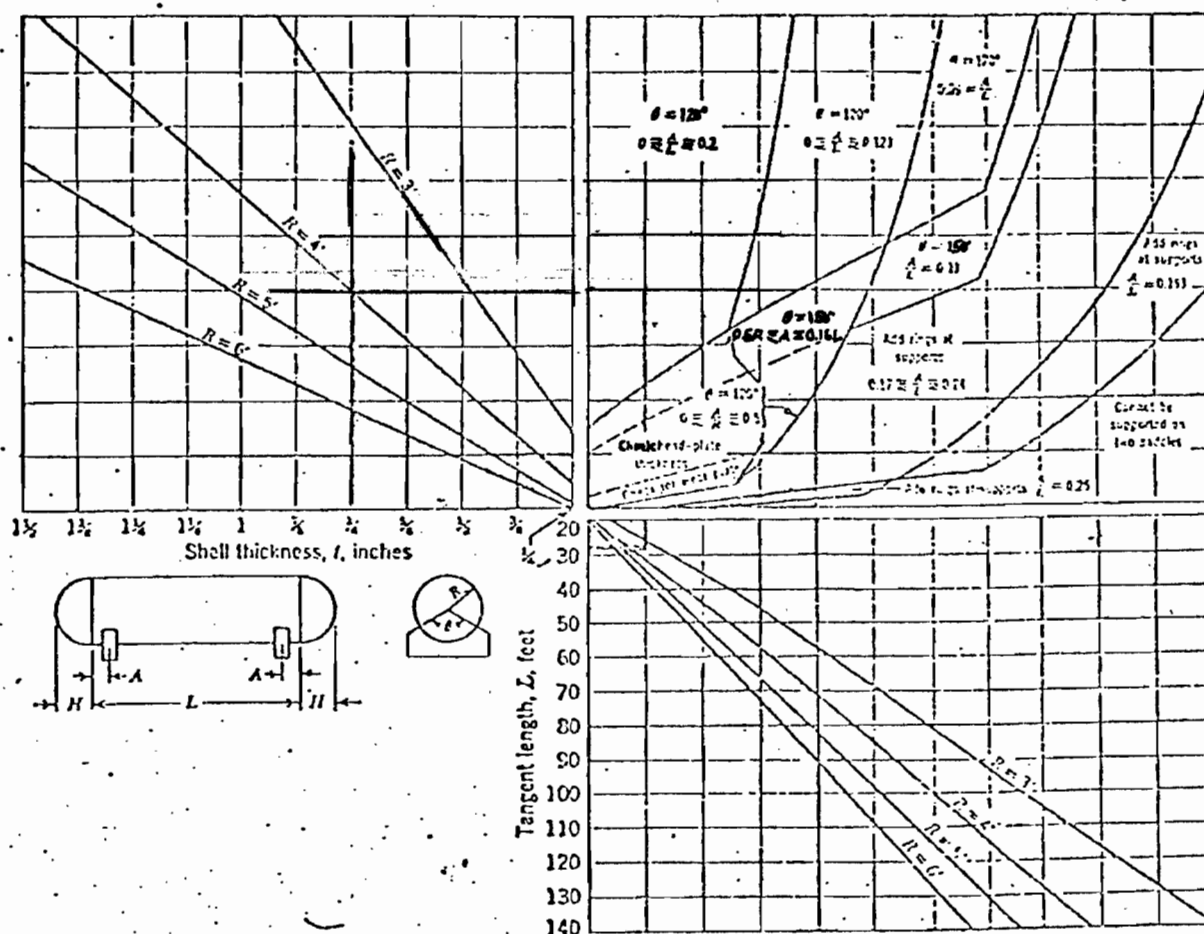
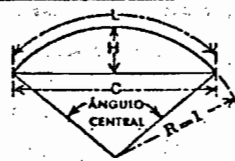


Fig. 11.22. Location and type of support for horizontal pressure vessels on two supports by L. P. Zick (1965). (Courtesy of American Welding Society.)

 WORMALD RESMAT LTDA		IECO-elc COORDINADOR	BRASIL  ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI
Des. <u> </u> Coord. <u> </u> Nº <u> </u>			<u>SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA</u> <u>SIST. AUTOM. DE AGUA DE PROT.CONTRA INCEN-</u> <u>DIO</u> <u>MEMÓRIA DE CÁLCULO</u>
FOLHA <u>39/45</u>		O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº <u>5615-10-96797-P</u>

Reg. Nº 5615-10-96797	R O
Folha <u>39</u>	de <u>46</u>

Segmentos de círculo



Longitud de arco, flecha, cuerda y área del segmento para ángulos de 1 a 180 grados y radio = 1. Para otros radios, se multiplican los valores de L , H y C de la tabla por el radio dado, y el valor para las áreas, por el cuadrado del radio.

Ángulo central en grados	L	H	C	Área del segmento	Ángulo central en grados	L	H	C	Área del segmento
91	1.588	0.2991	1.426	0.2942	136	2.374	0.6254	1.854	0.8395
92	1.606	0.3053	1.439	0.3032	137	2.391	0.6335	1.861	0.8545
93	1.623	0.3116	1.451	0.3123	138	2.409	0.6416	1.867	0.8697
94	1.641	0.3180	1.463	0.3215	139	2.426	0.6498	1.873	0.8850
95	1.658	0.3244	1.475	0.3309	140	2.443	0.6580	1.879	0.9003
96	1.675	0.3309	1.486	0.3405	141	2.461	0.6662	1.885	0.9158
97	1.693	0.3374	1.498	0.3502	142	2.478	0.6744	1.891	0.9313
98	1.710	0.3439	1.509	0.3601	143	2.496	0.6827	1.897	0.9470
99	1.728	0.3506	1.521	0.3701	144	2.513	0.6910	1.902	0.9627
100	1.745	0.3572	1.532	0.3803	145	2.531	0.6993	1.907	0.9786
101	1.763	0.3639	1.543	0.3906	146	2.548	0.7076	1.913	0.9945
102	1.780	0.3707	1.554	0.4010	147	2.566	0.7160	1.918	1.0105
103	1.798	0.3775	1.565	0.4117	148	2.583	0.7244	1.922	1.0266
104	1.815	0.3843	1.576	0.4224	149	2.600	0.7328	1.927	1.0427
105	1.833	0.3912	1.587	0.4333	150	2.618	0.7412	1.932	1.0590
106	1.850	0.3982	1.597	0.4444	151	2.635	0.7496	1.936	1.0753
107	1.867	0.4052	1.608	0.4556	152	2.653	0.7581	1.941	1.0917
108	1.885	0.4122	1.618	0.4669	153	2.670	0.7666	1.945	1.1082
109	1.902	0.4193	1.628	0.4784	154	2.688	0.7750	1.949	1.1247
110	1.920	0.4264	1.638	0.4901	155	2.705	0.7836	1.953	1.1413
111	1.937	0.4336	1.648	0.5019	156	2.723	0.7921	1.956	1.1580
112	1.955	0.4408	1.658	0.5138	157	2.740	0.8006	1.960	1.1747
113	1.972	0.4481	1.668	0.5259	158	2.758	0.8092	1.963	1.1915
114	1.990	0.4554	1.677	0.5381	159	2.775	0.8178	1.966	1.2083
115	2.007	0.4627	1.687	0.5504	160	2.792	0.8264	1.970	1.2252
116	2.025	0.4701	1.696	0.5629	161	2.810	0.8350	1.973	1.2422
117	2.042	0.4775	1.705	0.5755	162	2.827	0.8436	1.975	1.2592
118	2.059	0.4850	1.714	0.5883	163	2.845	0.8522	1.978	1.2763
119	2.077	0.4925	1.723	0.6012	164	2.862	0.8608	1.980	1.2933
120	2.094	0.5000	1.732	0.6142	165	2.880	0.8695	1.983	1.3105
121	2.112	0.5076	1.741	0.6273	166	2.897	0.8781	1.985	1.3277
122	2.129	0.5152	1.749	0.6406	167	2.915	0.8868	1.987	1.3449
123	2.147	0.5228	1.758	0.6540	168	2.932	0.8955	1.989	1.3621
124	2.164	0.5305	1.766	0.6676	169	2.950	0.9042	1.991	1.3794
125	2.182	0.5383	1.774	0.6812	170	2.967	0.9129	1.992	1.3967
126	2.199	0.5460	1.782	0.6950	171	2.984	0.9215	1.994	1.4140
127	2.217	0.5538	1.790	0.7090	172	3.002	0.9302	1.995	1.4314
128	2.234	0.5616	1.798	0.7230	173	3.019	0.9390	1.996	1.4488
129	2.251	0.5695	1.805	0.7372	174	3.037	0.9477	1.997	1.4662
130	2.269	0.5774	1.813	0.7514	175	3.054	0.9564	1.998	1.4836
131	2.286	0.5853	1.820	0.7658	176	3.072	0.9651	1.999	1.5010
132	2.304	0.5933	1.827	0.7803	177	3.089	0.9738	1.999	1.5185
133	2.321	0.6013	1.834	0.7950	178	3.107	0.9825	2.000	1.5359
134	2.339	0.6093	1.841	0.8097	179	3.124	0.9913	2.000	1.5533
135	2.356	0.6173	1.848	0.8245	180	3.142	1.0000	2.000	1.5708

WORMALD
RESMAT LTDA

IECO-elc
COORDINADOR

BRASIL **ITAIPU** PARAGUAI
BINACIONAL

Des.
Coord.
Nº

SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA
SIST. AUTOM. DE AGUA DE PROT.CONTRA INCEN-
DIO
MEMÓRIA DE CÁLCULO

FOLHA 40/46 O.C./S.P/2060/83

ITAIPU Nº 5615-10-96797-P

Reg. Nº 5615-10-96797-P R O

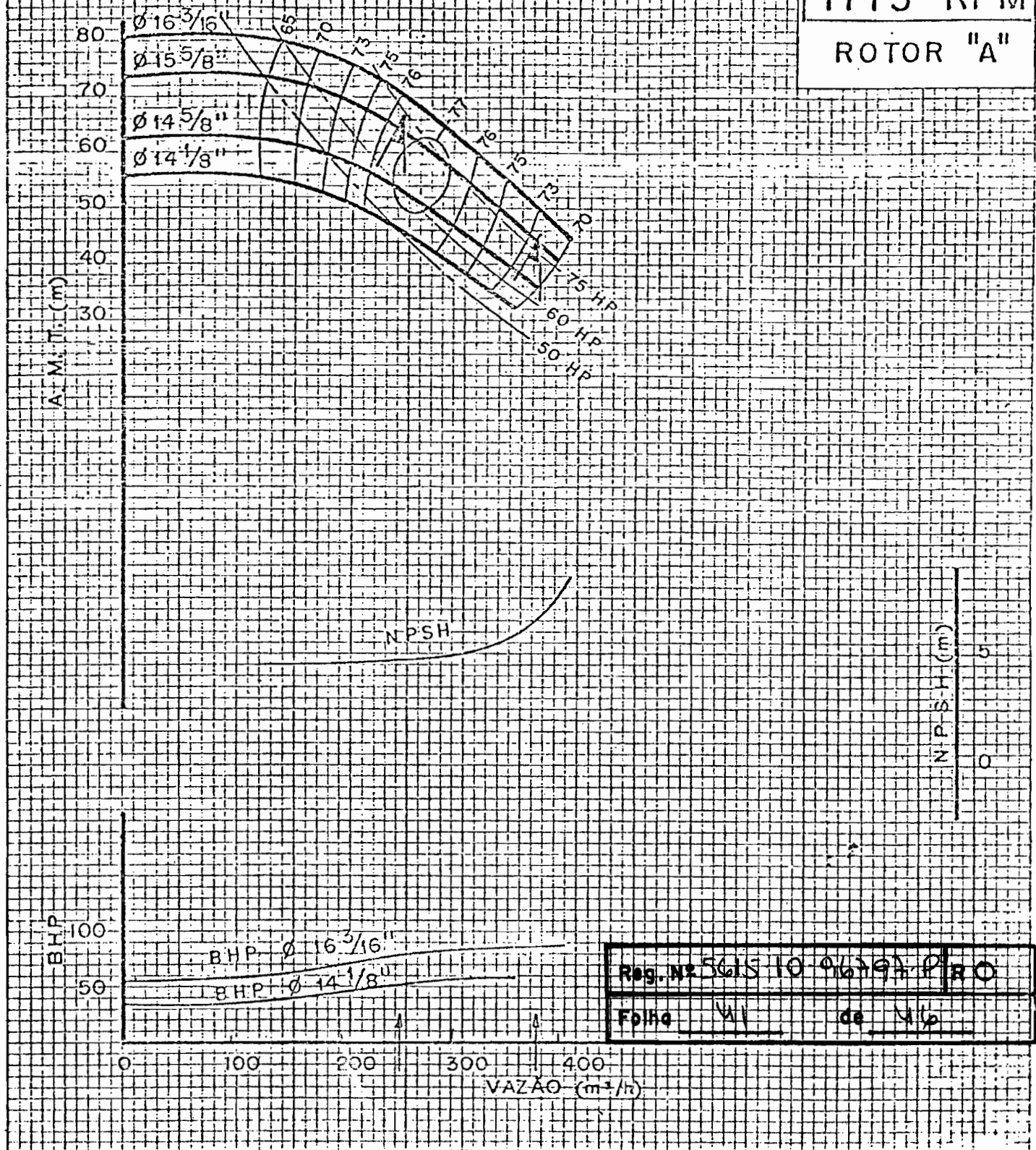
Folha 40 de 46

CURVA DE PERFORMANCE

TIPO 5 L R G 16

1775 RPM

ROTOR "A"



Sucção Ø 8" in. 203,2mm. Descarga Ø 5" in. 127,0 mm Diâmetro Máximo de sólidos mm

CONDIÇÕES DE SERVIÇO

CLIENTE: Resmat/Itaipu
SERVIÇO: combate à
incêndio
ITEM: 02
DATA: 4/01/86 por HANISCAI

FLUIDO: água limpa
VAZÃO: 243/251,5 m³/h
AMT: 66,23 / 65 m

DENS.: 1,0 g/cm³
VISC.: 1 cp.
NPSH DISP.: m

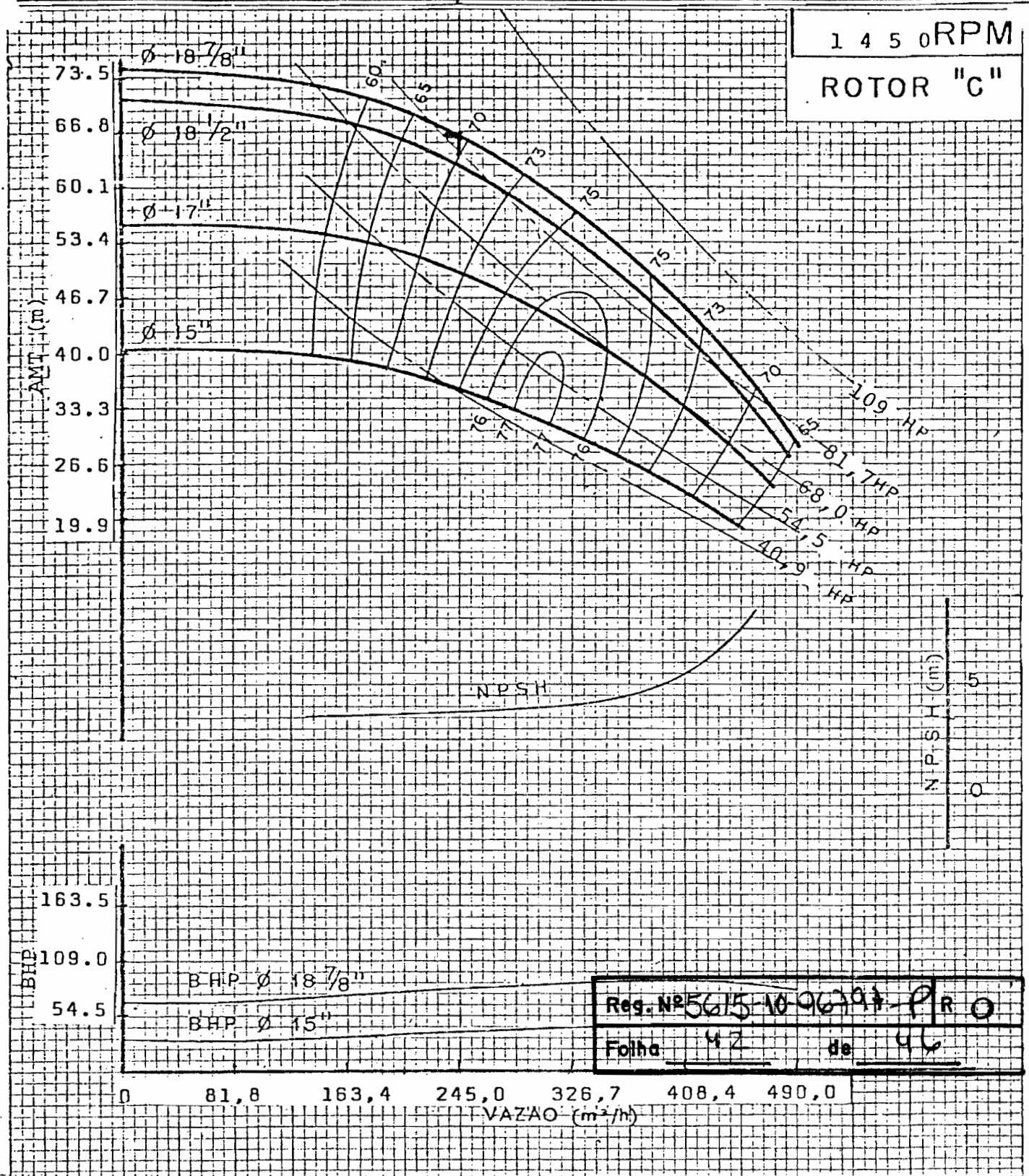
REND.: 76,5 / 72,5 %
BHP: 33,9 / 23,8 HP
NPSH REQ.: 1,1 / 1,0 m

W WORMALD RESMAT LTDA	IECO-elc COORDINADOR	BRASIL ITAIPU PARAGUAI BINACIONAL
Des. <i>[assinatura]</i> Coord. <i>[assinatura]</i> Nº		SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA SIST. AUTOM. DE AGUA DE PROT.CONTRA INCEN- DIO MEMÓRIA DE CÁLCULO
FOLHA 41/26	O.C./S.P/2060/83	ITAIPU Nº 5615-10-96777-P

50 HERTZ PC 35082

1450 RPM

ROTOR "C"



Sucção Ø 10" in. 254,0mm. Descarga Ø 6" in. 152,4mm Diâmetro Máximo de sólidos mm.

CONDIÇÕES DE SERVIÇO

CLIENTE: _____ FLUIDO: _____ DENS.: _____ REND.: _____ %
 SERVIÇO: _____ VAZÃO: _____ m³/h VISC.: _____ BHP: _____ HP
 ITEM: _____ AMT: _____ m NPSH DISP.: _____ m NPSH REQ.: _____ m
 DATA: / / POR: _____

WORMOLD
RESMAT LTDA

IECO-elc
COORDINADOR

BRASIL **ITAIPU** PARAGUAI
BINACIONAL

Des. *L. Domingos*
Coord. *L. Domingos*
Nº _____

SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA
SIST. AUTOM. DE AGUA DE PROT. CONTRA INCEN-
DIO
MEMÓRIA DE CÁLCULO

FOLHA 42/46 O.C./S.P/2060/83

ITAIPU Nº 5615-10-96777-P



BOMBAS CENTRIFUGAS

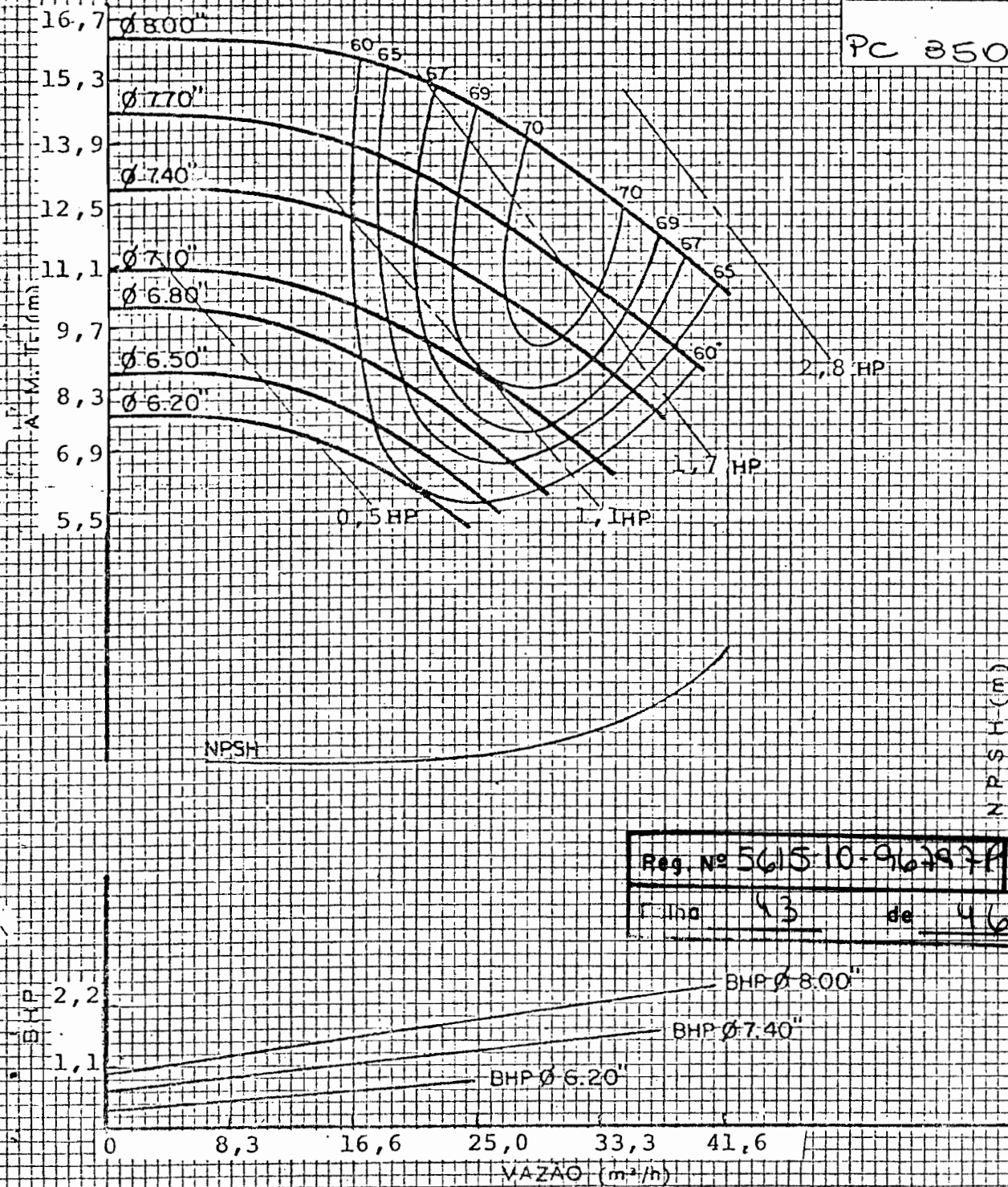
CURVA DE PERFORMANCE
50 - HERTZ

2019-5 Pg. 24
DATA: / NOV. 1980
SUBSTITUI: NOVAY

DBE

1450 RPM

PC 35084



Reg. Nº 5615-10-96797-PRO

Folha 43 de 46

Sucção Ø 3.00 in. 76,2 mm. Descarga Ø 2.00 in. 50,8 mm. Diâmetro Máximo de sólidos 15,2 mm.

CONDIÇÕES DE SERVIÇO

CLIENTE: _____	FLUIDO: _____	DENS.: _____	REND.: _____ %
SERVIÇO: _____	VAZÃO: _____ m³/h	VISC.: _____	BHP: _____ HP
ITEM: _____	AMT: _____ m	NPSH DISP.: _____ m	NPSH REQ.: _____ m
DATA: / / POR: _____			

Importante: Esta bomba é garantida para um ponto das condições do serviço. Outros pontos são aproximados, não garantidos. A vazão e a A.M.T. de projetos são baseadas em testes de fábrica, com água limpa e fria.

2 DBE 83

WORMALD
RESMAT LTDA

IECO-etc
COORDINADOR

BRASIL



ITAIPU
BINACIONAL

PARAGUAI

Des. _____
Coord. _____

SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA
SIST. AUTOM. DE AGUA DE PROT. CONTRA INCEN-
DIO
MEMÓRIA DE CÁLCULO

FOLHA 43/26 O.C./S.P/2060/83

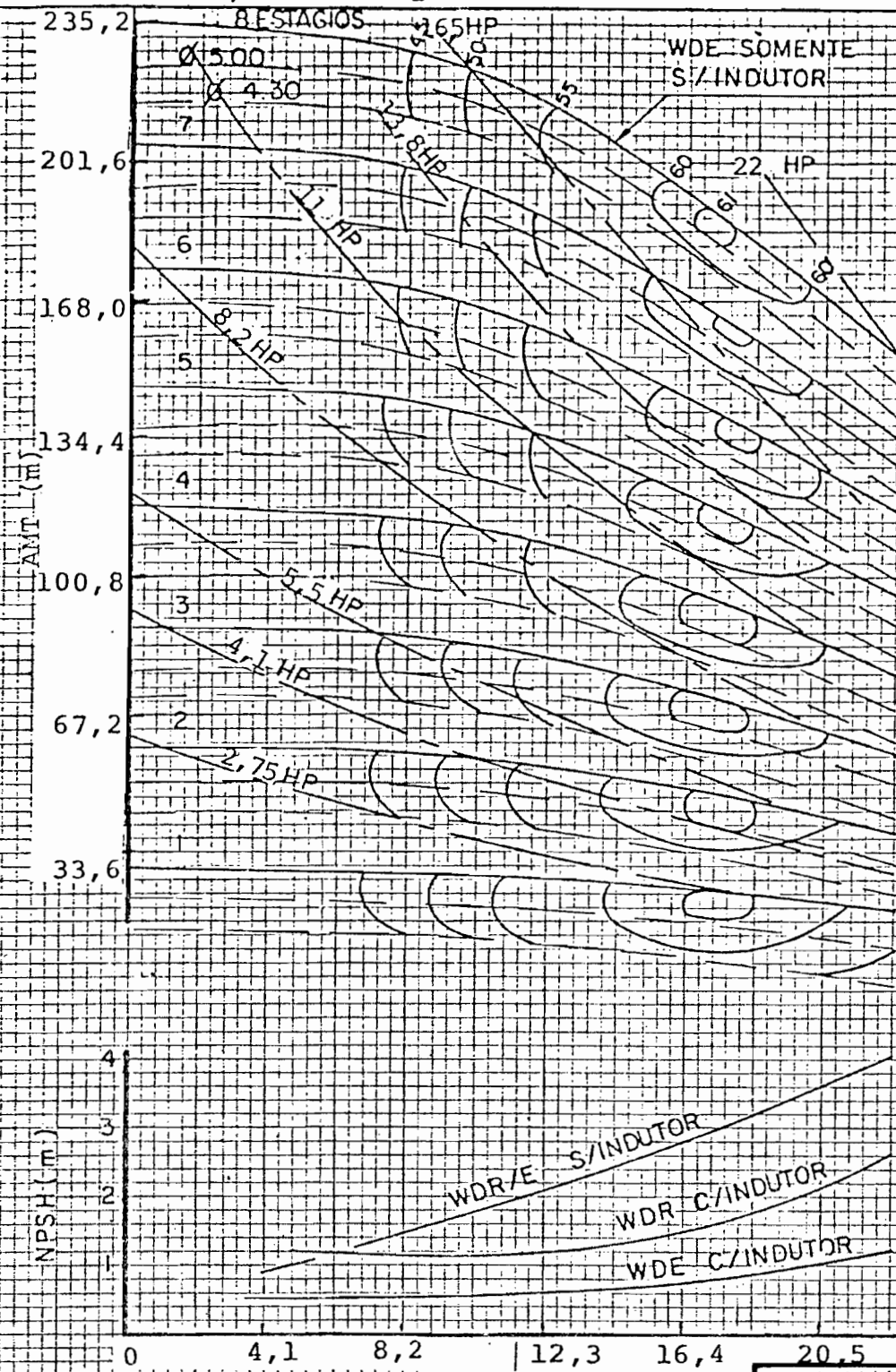
ITAIPU Nº 5615-10-96797-P



BOMBAS CENTRIFUGAS

CURVA DE PERFORMANCE
50 HERTZ

2044-8 Pg. 3
DATA: 30 / 05 / 82
SUBSTITUI: /NOVA/
TIPO WD



2910 RPM
PC 35083

BHP NO SHUT-OFF	
Ø ROTOR	HP/ESTÁG
5.71 (MAX-)	1,3
5.00	0,88
4.30	0,55

Sucção Ø in. mm. Descarga Ø in. mm. Diâmetro Máximo de sólidos Ø mm.

CONDIÇÕES DE SERVIÇO

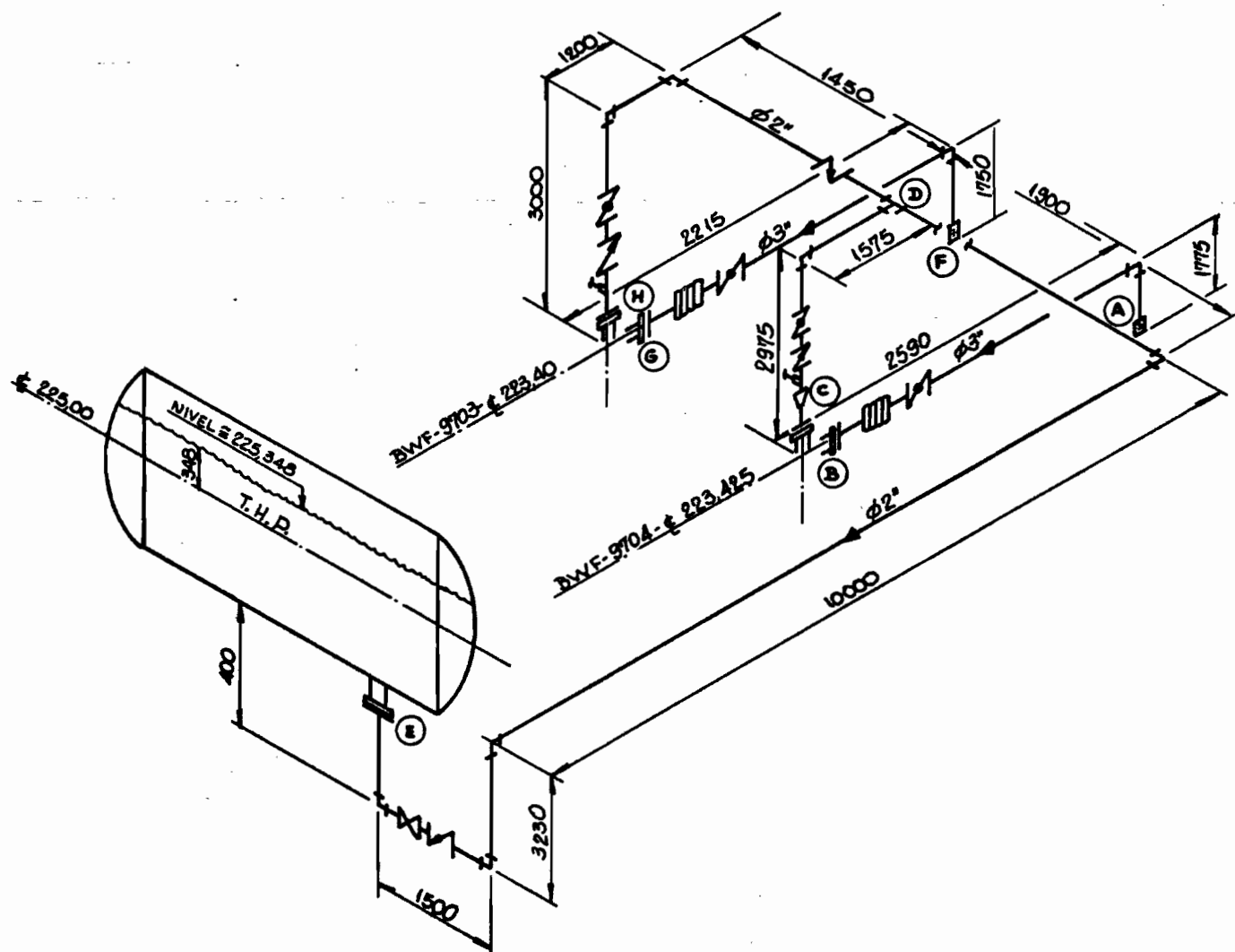
CLIENTE: _____	FLUIDO: _____	DENS.: _____	REND.: _____ %
SERVIÇO: _____	VAZÃO: _____ m³/h	VISC.: _____	BHP: _____ HP
ITEM: _____	AMT: _____ m	NPSH DISP.: _____ m	NPSH REQ.: _____ m
DATA: ____/____/____	POR: _____		

Importante: Esta bomba é garantida para um ponto das condições de serviço. Outros pontos são aproximados, não garantidos. A vazão e a A.M.T. de projetos são baseadas em testes de fábrica, com água limpa e fria.

WD-8

WORMALD RESMAT LTDA IECO-elc COORDINADOR BRASIL ITAIPU BINACIONAL PARAGUAI

Des. Coord. Nº SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA SIST. AUTOM. DE AGUA DE PROT. CONTRA INCEN-DIO MEMÓRIA DE CÁLCULO



Doc. Nº 5615 10-96797 P R O

Folha 45 de 46

WORMALD
RESMAT LTDA

IECO-elc
COORDINADOR

BRASIL **ITAIPU** PARAGUAI
BINACIONAL

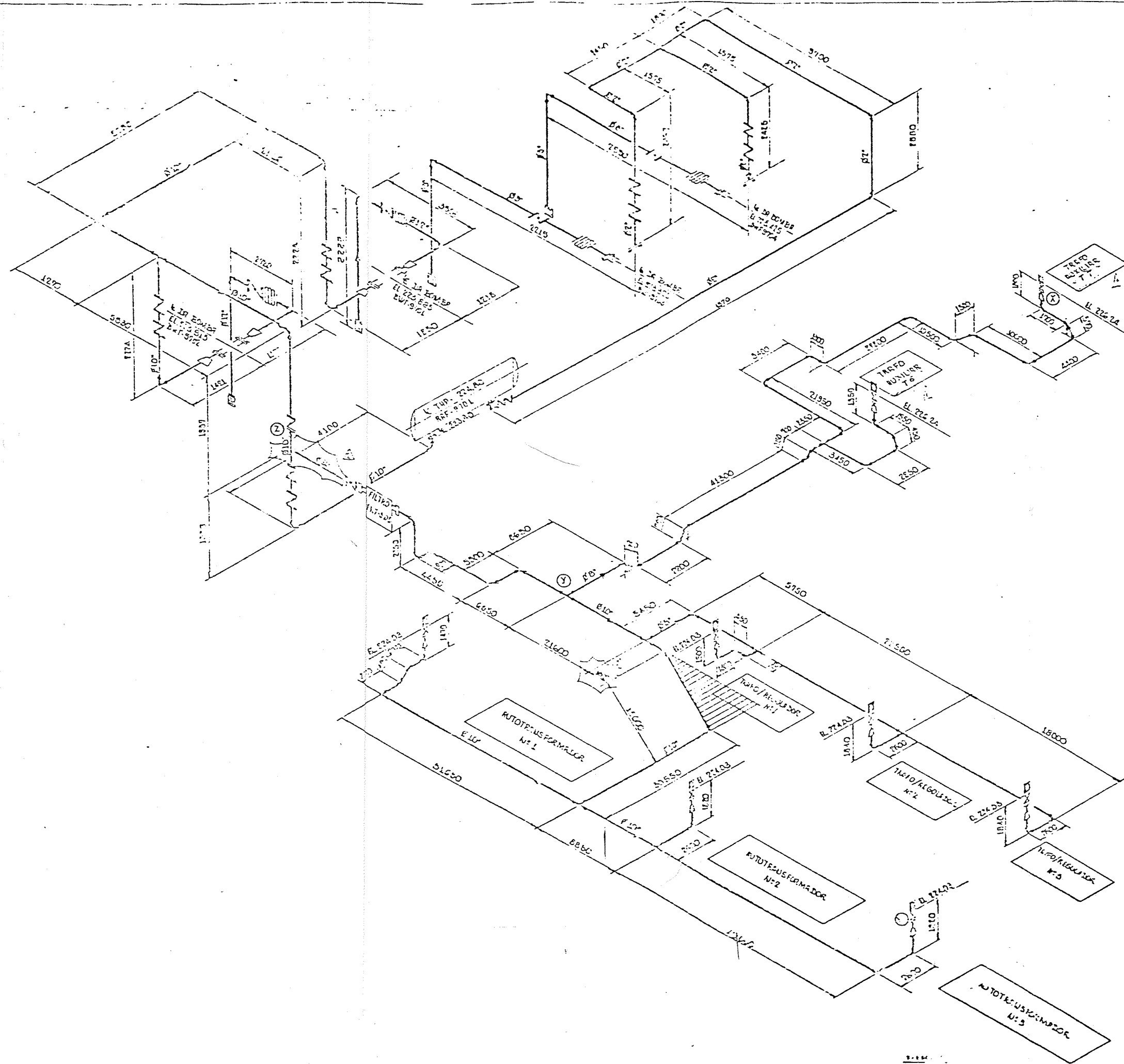
Des. B. M. Gomes
Coord. B. M. Gomes
Nº

SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA
SIST. AUTOM. DE ÁGUA DE PROT. CONTRA INCÊNDIO
TUBULAÇÃO DE ENCHIMENTO E PRESS. DO T.H.P.
ISOMÉTRICO

FOLHA 45/46

O.C./S.P/2060/83

ITAIPU Nº 5615-10-96797-P.



NOTA:

1 - DIMENSÕES EM MILÍMETROS, ELEVACÕES EM METROS, S. INDICAÇÃO EM CONTRÁRIO.

ISOMÉTRICO: Ver desenho
5615-DF-96842-P-RO

Reg. Nº 5615-10-96842-PRO

Folha 46 de 46

2	REVISÃO DAS NOTAS COM DATA	Assinatura			
1	REVISÃO COM ESQUERTELOS	Assinatura			
0	EMITIDO P/ APROVAÇÃO	Assinatura			
NR	DESCRIÇÃO	ASSIN	ASSIN	ASSIN	ASSIN
	REVISÃO				

DESENHO RESMAT Nº
RE-7102-83-84

WORMALD
RESMAT LTDA

IECO-eic
COORDENADOR

BRASIL ITAIPU BINACIONAL PARAGUAY

SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA
SISTEMA AUTOMÁTICO DE ÁGUA DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO
SISTEMA DE ÁGUA NEBULIZADA

TUBULAÇÃO DE ÁGUA DE INCÊNDIO — ISOMÉTRICO

EL-1000

OC/SP/2050/83 5615-DF-96842-P