



PROJECTO E EXECUÇÃO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO PARA UMA GRUA TIPO LUFFING

HÉLDER MANUEL VILAÇA LEIRA

dezembro de 2017

PROJETO E EXECUÇÃO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO PARA UMA GRUA TIPO LUFFING

Helder Manuel Vilaça Leira
2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



PROJETO E EXECUÇÃO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO PARA UMA GRUA TIPO LUFFING

Helder Manuel Vilaça Leira
1020655

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Fernando José Ferreira e pelo Doutor António Ferreira da Silva, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Doutor Arnaldo Guedes Pinto
Professor Adjunto, ISEP

Orientador

Doutor Fernando José Ferreira
Professor Coordenador, ISEP

Co-orientador

Doutor António Ferreira da Silva
Professor Adjunto, ISEP

Arguente

Doutor Fernando Gomes de Almeida
Professor Associado FEUP

AGRADECIMENTOS

A Vida é feita de bons momentos e outros menos bons...

...a todos aqueles que designam os bons momentos de Sorte, eu diria que a Sorte é como uma Planta que se deve regar e colocar ao Sol de forma moderada, ou seja, cuidar...

Devo começar por agradecer esta Sorte à minha família em especial aos meus Avós e aos meus Pais que me educaram e permitiram chegar “aqui”...

A minha companheira Mariana Magalhães pelos bons momentos e compreensão...

Aos meus colegas e amigos em especial ao António Abreu, Ricardo Sousa e em particular ao Paulo Ramalho pela inspiração e forma como “agarra” a VIDA...

À minha empresa pela oportunidade que me concedeu e aos meus colegas de trabalho de forma inconsciente permitiram que este trabalho se realizasse.

E por fim e não menos importante a todos os Professores da minha vida académica pelos conhecimentos transmitidos e em especial ao Professor Fernando Ferreira pela disponibilidade, dedicação e o seu fantástico profissionalismo, sem o qual não seria possível realizar este trabalho.

PALAVRAS CHAVE

Grua, Equipamento de elevação, Luffing, Óleo-hidráulica; Grupo hidráulico, Cilindro hidráulico, Válvula sustentação

RESUMO

Este trabalho é o resultado de um projeto realizado em parceria entre as empresas Teclena e Irmãos Tavares 2, na qualidade de fornecedor de soluções de óleo hidráulica e fabricante de equipamentos para apoio à construção civil, nomeadamente gruas.

Este projeto consiste no desenvolvimento de um novo modelo de grua designado por *Luffing*, com objetivo de conjugar soluções existentes com conceitos inovadores nesta área. Sendo que os focos do autor são a óleo hidráulica e automação, em especial a óleo hidráulica.

Para tal foi necessário conceber, projetar e fabricar um sistema de óleo hidráulica. Composto por cilindro hidráulico, válvula de sustentação e grupo hidráulico de forma a cumprir à partida os requisitos impostos. No decorrer dos cálculos foi necessário recorrer a alterações no conceito da óleo hidráulica e automação.

De salientar que durante os ensaios foram encontradas algumas dificuldades/problemas no que respeita à falta de sensibilidade nos movimentos de paragem e arranque, e na diferença entre os valores teóricos de forças necessárias/pressão e a realidade. Como forma de resolução foram alteradas e ensaiadas diferentes versões de válvula de sustentação.

Foi ainda necessário proceder ao projeto e conseqüente fabrico de uma nova válvula de sustentação especialmente para esta aplicação.

De frisar que a tomada de decisão por um sistema de óleo hidráulica se revelou acertada, fruto disso foi a excelente aceitação por parte do Mercado.

KEYWORDS

Crane, Lifting equipment, Luffing, Oil-Hydraulic; Hydraulic System, Hydraulic Cylinder, Counterbalance Valve

ABSTRACT

This work is the result of a project carried out in partnership between the companies Teclena and Irmãos Tavares 2, as supplier of hydraulic oil solutions and manufacturer of equipment to support the civil construction, namely cranes.

This project consists in the development of a new crane model called Luffing, aiming to combine existing solutions with innovative concepts in this area. Since the author's philosophy is hydraulic oil and automation, especially hydraulic oil.

For this it was necessary to conceive, design and manufacture a hydraulic oil system. Composed of hydraulic cylinder, counterbalance valve and hydraulic group in order to comply with the requirements imposed. During the calculations it was necessary to resort to changes in the concept of hydraulic oil and automation.

It should be noted that during the tests some difficulties / problems were found regarding the lack of sensitivity in the stop and start movements, and in the difference between the theoretical values of necessary forces / pressure and reality. As kind of resolution, different versions of the counter balance valve were changed and tested.

It was also necessary to precede the design and consequent manufacture of a new counterbalance valve especially for this application.

It should be stressed that the decision-making by a hydraulic oil system proved to be correct, as a result of this was the excellent acceptance on the part of the market.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

P_{adm}	Pressão admissível
σ_{ced}	Tensão cedência
σ	Tensão de limite elástico
τ_{adm}	Tensão admissível
τ_{inst}	Tensão instalada
λ	Lambda
D	Diâmetro interior
dh	Diâmetro da haste
E	Espessura do tubo
p	Potência instalada
A	Área
A2	Área da coroa
D	Diâmetro
E	Módulo de elasticidade
J	Momento de inercia secção circular
°	Grau
Fr	Frequência
pp	Número de par de polos

Lista de Unidades

Cv	Cavalo vapor
bar	Unidade de pressão
kW	Kilowatt
l/min	Caudal Volúmico
ton	Tonelada
S	Segundo
MPa	Mega Pascal
cm ²	Centímetro ao quadrado
cm ⁴	Centímetro à quarta
N/cm ²	Newton por centímetro ao quadrado
N/mm ²	Newton por milímetro ao quadrado
rpm	Rotações por minuto
Hz	Hertz

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Core Business</i>	Principal área de negócio da empresa
<i>Tripastos</i>	Conjuntos de três roldanas
<i>Pentapostos</i>	Conjuntos de cinco roldanas
<i>Update</i>	Modernização ou atualização de um produto
<i>Setup</i>	Ajustes ou afinações de máquinas e ferramentas
<i>Rapport</i>	Relação de transmissão

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1- GRUA LUFFING MTL	1
FIGURA 2- SHADUF EGÍPCIO [2]	2
FIGURA 3 - GRUA DA ÉPOCA GREGA [2]	3
FIGURA 4- GRUA DA ÉPOCA ROMANA [2]	3
FIGURA 5 - COMBINAÇÕES DE ROLDANAS [3]	3
FIGURA 6 - GUINDASTE DE ESTALEIRO / PORTO [3]	4
FIGURA 7 - GUINDASTE DE PORTO [5]	4
FIGURA 8 - GRUA TORRE [6]	5
FIGURA 9 - PONTE ROLANTE BIVIGA [8]	9
FIGURA 10 - PÓRTICO SOBRE CARRIL [9]	10
FIGURA 11 - PÓRTICO COM RODAS DIRECIONÁVEIS [10]	10
FIGURA 12 - GRUA DE BANDEIRA (PAREDE) [11]	10
FIGURA 13 - GRUA DE BANDEIRA (PISO) [12]	10
FIGURA 14 - GRUA MÓVEL COM LAGARTAS [13]	11
FIGURA 15 - GRUA MÓVEL COM RODAS [14]	11
FIGURA 16 - GRUA MÓVEL COM LAGARTA E LANÇA TELESCÓPICA [15]	11
FIGURA 17 - GRUA AUTOMONTANTE [16]	15
FIGURA 18 - CARGAS GRUA AUTOMONTANTE [1]	16
FIGURA 19- GRUA TORRE IT2 [17]	16
FIGURA 20 - ESTRUTURA TRELIÇA [18]	17
FIGURA 21 - COMPRIMENTO LANÇA VS CARGA GRUA TORRE [1]	18
FIGURA 22 - GAIOLA DE TELESCOPAGEM [19]	18
FIGURA 23 - TELESCOPAGEM EXTERIOR [20]	18
FIGURA 24 - TELESCOPAGEM INTERIOR [21]	19
FIGURA 25 - GRUA DE LANÇA MÓVEL [22]	20
FIGURA 26 - CARGA GRUA LANÇA MÓVEL [1]	20
FIGURA 27 - GRUA LUFFING	21
FIGURA 28 - ELEMENTOS CONSTITUINTES DA GRUA LUFFING	22
FIGURA 29 - ÂNGULO DA LANÇA 0° e 85°	28
FIGURA 30 - ESQUEMA HIDRÁULICO CONVENCIONAL	28
FIGURA 31 - ESQUEMA COM VÁLVULA PARA CONTROLO DE MOVIMENTO	29
FIGURA 32 - RESUMO CARACTERÍSTICAS GRUA LUFFING	31
FIGURA 33 - CILINDRO HIDRÁULICO 280/180X3000	32
FIGURA 34 - CILINDRO HIDRÁULICO EM CORTE	37
FIGURA 35 - LOCALIZAÇÃO GRUPO HIDRÁULICO	39
FIGURA 36 - VISTA GERAL GRUPO HIDRÁULICO	40
FIGURA 37 - ELEMENTOS INTERIORES	40
FIGURA 38 - PORMENOR ELEMENTOS EXTERIORES	41
FIGURA 39 - ESQUEMA HIDRÁULICO GRUA LUFFING	43

FIGURA 40 - DESENHO DISTRIBUIDOR HPV41	46
FIGURA 41 - ESQUEMAS COM A E B ABERTO E FECHADO	46
FIGURA 42 - RESUMO DE CARACTERÍSTICAS BOBINE E JOYSTICK	47
FIGURA 43 - ESQUEMA DE VÁLVULA SUSTENTAÇÃO	48
FIGURA 44 - JOYSTICK E POSIÇÕES DE ACIONAMENTO	49
FIGURA 45 - GRÁFICO POSIÇÃO JOYSTICK VS VELOCIDADE DO CILINDRO	50
FIGURA 46 - CONSOLA	50
FIGURA 47 - ILUSTRAÇÕES DE ZONING E ANTICOLLISION [24]	51
FIGURA 48 - PROBLEMÁTICA ZONING E ANTICOLLISION [25]	51
FIGURA 49 - PONTO DE FIXAÇÃO CILINDRO HIDRÁULICO	52
FIGURA 50 - LANÇA 85°	55
FIGURA 51 - 1ª VERSÃO DA VÁLVULA DE SUSTENTAÇÃO	56
FIGURA 52 - DESENHO DO BLOCO DESENVOLVIDO	57
FIGURA 53 - DIFERENTES VERSÕES DE CARTUCHOS DE SUSTENTAÇÃO	57
FIGURA 54 - 2ª VERSÃO DE VÁLVULA SUSTENTAÇÃO	58
FIGURA 55 - ESQUEMA 3ª VERSÃO VÁLVULA DE SUSTENTAÇÃO	59
FIGURA 56 - 3ª VALVULA DE SUSTENTAÇÃO	59

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - LEGENDA DOS ELEMENTOS CONSTITUINTES DA GRUA LUFFING	22
TABELA 2 - LANÇA 55 METROS	26
TABELA 3 - LANÇA 45 METROS	27
TABELA 4 - LEGENDA ESQUEMA CONVENCIONAL	29
TABELA 5 - LEGENDA COM VÁLVULA CONTROLO MOVIMENTO	30
TABELA 6 - RESUMO REQUISITOS	31
TABELA 7 - LISTA PEÇAS DO CILINDRO HIDRÁULICO	38
TABELA 8 - LEGENDA ESQUEMA HIDRÁULICO GRUA LUFFING	43
TABELA 9 - LEGENDA 1ª VERSÃO DA VALVULA DE SUSTENTAÇÃO	56

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	EMPRESAS	1
1.2	ENQUADRAMENTO	1
1.3	RESENHA HISTÓRICA	2
1.4	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	5
2	SISTEMAS DE ELEVAÇÃO	9
2.1	PONTE ROLANTE	9
2.2	PÓRTICO	10
2.3	GRUA MONOCARRIL OU BANDEIRA	10
2.4	GRUA MÓVEL	11
2.4.1	GRUA MÓVEL COM LAGARTAS	11
2.4.2	GRUA MÓVEL COM RODAS	12
3	TIPOS DE GRUAS	15
3.1	GRUAS AUTOMONTANTE	15
3.2	GRUAS DE LANÇA OU TORRE	16
3.2.1	GAIOLAS DE TELESCOPAGEM	18
3.3	GRUAS DE LANÇA MÓVEL	20
3.4	GRUAS LUFFING	21

4	DESENVOLVIMENTO DA GRUA LUFFING	25
4.1	ANÁLISE DAS TABELAS DE CARGAS	25
4.2	ÓLEO HIDRÁULICA	28
4.2.1	CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO	31
4.2.2.1	CILINDRO HIDRÁULICO	32
4.2.2.2	GRUPO HIDRÁULICO	39
4.2.2.3	ESQUEMA HIDRÁULICO	42
4.3	AUTOMAÇÃO	48
4.4	ESTRUTURA	52
5	CONSTRUÇÃO DA GRUA E ENSAIOS	55
5.1	CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DA GRUA	55
5.2	ENSAIOS REALIZADOS/FEEDBACK MERCADO	56
6	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	63
6.1	CONCLUSÕES	63
6.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	64
7	REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA	67
7.1	BIBLIOGRAFIA	67
7.2	REFERÊNCIAS WEB	67
8	ANEXOS	73

INTRODUÇÃO

1.1 EMPRESAS

1.2 ENQUADRAMENTO

1.3 RESENHA HISTÓRICA

1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho foi realizado no seguimento de uma parceria entre fornecedor e cliente das empresas Teclena e Irmãos Tavares 2, empresa esta que fabrica e comercializa, entre uma vasta gama de equipamentos e maquinaria, gruas para construção civil. Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um tipo de grua designada por Luffing, não só pelo tipo de equipamento que atualmente só é utilizada em Inglaterra, mas também pela inovação introduzida no setor da elevação/movimentação de cargas.

1.1 Empresas

A Teclena, na qualidade de fornecedor, é uma empresa com mais de 35 anos a fornecer soluções e apresenta como *Core Business* a comercialização de componentes de óleo hidráulica, pneumática e automação.

Irmãos Tavares 2 é uma empresa com mais de 40 anos de experiência no fabrico de maquinaria pesada para apoio à construção civil, tendo como principal foco de mercado o fabrico e comercialização de gruas automontantes, hidráulicas e de torre do tipo “Flat-top”, “Luffing” e gaiolas de telescopagem [1].

1.2 Enquadramento

Como resultado da necessidade do cliente Irmãos Tavares 2 em desenvolver uma nova solução/equipamento para o mercado, surge a possibilidade de enquadramento numa tese de mestrado na vertente industrial. A grua Luffing conforme mostra a Figura 1 nasce da inexistência e necessidade de aperfeiçoar alguns aspetos/funcionalidades das gruas atuais, nomeadamente da grua de torre/lança ou grua de lança móvel, permitindo a introdução de algumas inovações nomeadamente limitação da invasão de espaço aéreo, GPS, capacidade de carga, flexibilidade/facilidade de manobrar, todas estas inovações serão explicadas nos capítulos seguintes.



Figura 1- Grua Luffing MTL

1.3 Resenha Histórica

A necessidade de evolução do homem, da sociedade e da ciência com base na busca permanente da perfeição nos processos e procedimentos, levaram a que o "homem" se colocasse numa posição mais racional e esta foi e continua a ser a principal razão pela qual o homem passou a projetar e construir máquinas e equipamentos em que a força física deixasse de ser a forma de acionamento.

Os equipamentos de elevação e as gruas de uma forma geral também são resultado desta evolução e da necessidade de querer mais e melhor de forma eficaz. Desde muito cedo, e segundo relatos e poucos registos, o homem teve necessidade de movimentar e elevar grandes cargas. São prova disso, as grandiosas construções que perduram até aos dias de hoje.

Segundo registos datados de 2000 a.C. os Egípcios foram pioneiros na invenção e utilização dos primeiros equipamentos de elevação, de seu nome *Shaduf*. Este equipamento não seria nada mais do que dois elementos de madeira a pivotar um no outro e um contrapeso conforme mostra a Figura 2 [2].

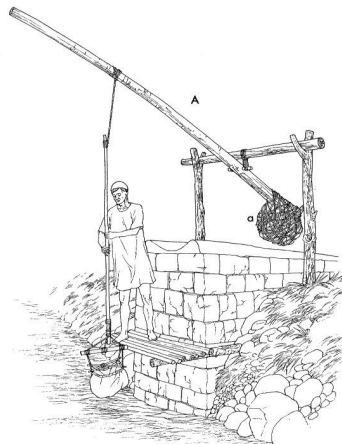


Figura 2- Shaduf Egípcio [2]

Séculos mais tarde, e do qual não existe grande exatidão mas que deverá ter sido entre séculos VII a.C. e IV a.C, os povos Gregos [3] começaram a utilizar equipamentos de elevação como mostra a Figura 3 . Estes equipamentos eram construídos em madeira e era através de cordas e roldanas, elementos que faziam parte do mesmo que permitiam elevar cargas na vertical. No entanto, apesar de este equipamento se ter revelado fundamental no auxílio das construções da sua altura, apresentava algumas limitações. O acionamento era obtido por força humana ou de animais e à medida que a construção avançava era necessário desmontar e deslocar o equipamento.

Com o passar do tempo e por volta do século I a.C. os povos Romanos [4] iniciaram a construção de grandes edifícios e para tal usaram o modelo de grua Grega na qual

introduziram alguns melhoramentos face as suas necessidades, Figura 4 . Contudo este equipamento era em tudo semelhante ao modelo Grego até na forma de acionamento apenas com a exceção da maior capacidade de carga e elevação.



Figura 3 - Grua da época Grega [2]



Figura 4- Grua da época Romana [2]

Sem dúvida que a descoberta que permitiu aos Gregos e Romanos melhorar as suas performances foi a introdução de roldanas/polias. Proporcionando elevar cargas maiores com menor esforço humano, a introdução destes elementos em conjuntos de três ou cinco roldanas designadas por "*Tripastos*" e "*Pentapostos*" respectivamente, apresentavam a vantagem da desmultiplicação das forças mecânicas de 3:1 e 5:1 vezes [3]. A Figura 5 mostra alguns exemplos das aplicações da roldanas.

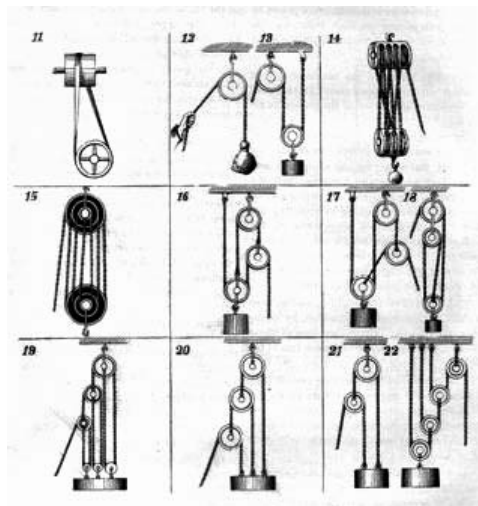


Figura 5 - Combinações de roldanas [3]

Na Idade Média os equipamentos de elevação ou guindaste como mostra a Figura 6, viriam apresentar algumas alterações face aos equipamentos existentes, sendo a mais importante a introdução da roda dentada que melhorava as relações de transmissão apresentando vantagens de desmultiplicação mecânicas de 14:1 segundo registos. Desde logo estes equipamentos passaram a ser usados nos estaleiros e portos para auxílio de estiva, e é claro que nesta aplicação o tempo de operação era um ponto fundamental.



Figura 6 - Guindaste de estaleiro / porto [3]

Só no século XIX, e após a revolução industrial, é que as gruas e equipamentos de elevação, passaram a ter componentes em aço e ligas fundidas, conferindo assim uma maior resistência mecânica e estrutural [5]. A fonte de energia para acionamento também sofreu alterações com o aparecimento do motor a vapor, motor de combustão e, mais tarde, motor elétrico, tendo à data estas inovações resultados imediatos em aplicações nas gruas dos portos conforme mostra a Figura 7.



Figura 7 - Guindaste de porto [5]

Anos mais tarde, no início do século XX, a construção civil “disparou” na Europa e com isto aumentou a necessidade de movimentar e elevar cargas dos mais variados tipos como aço, betão, tijolos, colocando-os no local desejado. Assim aparecem os primeiros modelos de grua torre, conforme a Figura 8, que se tornaram um elemento decisivo em várias áreas da indústria, nomeadamente construção civil e naval. Este modelo de grua torre era em tudo muito semelhante aos modelos que conhecemos nos dias de hoje. De uma forma geral são constituídas por um gancho, cabo de aço, torre e lança em estrutura metálica, contrapesos e guinchos, aspetos que serão abordados e

analisados em capítulos seguintes. No entanto, nas últimas cinco décadas tornaram-se mais eficazes, sendo nos dias de hoje um equipamento imprescindível.

Necessita de um manobrador qualificado, obrigado a respeitar normas de instalação, manutenção e segurança, evitando acidentes de forma a tornar este equipamento mais fiável.



Figura 8 - Grua torre [6]

1.4 Organização da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos.

No capítulo 1 são apresentadas as empresas envolvidas e respetivo enquadramento do trabalho bem como a resenha histórica.

No capítulo 2 são abordados os diferentes tipos de equipamentos de elevação, respetivas possibilidades de utilização e características gerais.

No capítulo 3 são apresentados os diferentes tipos de grua de construção civil, características gerais e respetivas possibilidades de aplicação.

No capítulo 4 é feita uma análise mais pormenorizada da grua tipo Luffing, grua esta que é o alvo de estudo deste trabalho.

No capítulo 5 é feita uma análise dos ensaios e problemas da grua em contexto real. Sendo ainda aborda a forma de resolução.

No capítulo 6 são referidas as conclusões e propostas de trabalhos futuros.

Após as referências bibliográficas são apresentados os anexos onde estão desenhos, folhas de cálculos e características de componentes utilizados no sistema hidráulico.

SISTEMA DE ELEVAÇÃO

2.1 PONTE ROLANTE

2.2 PÓRTICO

2.3 GRUA MONOCARRIL OU BANDEIRA

2.4 GRUA MÓVEL

2 SISTEMAS DE ELEVAÇÃO

Os equipamentos de elevação e movimentação de cargas vão muito para além dos referidos anteriormente, quer em complexidade quer em acessórios que utiliza. No entanto será importante salientar que os mesmos devem ser selecionados e usados de acordo com as necessidades do trabalho a realizar.

Por este motivo neste capítulo serão referidos alguns tipos, aplicações, descrições, vantagens e desvantagens entre eles.

2.1 PONTE ROLANTE

De uma forma geral este tipo de equipamento é uma viga sobre um vão livre e pode apresentar algumas variantes, nomeadamente ponte rolante monoviga, biviga ou suspensa [7], sendo tipicamente usada no interior de armazéns, permitindo a utilização de toda a área localizada por baixo da mesma.

A estrutura em construção soldada é designada por viga caixão, desloca-se sobre um trilho e tem acionamento por meio de moto-redutores elétricos, quer para deslocamento, quer para a elevação. Atualmente estes equipamentos apresentam grandes capacidades de elevação, a título de exemplo, 200 ton com um vão de 40 m, como mostra a Figura 9 .

Contudo existem desvantagens relacionadas com o elevado investimento bem como a inexistência de flexibilidade depois de instalada.



Figura 9 – Ponte rolante biviga [8]

2.2 PÓRTICO

O pórtico rolante acaba por ser em tudo semelhante às referidas pontes rolantes com a exceção da altura de elevação e maior capacidade de carga. Desliza sobre trilhos conforme a Figura 10, e existem algumas versões que utilizam rodas direcionáveis conforme Figura 11. Tipicamente são usadas para armazenamento ao ar livre. Apresentam como desvantagem o fato de interferir com o tráfego no piso onde se deslocam.



Figura 10 - Pórtico sobre carril [9]



Figura 11 - Pórtico com rodas direcionáveis [10]

2.3 GRUA MONOCARRIL OU BANDEIRA

A grua monocarril ou de bandeira é também um equipamento de acionamento elétrico por meio de moto-redutores, existindo duas versões, uma para fixação na parede conforme Figura 12 ou no piso conforme Figura 13. Este tipo de solução apresenta-se como sendo mais económica do que as anteriores e permite uma grande economia de espaço, no entanto tem um raio de ação limitado pelo comprimento do seu braço. Grande parte das aplicações são em locais pequenos como, por exemplo, pequenos armazéns/oficinas ou no exterior em portos/estaleiros como forma de otimização de espaço.

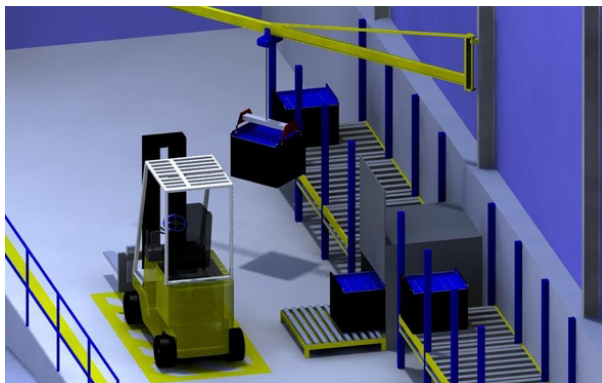


Figura 12 – Grua de bandeira (parede) [11]



Figura 13 – Grua de bandeira (piso) [12]

2.4 GRUA MÓVEL

Para além dos tipos de guas referidas, existem as guas móveis ou instaladas sobre uma base móvel. Normalmente existem dois tipos de “base” com lagartas ou rodas, conforme mostra Figura 14 e Figura 15 respetivamente, podendo o tipo de lança ser telescópica ou tipo treliça.

Estes equipamentos designados na gíria por camião grua, apresentam um vasto leque de vantagens tendo em linha de conta que existem diferentes tamanhos permitindo uma excelente adaptação em função do local e tipo de trabalho a realizar. De salientar que estes equipamentos necessitam de um tempo relativamente reduzido para início do trabalho sem necessidade de recorrer a equipamentos auxiliares.



Figura 14 – Grua móvel com lagartas [13]



Figura 15 - Grua móvel com rodas [14]

2.4.1 GRUA MÓVEL COM LAGARTAS

Conforme mostra a Figura 16 as guas móveis com lagartas são dedicadas ao uso em estaleiro e terreno acidentado, podendo apenas ser transportadas em camiões e muitas das situações em transporte especial, dadas as dimensões e peso. Existe ainda a possibilidade de lança tipo treliça ou telescópica.



Figura 16 – Grua móvel com lagarta e lança telescópica [15]

2.4.2 GRUA MÓVEL COM RODAS

A grua móvel com rodas conforme mostrada na Figura 15 tornou-se um equipamento muito útil dado que permite uma rápida instalação sendo ideal para trabalho de curta duração. A título de exemplo, atualmente existem equipamentos com capacidade de 1200 toneladas e 188 metros de lança.

TIPOS DE GRUAS

3.1 GRUAS AUTOMONTANTES

3.2 GRUAS DE LANÇA OU TORRE

3.3 GRUAS DE LANÇA MÓVEL

3.4 GRUAS LUFFING

3 TIPOS DE GRUAS

3.1 GRUAS AUTOMONTANTE

A grua automontante mostrada na Figura 17 é um dos tipos de grua mais utilizado nas obras de pequena dimensão, consequência das boas características que apresenta.



Figura 17 - Grua automontante [16]

Este tipo de equipamento está disponível numa gama de tamanhos/capacidades excluindo à partida a necessidade de um camião ou viatura especial bem como licença para o seu transporte, possuindo algumas delas rodado próprio, representando também uma poupança financeira considerável e dando ainda a liberdade ao proprietário/transportador de efetuar o seu transporte quando for mais conveniente.

Os fabricantes deste tipo de equipamento oferecem diferentes versões, os maiores modelos podem chegar aos 35 metros de altura e a 45 metros de comprimento de lança, sendo que a sua estrutura ligeira permite a montagem em locais onde seria impossível utilizar outros tipos de grua.

No que diz respeito aos modelos existentes, estes estão dotados de um sistema hidráulico auxiliar para a sua montagem, o que torna este trabalho numa tarefa muito mais segura, rápida e com um baixo custo de manutenção, permitindo realizar este trabalho em poucos minutos.

No que diz respeito ao funcionamento, mais propriamente as velocidades, apresenta características muito equivalentes a outros tipos construtivos que serão apresentados mais à frente.

Contudo estes equipamentos também apresentam algumas limitações nomeadamente na capacidade de carga máxima na ponta da lança, que pode variar entre 1,5 e 2,6 toneladas conforme mostra a tabela da Figura 18, mas que não se torna muito relevante face ao leque de vantagens.

DIAGRAMA DE CARGAS | LOAD DIAGRAM

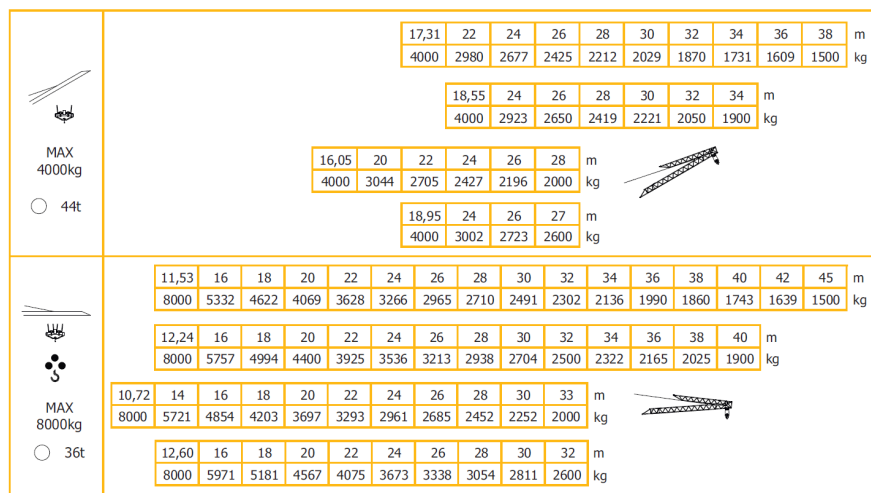


Figura 18 - Cargas grua automontante [1]

3.2 GRUAS DE LANÇA OU TORRE

Uma grua torre pode ser vista na Figura 19, e este é sem dúvida o modelo mais familiar e que mais rapidamente nos vem à memória quando falados em grua de construção civil. Este é um dos modelos que mantém as suas características gerais e estrutura desde as primeiras versões.



Figura 19- Grua torre IT2 [17]

Este tipo de gruas é a que apresenta mais variantes, no que diz respeito ao tipo de comando/controlo, com ou sem cabine para o operador bem como tipo de contrapeso e forma construtiva. Caracteriza-se ainda pela montagem modular o que se traduz numa vantagem.

A vertente modular é muito usada no estrangeiro onde a construção de edifícios altos é comum. Como forma de exemplo, quando se inicia uma obra de um edifício que terá 100 metros de altura não implica que a grua seja montada numa fase inicial com esta altura, ou seja, a grua “cresce” em função da obra e para tal é usado um equipamento ao qual se dá o nome de gaiolas de telescopagem que será abordado mais à frente.

Em relação à forma construtiva, este modelo, tal como em grande parte das gruas, apresenta uma estrutura tipo treliça, conforme mostra a Figura 20, podendo existir algumas variantes dependendo do fabricante. No caso do tipo de acionamento estes modelos estão equipados com motores elétricos e redutores



Figura 20 - Estrutura treliça [18]

No que diz respeito a limitações e vantagens, tendo em linha de conta que este modelo ou tipo grua é um dos mais utilizados na construção civil e face aos comprimentos de lança que podem ultrapassar os 80 metros e cargas máximas de 40 toneladas conforme mostra a tabela da Figura 21, poderia à partida significar que não tem limitações ou tem muito mais vantagens do que desvantagens, o que não traduz a realidade. Ora vejamos, o facto de a lança ou contra lança com peso ter de ficar por cima de propriedades ou espaços vizinhos que nada têm que ver com a obra. Em alguns países a legislação é de tal ordem apertada que não é possível ultrapassar os limites do terreno da obra, invadindo o espaço aéreo dos vizinhos.

DIAGRAMA DE CARGAS | LOAD DIAGRAM

👤	m	10	20	30	40	50	56	61	66	71	76	81	86
40t	t												2,20
40t	t											4,20	
40t	t										5,30		
40t	t									6,70			
40t	t								8,80				
40t	t							11,20					
40t	t						13,50						
40t	t					15,50							
40t	t				19,50								
40t	t			26,50									
40t	t		39,50										
40t	t	40,00											

Figura 21 - Comprimento lança vs Carga grua torre [1]

3.2.1 GAIOLAS DE TELESCOPAGEM

Conforme referido no ponto anterior a montagem modular destas versões está relacionada com um tipo de solução, designada por gaiolas de telescopagem conforme mostra a Figura 22.



Figura 22 - Gaiola de telescopagem [19]

No entanto existem duas formas de utilizar esta solução, telescopagem interior e exterior, de acordo com as Figura 23 e Figura 24 respetivamente.



Figura 23 – Telescopagem exterior [20]

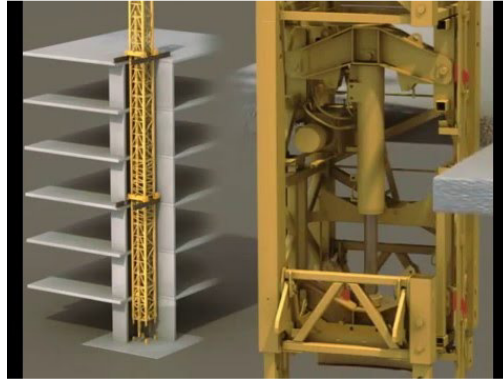


Figura 24 – Telescopagem interior [21]

De uma forma muito resumida, a diferença tem que ver com a zona onde a grua está montada, no exterior da área de implantação do edifício ou no interior/centro do mesmo. Para tal é usado um tramo em todo idêntico aos tramos da torre da grua mas com dimensão superior e por meio de cavilhas e um sistema hidráulico, a torre é elevada tantas vezes quantas as necessitamos fazer “crescer” a grua.

3.3 GRUAS DE LANÇA MÓVEL

Este tipo de equipamento, conforme mostra a Figura 25, não é muito comum na construção civil em Portugal, o mesmo já não poderá ser dito em relação ao estrangeiro. Este modelo é muito utilizado nos portos de mar e na construção civil em zonas com áreas reduzidas sendo que em grande parte das obras esta grua é montada no telhado/cobertura do edifício.



Figura 25 - Grua de lança móvel [22]

No que respeita à forma construtiva pode ser de base fixa ou móvel com acionamento próprio, normalmente por intermédio de um motor de combustão. A estrutura da torre tal como da lança mantém a configuração tipo treliça. De forma idêntica aos outros modelos de grua mencionados, o acionamento/movimento da lança é feito por intermédio de guinchos com acionamento elétrico ou hidráulico.

Apesar de existirem diferentes versões, quer no tamanho, quer nas capacidades de carga, conforme tabela da Figura 26, apresenta algumas desvantagens no que diz respeito à dimensões e peso da base, bem como o raio de atuação; conforme já referido a aplicação em portos é a mais comum.

DIAGRAMAS DE CARGA | LOAD DIAGRAMS

JIB 26m	ALTURA HEICHT (m)	6,2	10,3	13,8	16,5	18,1	19,3	20,7	21,7	22,9	23,6	24,2	24	26	
	LANÇA JIB (m)	26	24,6	22,6	20,6	19,1	17,6	16,1	14,8	12,6	11,1	9,6	8,8	4,7	
	CARGA LOAD (kg)	700	810	970	1160	1340	1520	1750	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2 CABOS ROPES
		700	810	970	1160	1340	1520	1750	2000	2500	2900	3500	4000	4000	4 CABOS ROPES

JIB 20m	ALTURA HEICHT (m)	4,2	6,7	8,9	10,6	12	13	15	15,8	16,5	17,2	17,7	17,9	20	
	LANÇA JIB (m)	20	19,1	18,1	17,1	16,1	15,2	13,1	12,1	11,1	10,1	9,1	8,8	4,7	
	CARGA LOAD (kg)	1300	1420	1540	1680	1830	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2 CABOS ROPES
		1300	1420	1540	1680	1830	2000	2430	2700	3000	3400	3800	4000	4000	4 CABOS ROPES

Figura 26 -Carga grua lança móvel [1]

3.4 GRUAS LUFFING

A grua do tipo Luffing da Figura 27 representa uma conjugação de alguns dos tipos de guias acima referidos tornando-a num conceito inovador no setor da construção civil no que diz respeito à movimentação/elevação de carga, colmatando de certa forma algumas lacunas e permitindo que nova legislação seja respeitada. O acionamento hidráulico deste tipo de grua é o foco principal deste trabalho.



Figura 27 - Grua Luffing

Tal como grande parte dos modelos de grua de construção civil, esta também é constituída por uma torre fixa, lança e contralança com contrapeso. Uma característica deste tipo de guias é o fato da lança ter um movimento vertical (ou no plano vertical). A estrutura da torre, bem como da lança, apresentam uma configuração típica neste tipo de equipamentos vulgarmente chamada de treliça espacial ou 3D. Caracteriza-se ainda pelo fato da carga estar sempre na ponta da lança por intermédio de cabos de aço e não pelo típico carro que se desloca ao longo da lança nas guias torre. Neste tipo de grua o levantamento da carga é possível através de dois movimentos diferenciados, um recolhendo o cabo por intermédio de um guincho e outro através da articulação da lança, levantando-a por via de um cilindro hidráulico. Este movimento da lança é que permite posicionar a carga a diferentes distâncias da torre. Como forma de melhor compreensão a Figura 28 mostra um esquema dos principais elementos da grua.

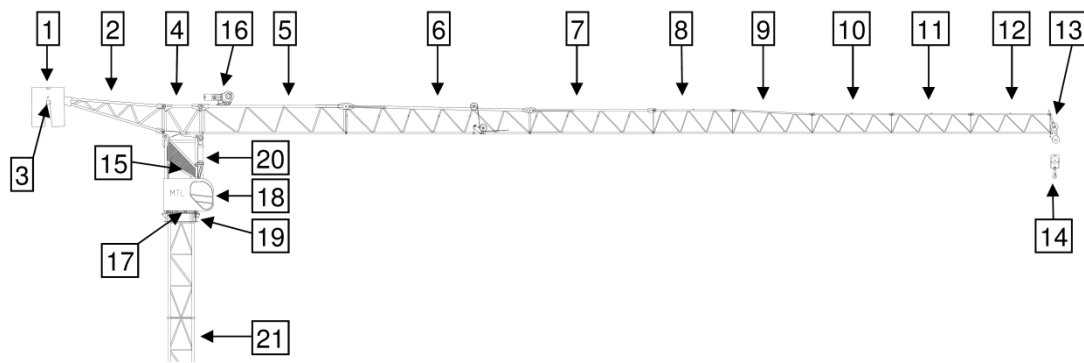


Figura 28 – Elementos constituintes da grua Luffing

Tabela 1 – legenda dos elementos constituintes da grua Luffing

Nº	Descrição
1	Contra peso
2	Contra lança
3	Suporte contra peso
4a12	Tramos da lança
13	Suporte roldanas
14	Gancho para elevação de carga
15	Grupo hidráulico
16	Guincho (moto redutor)
17	Rotação (moto redutores)
18	Cabine do operador
19	Plataforma de rotação
20	Cilindro hidráulico
21	Tramo de torre

Dadas as exigências das forças elevadas que o cilindro hidráulico aplica à estrutura por força da necessidade da articulação da lança neste tipo de grua, novos métodos de fabrico foram aplicados na soldadura, respeitando a norma EN1090 classe 2 e 3, em especial na soldadura topo a topo de forma a garantir uma maior resistência e conseqüente leveza do equipamento.

Em relação aos acionamentos dos diferentes movimentos, foram usados motores elétricos e moto redutores, para a óleo hidráulica, guincho e rotação.

DESENVOLVIMENTO DA GRUA LUFFING

4.1 ANALISE DAS TABELAS DE CARGAS

4.2 OLEO HIDRAULICA

4.3 AUTOMAÇÃO

4.4 ESTRUTURA

4 DESENVOLVIMENTO DA GRUA LUFFING

Este projeto apresentou à partida requisitos bem definidos, nomeadamente capacidade de carga, velocidade de elevação e rotação. Representando assim um excelente desafio e tendo em linha de conta que explorou ao máximo todas áreas tecnológicas envolvidas.

Como já referido anteriormente, um dos parâmetros de posicionamento da carga- variação do raio é conseguido pelo levantamento da lança através de um cilindro hidráulico. No entanto, numa fase exploratória antes da tomada de decisão de qual o sistema de acionamento, foram abordados conceitos diferentes, nomeadamente o uso de fuso roscado em vez do cilindro hidráulico; contudo este fuso necessitaria de um motor de “ataque” direto com potências elevadíssimas, de alto custo e de difícil acondicionamento face à falta de espaço.

Os pontos seguintes são referentes à análise da posição da lança, bem como as forças exercidas no cilindro para equilibra-la.

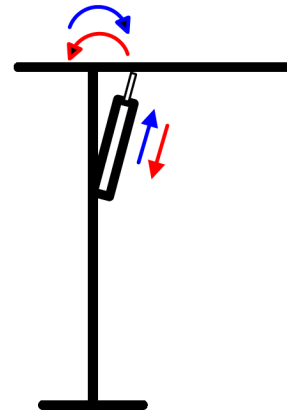
4.1 ANÁLISE DAS TABELAS DE CARGAS

Os valores obtidos nos cálculos do projeto da estrutura referentes às cargas exercidas no cilindro revelaram-se fundamentais para compreender o comportamento da mesma. Salientando que as condições de carga variavam de intensidade e sinal (compressão/tração) em função do ângulo da lança, com e sem carga. Este fato, alteração do sentido da força, para um cilindro hidráulico durante o seu movimento é algo que exige um comando hidráulico muito específico.

Para uma melhor compreensão a Tabela 2 e a Tabela 3 mostram os valores referidos.

Tabela 2 - Lança 55 metros

Angulo	Raio	Carga max. elevada	Força exercida no cilindro c/ carga max.	Força exercida no cilindro s/ carga
°	M	ton	ton	ton
0	55,00	3,10	-98,42	-19,55
5	54,79	3,11	-95,26	-16,20
10	54,16	3,15	-92,16	-12,71
15	53,11	3,22	-89,97	-9,19
20	51,64	3,32	-87,75	-5,50
25	49,78	3,47	-86,13	-1,68
30	47,53	3,65	-84,54	2,32
35	44,91	3,89	-83,46	6,52
40	41,94	4,19	-82,48	10,91
45	38,64	4,59	-82,09	15,55
50	35,71	5,00	-82,47	19,65
55	31,17	5,00	-67,68	25,60
60	27,06	5,00	-53,90	31,03
65	22,73	5,00	-38,60	36,90
70	18,22	5,00	-21,33	43,11
75	13,56	5,00	-1,93	49,95
80	8,79	5,00	20,10	57,31
85	3,95	5,00	45,14	65,27

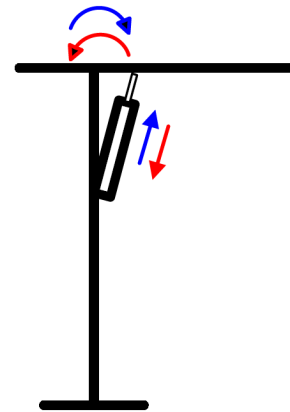


Como forma de resumo da Tabela 2, para o comprimento de lança de 55 metros verifica-se que:

- força de compressão no cilindro com uma carga de 3,1 ton na lança, é 98 ton à compressão para o ângulo de 0°
- força de tração no cilindro com uma carga na lança de 5 ton, é 45 toneladas à tração para o ângulo de 85°
- força de compressão no cilindro sem carga na lança, é 19 toneladas à compressão para o ângulo de 0°
- força de tração no cilindro sem carga na lança, é 65 toneladas à tração para o ângulo de 85°

Tabela 3 - Lança 45 metros

Angulo	Raio	Carga max. elevada	Força exercida no cilindro c/ carga max.	Força exercida no cilindro s/ carga
°	M	ton	ton	ton
0	45,00	4,80	-98,94	1,37
5	44,83	4,81	-95,87	4,68
10	44,31	4,88	-93,03	7,98
15	43,45	4,98	-91,25	11,35
20	42,24	5,14	-89,61	14,74
25	40,71	5,34	-88,76	18,23
30	38,87	5,62	-88,11	21,73
35	36,71	5,97	-88,20	25,37
40	34,28	6,43	-88,60	29,01
45	31,57	7,02	-89,87	32,81
50	28,62	7,79	-91,64	36,64
55	25,44	8,81	-94,45	40,64
59,3	22,54	10,00	-98,14	44,38
65	18,50	10,00	-75,13	48,95
70	14,80	10,00	-52,61	53,31
75	10,97	10,00	-27,25	58,05
80	7,06	10,00	1,75	62,96
85	3,08	10,00	34,93	68,07



Como forma de resumo da Tabela 3, para o comprimento de lança de 45 metros verifica-se que:

- força de compressão no cilindro com uma carga de 4,8 ton na lança, é 98 ton à compressão para o ângulo de 0°
- força de tração no cilindro com uma carga na lança de 10 ton, é 35 toneladas à tração para o ângulo de 85°
- força de tração no cilindro sem carga na lança, é 1,3 toneladas à tração para o ângulo de 0°
- força de tração no cilindro sem carga na lança, é 68 toneladas à tração para o ângulo de 85°

Como forma representativa do referido ângulo da lança a Figura 29 mostra as posições de extremo de 0° e 85°

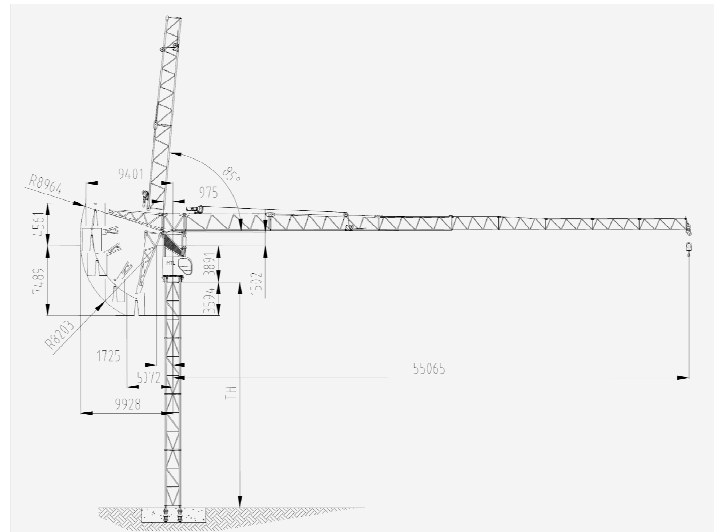


Figura 29- Ângulo da lança 0° e 85°

4.2 ÓLEO HIDRÁULICA

A solução óleo hidráulica convencional para movimentação de cargas onde não existe variação do sentido da força ou a carga passa de opositora a motora é bem dominada. Esta consiste normalmente no cilindro hidráulico, válvula direcional 4/3 (quatro vias e três posições), bomba, fonte de potência e acessórios, conforme esquema Figura 30 e respectiva legenda na Tabela 4.

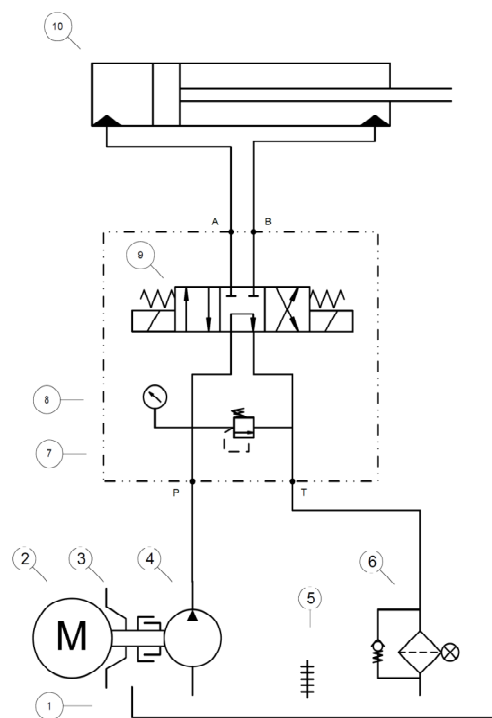


Figura 30 - Esquema hidráulico convencional

Tabela 4 - Legenda esquema convencional

Nº	Descrição
1	Depósito
2	Motor elétrico
3	Luneta + união de veios
4	Bomba de debito fixo
5	Nível de óleo
6	Filtro de retorno
7	Base com limitadora de pressão
8	Manómetro de pressão
9	Válvula direcional 4/3 c/ atuação elétrica
10	Cilindro hidráulico

Tendo em linha de conta que o sentido da força no cilindro podia variar, foi necessário fazer um *update* no esquema como mostra a Figura 31 e respetiva legenda na Tabela 5, incluindo uma válvula para controlo de movimento por forma que não ocorresse um fenómeno chamado cavitação.

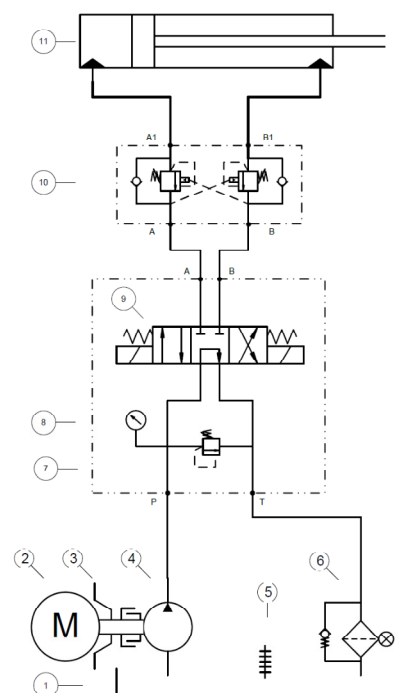


Figura 31 - Esquema com válvula para controlo de movimento

Tabela 5 – Legenda com válvula controlo movimento

Nº	Descrição
1	Depósito
2	Motor elétrico
3	Luneta + união de veios
4	Bomba de debito fixo
5	Nível de óleo
6	Filtro de retorno
7	Base com limitadora de pressão
8	Manómetro de pressão
9	Válvula direcional 4/3 c/ atuação elétrica
10	Válvula controlo de movimento
11	Cilindro hidráulico

Após a introdução dos esquemas anteriores e com base nos valores da Tabela 2 e Tabela 3, o desenvolvimento do projeto da parte hidráulica tinha requisitos bem definidos que exigiam as condições ótimas de funcionamento com ou sem carga e independentemente do comprimento da lança que estivesse a ser usada e posição da mesma entre os 0° e 85° . O controlo do cilindro hidráulico, em posição, independentemente do sentido da força que lhe é aplicada, exigia um comando óleo hidráulico apurado. Acresce ainda que, devido ao elevado momento de inércia da lança, carga suspensa a uma distância muito grande e o efeito “tipo elástico” provocado pelos cabos de aço que suportam o guincho, é exigido um apertado e fino controlo dos movimentos, obrigando também a rampas de aceleração e desaceleração no movimento por intermédio de *joysticks* e bobines proporcionais. Tal permite uma reação rápida e ao mesmo tempo suave para melhor controlo por parte do operador. Face aos aspetos mencionados o autor teve necessidade de conceber, projetar e fabricar todo o sistema hidráulico de raiz. A Figura 32 mostra um resumo das principais características da grua, nomeadamente cargas e potências instaladas.

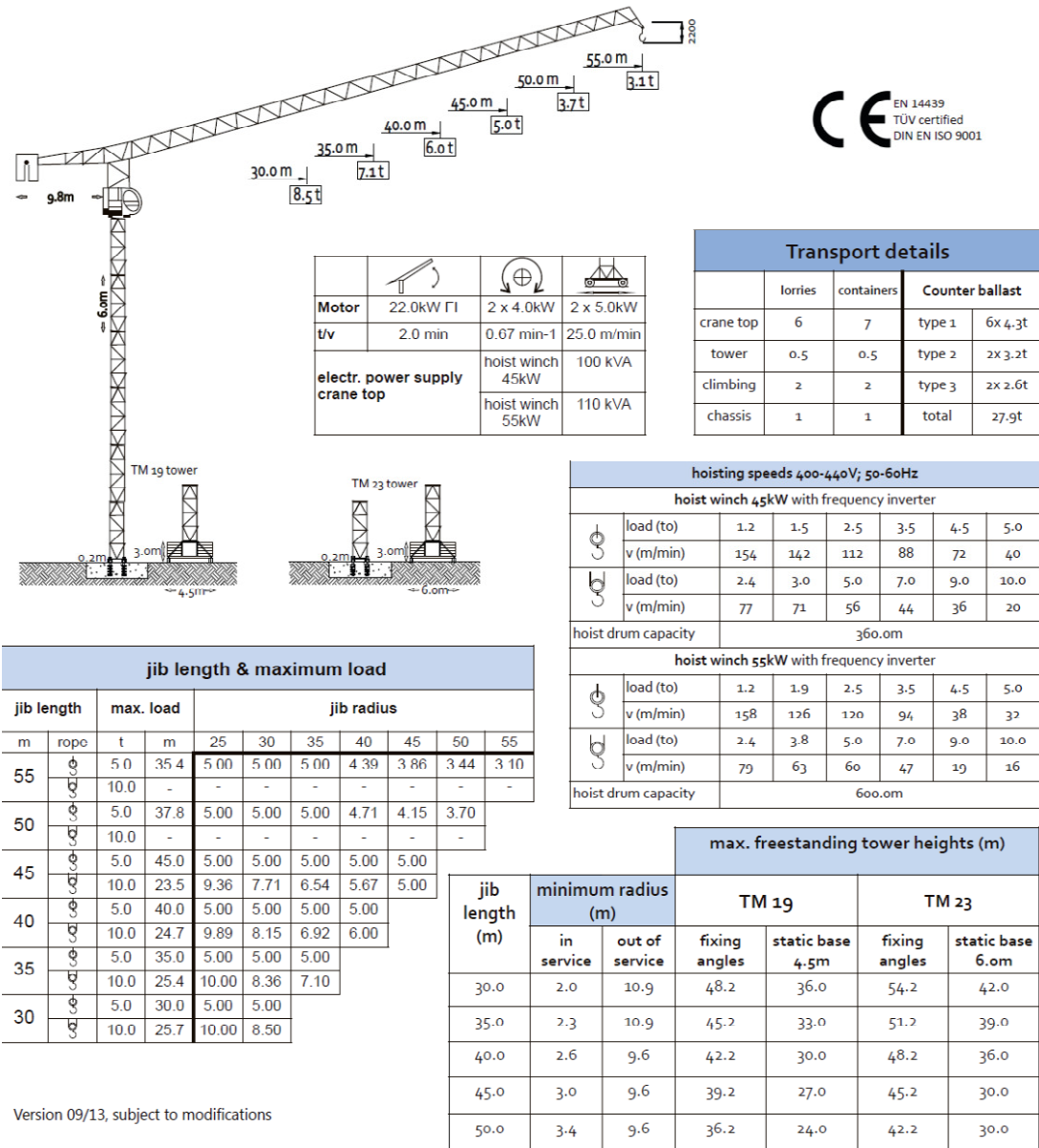


Figura 32- Resumo características grua Luffing

4.2.1 CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO

Com base nos requisitos definidos à partida (Tabela 6) e com auxílio de uma folha de cálculo criada pelo autor (ANEXO A) foram obtidos parâmetros para dimensionamento do sistema.

Tabela 6 – Resumo requisitos

Potência motor eléctrico	22 kW ≈ 30 cv
Força do cilindro camara positiva	100 ton
Força do cilindro camara negativa	80 ton
Tempo abertura/fecho cilindro	120 s

4.2.2.1 CILINDRO HIDRÁULICO

Mais uma vez a folha de cálculo ANEXO A tornou-se uma ferramenta indispensável para um rápido dimensionamento/projeto e conseqüente fabrico do cilindro hidráulico apresentado na Figura 33.

Depois do dimensionamento hidráulico para o cilindro 280 /180 x 3000, na referida folha de cálculo passou-se à verificação estrutural e conseqüente justificação das fórmulas ocultas na tabela para validação da solução.

Nesta etapa todos os elementos que constituem o cilindro foram dimensionados nos pontos que se seguem.

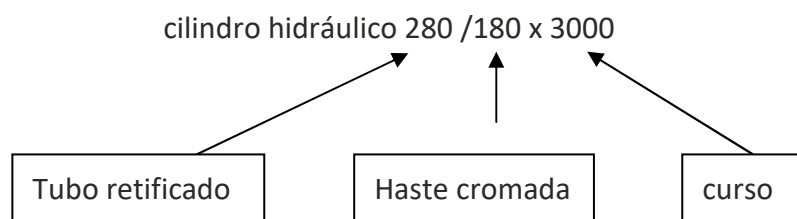


Figura 33- Cilindro hidráulico 280/180x3000

Elementos dimensionados:

- Tubo retificado: \varnothing 280x324 mm
Laminado a quente de acordo com DIN 2448/1629 em aço St52
 $\sigma = 345$ MPa

Área de um círculo é dada pela expressão 1

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (1)$$

$$A = \frac{\pi \cdot 28^2}{4}$$

$$A = 615 \text{ cm}^2$$

- P_{adm} Pressão admissível do tubo é dada pela expressão 2 onde σ é a tensão limite elástico, e a espessura do tubo, CS o coeficiente de segurança, d o diâmetro interior do tubo e como o sistema de unidades não é coerente deve ser corrigida com a constante **0,05**

$$P_{adm} = \frac{\sigma \cdot e}{CS \cdot d \cdot 0,05} \quad (2)$$

$$P_{adm} = \frac{345 \cdot 22}{2 \cdot 280 \cdot 0,05}$$

$$P_{adm} = 271 \text{ bar}$$

- Haste cromada: 180mm
Para o cálculo da força máxima na haste foi calculado momento de inércia de uma seção circular dado pela expressão 3 e usado o método de Euler dado pela expressão 4, onde λ é o comprimento livre entre apoios do cilindro

$$J = \frac{dh^4 \cdot \pi}{64} \quad (3)$$

$$J = \frac{18^4 \cdot \pi}{64}$$

$$J = 5150 \text{ cm}^4$$

$$f_{max} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{\lambda^2 \cdot CS} \quad (4)$$

$$f_{max} = \frac{\pi^2 \cdot 21000000 \cdot 5150}{460^2 \cdot 2}$$

$$f_{max} = 2520000 \text{ N} \approx 252 \text{ ton}$$

- Rótula frontal CARGA ESTATICA / DINAMICA

Por consulta de catálogo do fornecedor Pavarini em ANEXO B foi selecionada a rótula com referência TAPR140UGAS

Cargas estática – 1080 kN

Cargas dinâmica – 3350 kN

- Área da camara negativa ou coroa A_2 é dada pela expressão 5 onde D o diâmetro exterior do tubo e dh o diâmetro da haste

$$A_2 = \frac{\pi^2 \cdot D^2}{4} - \frac{\pi^2 \cdot dh^2}{4} \quad (5)$$

$$A_2 = \frac{\pi^2 \cdot 28^2}{4} - \frac{\pi^2 \cdot 18^2}{4}$$

$$A_2 = 361 \text{ cm}^2$$

- Tampa da frente/parafusos. Dado que espessura do tubo é de 22 mm e por experiência será usado um parafuso M16. Por consulta de tabela de parafusos ANEXO C [23] e pela expressão (6).

Parafuso M16x1,5 classe 12.9

Resistência à tração $T = 1220 \text{ N/mm}^2$

Secção transversal $A_t = 157 \text{ mm}^2$

Coefficiente segurança $CS = 2$

$$\frac{T}{CS} = \frac{F_{tr}}{A_t} \quad (6)$$

$$F_{tr} = \frac{1220 \cdot 157}{2}$$

$$F_{tr} = 95770 \text{ N} \quad (\text{por parafuso})$$

Dado que a pressão admissível para o tubo obtida pela expressão 2 era de 271 bar, o calculo deve ser efetuado com base neste valor ou seja força máxima no avanço do cilindro é de 166 ton = 1660000 N o número mínimo de parafusos n_p é dado por:

$$n_p \geq \frac{1660000}{95770}$$

$$n_p \geq 17,3 \text{ parafusos} = 18 \text{ parafusos}$$

- O diâmetro do moente é de 120 mm, sendo que o cálculo da área é dado pela expressão 7 e o cálculo de resistência ao corte do mesmo é dado pela expressão 8e 9.

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (7)$$

$$A = \frac{\pi \cdot 12^2}{4}$$

$$A = 113 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{inst} = \frac{F_{cil}}{A \cdot 2} \quad (8)$$

$$\tau_{inst} = \frac{1660000}{266}$$

$$\tau_{inst} = 6240 \text{ N/cm}^2 \approx 62 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_{ced}}{\sqrt{3} \cdot CS} \quad (9)$$

$$\tau_{adm} = \frac{350}{\sqrt{3} \cdot 2}$$

$$\tau_{adm} = 123 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{inst} \leq \tau_{adm}$$

$$62 \leq 123 \text{ N/mm}^2$$

A Figura 34 mostra o desenho do cilindro hidráulico e a Tabela 7 os respectivos elementos constituintes (ANEXO D):

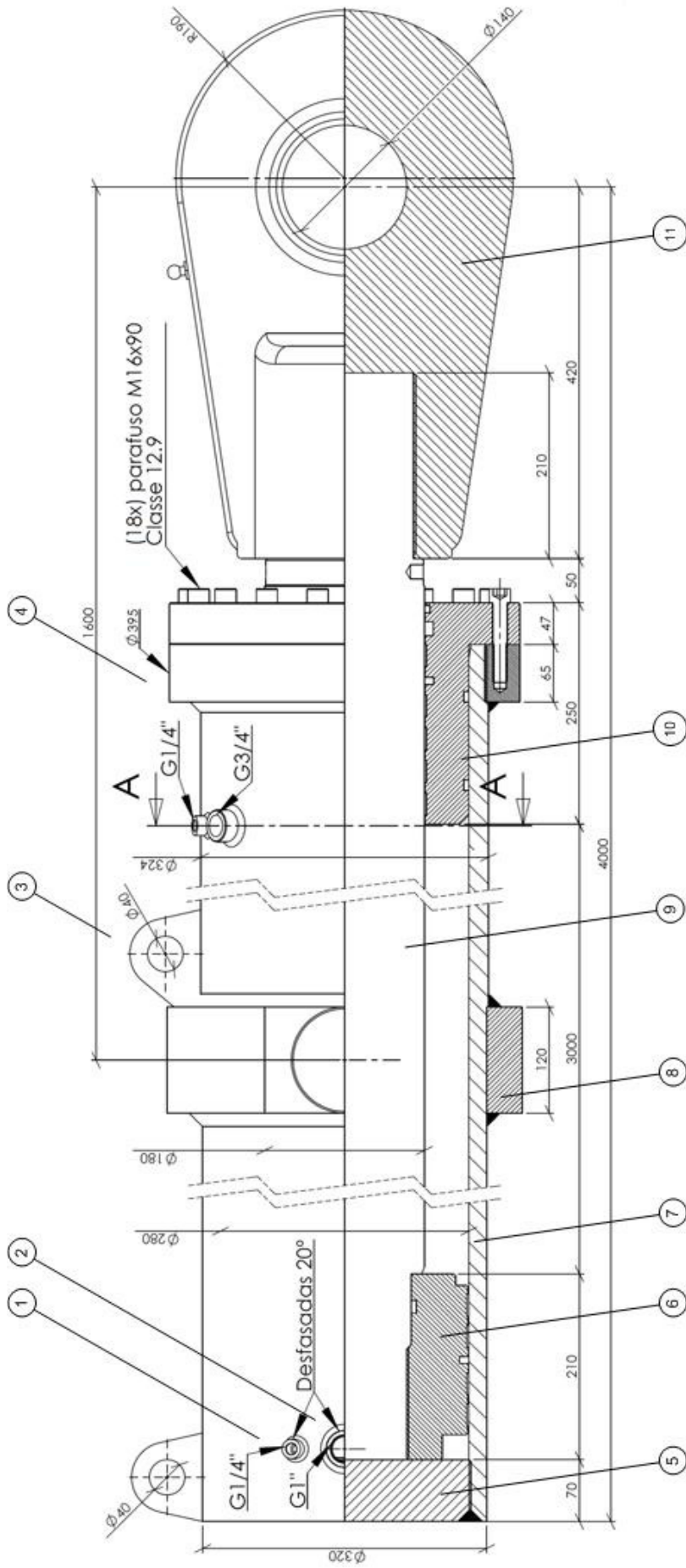


Figura 34 - Cilindro hidráulico em corte

Tabela 7 - Lista peças do cilindro hidráulico

	Descrição	Referência/Fabricante
1	Portade 1/4" para tomada de manómetro	Teclena
2	Portade 1" para entrada de óleo	Teclena
3	Olhal suspensão para transporte	Teclena
4	Gola de reforço para aperto da tampa frontal	Teclena
5	Tampa traseira	Teclena
6	Embolo com respetivos vedantes	Teclena
7	Tubo retificado interior DIN 2448/1629 em aço St52 H8	STELMI
8	Moente de apoio/fixação cilindro	Teclena
9	Haste cromada CK4520 MIF7	STELMI
10	Tampa da frente com respetivos vedantes	Teclena
11	Olhal com rotula Ø 140Gola de reforço para aperto da tampa frontal	TAPR140UGAS/PAVARINI

4.2.2.2 GRUPO HIDRÁULICO

No que diz respeito ao grupo hidráulico, o seu layout/forma construtiva também foi alvo de análise e projeto pelo autor, dado que também era necessário obedecer a alguns requisitos e restrições.

Numa análise prévia de projeto verificou-se que o posicionamento do grupo hidráulico não poderia estar na base da grua dado que o comprimento das mangueiras provocava uma perda de carga no circuito que colocaria em causa o seu bom funcionamento.

Pelo motivo referido este elemento foi instalado junto à cabine do operador, algures entre a torre e a lança, como mostra a Figura 35.



Figura 35 - Localização grupo hidráulico

Um primeiro ponto era respeitar uma forma física que não impedisse a circulação de pessoas. Por outro lado o fato do seu peso ultrapassar os 300 kg sem óleo, obrigou a incluir olhais de forma a facilitar o seu manuseamento na montagem e desmontagem da grua. A Figura 36 mostra uma vista geral do mesmo.



Figura 36- Vista geral grupo hidráulico

A Figura 37 e a Figura 38 mostram pormenores da montagem interior e elementos do exterior, respetivamente.



Figura 37 - Elementos interiores

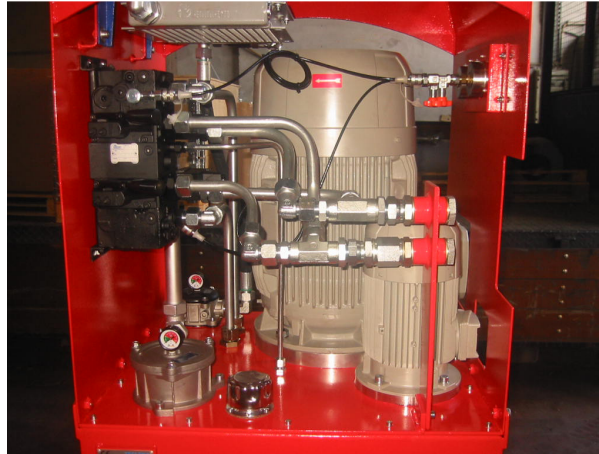


Figura 38 - Pormenor elementos exteriores

No que respeita aos cálculos, a potência de acionamento foi calculada pela expressão 10, onde P é pressão em *bar*, p é potencia em *cv* e \dot{Q} é caudal volúmico em *l/min*, e como o sistema de unidades não é coerente deve ser corrigida com a constante 450.

Dados obtidos da folha de cálculo ANEXO A

$$\dot{Q} = 80 \text{ l/min (1500 rpm)}$$

$$P = 200 \text{ bar}$$

Cálculo da potência necessária:

$$p = \frac{P \cdot \dot{Q}}{450} \quad (10)$$

$$p = \frac{200 \cdot 80}{450}$$

$$p = 34,5 \text{ cv}$$

Face aos valores obtidos na Tabela 2 e na Tabela 3 as forças necessárias no cilindro impedem que o valor da potência máxima estabelecida para esta aplicação seja 22 kW \approx 30 cv, bem como o tempo de abertura/fecho do cilindro seja 120s. Por esta razão o grupo hidráulico foi reanalisado por forma a obter o maior rendimento possível do conjunto motor bomba e conseqüentemente pressão.

Esta alteração de projeto teria à partida duas alternativas: a aplicação de uma bomba de débito variável, o que implicaria um custo muito elevado, ou a aplicação de uma bomba dupla de carretos, que representaria face à solução anterior aproximadamente um quinto do valor, sem colocar em causa o bom funcionamento do sistema. Como o fator económico era um ponto importante, a solução passou pela divisão do caudal em dois (duas bombas ou bomba dupla) permitindo que o valor da pressão definida inicialmente pudesse passar para o dobro.

Este valor pode ser justificado pela expressão 11, tendo como incógnita a pressão:

Novos dados

$$\dot{Q} = 40 \text{ l/min (1500 rpm)}$$

$$p = 22 \text{ kW} \approx 30 \text{ cv}$$

$$P_{max.} = \frac{p \cdot 450}{\dot{Q}} \quad (11)$$

$$P_{max.} = \frac{30 \cdot 450}{40}$$

$$P_{max.} = 337,5 \text{ bar}$$

Contudo esta alteração não solucionou a questão do tempo de ciclo que estava definido como 120 s e para tal o autor incluiu um variador de velocidade, que será justificado nos pontos seguintes.

4.2.2.3 ESQUEMA HIDRÁULICO

Esta secção é destinada a um dos principais focos do trabalho:

- a apresentação e análise do esquema hidráulico da Figura 39, Tabela 8 e ANEXO E, bem como algumas das tomadas de decisão do autor no que respeita à inclusão e seleção de determinados componentes.

Tabela 8 - Legenda esquema hidráulico grua Luffing

Nº	Descrição
1	Motor elétrico 22kW
2	Luneta Ø350 Gr3 + União 110/48/Gr3
3	Bomba dupla carretos Gr3 25+25cc
4	Nível óleo
5	Filtro retorno c/ indicador MPF
6	Nível elétrico 400 mm NO
7	Bocal enchimento e respiro
8	Filtro retorno MPF
9	Bomba carretos Gr2 18cc
10	Luneta Ø200 Gr2 + União 63/28/Gr2
11	Motor 1,1Kw, 1500rpm, B5
12	Refrigerador. Ar / Óleo
13	Termóstato regulável 0-90°C
14	Depósito 150 L STD
15	Distribuidor HPV41/1 prop. 12vdc
16	Manômetro RV; 0-400 bar; D63
17	Válvula sustentação de carga ¾"
18	Cil. Hid. 280/180x3000

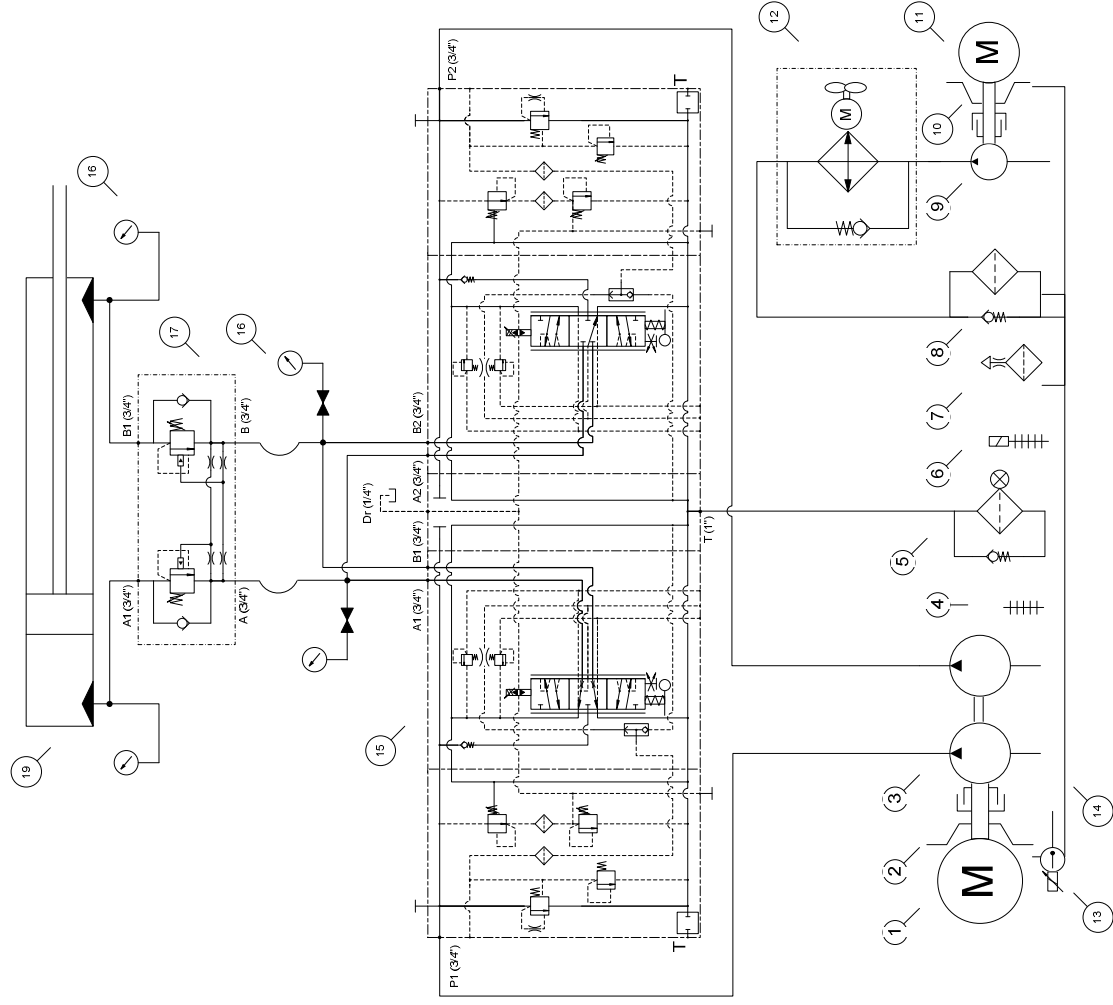


Figura 39 - Esquema hidráulico grua Luffing

- 3 - Bomba de carretos dupla
Esta tomada de decisão conforme referido anteriormente permitiu que uma das bombas permanecesse no estado de by pass, “libertando” assim o motor de forma a poder alcançar uma pressão mais alta quando o sistema necessita de mais força para fazer o movimento. Por outro lado quando o sistema necessita de velocidade e menos força o sistema usa as duas bombas em paralelo.

- 9 a 11 – Grupo de refrigeração
Este conjunto tem dupla função:
 - a primeira, promover a circulação do óleo e conseqüente subida de temperatura, caso a temperatura do óleo seja inferior à temperatura mínima para funcionamento do equipamento.
 - a segunda, promover o arrefecimento do óleo caso a temperatura do mesmo alcance a temperatura máxima.

- 13 – Termostato
Este componente permite controlar a dupla função do grupo de refrigeração.

- 15 e 16 - Distribuidor duplo com bobines proporcionais
É através deste componente que as bombas passam para condição de bypass sempre que não é solicitado movimento do cilindro e pelo facto de cada uma das bombas estar ligado a cada um dos distribuidores também é possível colocar cada uma das bombas na condição de bypass de forma independente.
Este componente é um conjunto de peças que é configurado em função da necessidade. Em linhas gerais fazem parte do mesmo a tampa de entrada, corpo da seção, comando de acionamento manual/elétrico, gaveta do distribuidor (que pode ser selecionada em função do caudal que desejarmos) e tampa de saída.
Neste caso em particular dado que o sistema necessitava de dois distribuidores, foi desenvolvida uma tampa de saída intermédia de forma a otimizar o espaço e melhorar o aspeto físico. A Figura 40 mostra a configuração final do distribuidor.

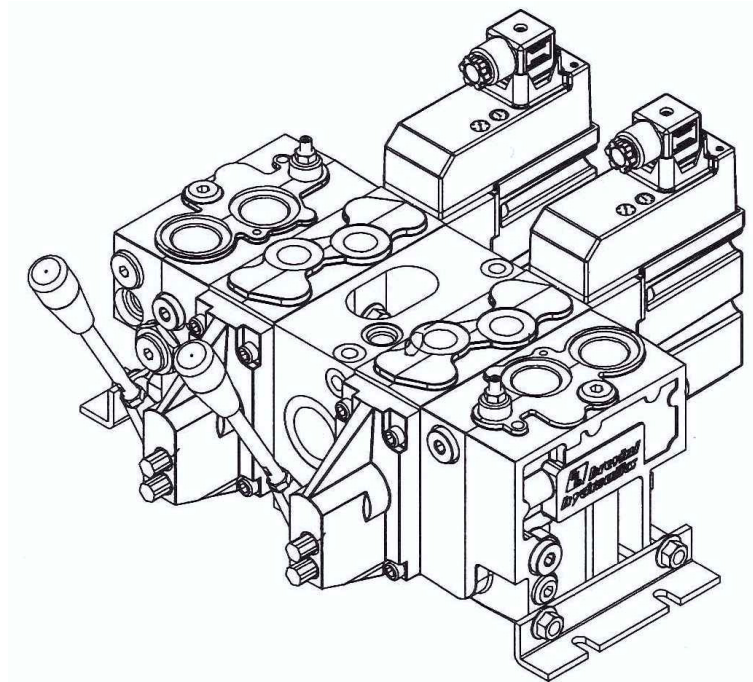


Figura 40 - Desenho distribuidor HPV41

De referir que a regulação de caudal é obtida pela combinação da variação de tensão na bobine e conseqüente posicionamento da gaveta. Importante salientar que o excedente de caudal, retorna ao tanque através de um terceiro orifício existente em cada uma das duas vias em A e B de cada gaveta conforme mostra a Figura 41.

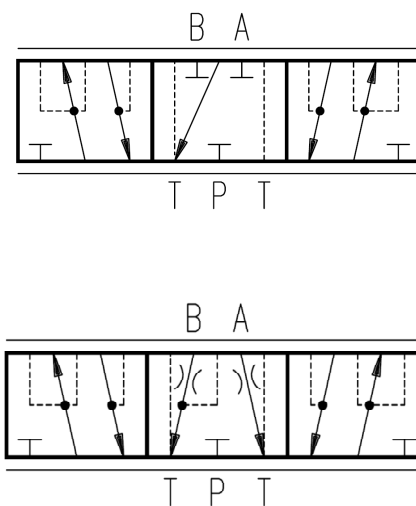
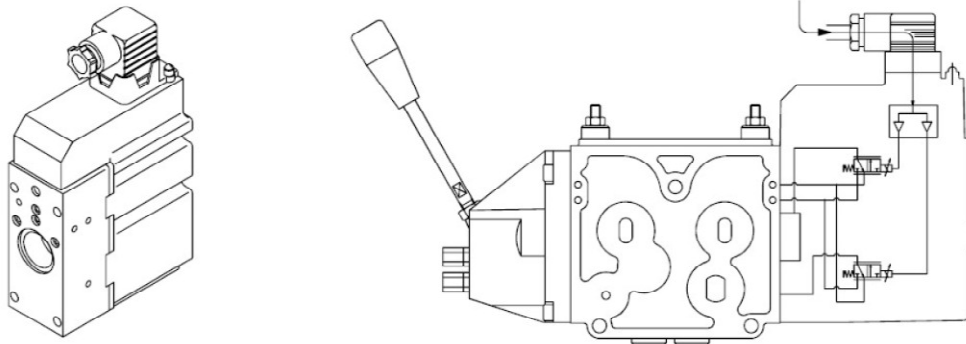


Figura 41- Esquemas com a A e B aberto e fechado

A Figura 42 mostra um resumo de características e princípio de funcionamento da bobine versus joystick.

No caso da bobine de 24vdc a posição central ou ponto neutro é 50 % da tensão de alimentação ou seja 12 vdc e o intervalo de variação de sinal (tensão) está entre 6 e 12 vdc para a saída A, e 12 a 18 vdc para a saída B.



Tensione nominale / <i>Rated voltage</i>		12 V _{DC}	24 V _{DC}
Tensione di alimentazione / <i>Power supply voltage</i>		11 ÷ 15 V	20 ÷ 28 V
Max. ripple		5 %	
A	Segnale di riferimento / <i>Input signal control</i>	Posizione neutra / <i>Neutral position</i>	
		0.5 x U _{DC}	
		Intervallo di regolazione / <i>Control range</i>	
		0.25 x U _{DC} to 0.75 x U _{DC}	
	Max. segnale di riferimento in corrente / <i>Max. current signal control</i>	0.5 mA	1 mA
	Impedenza di ingresso riferita a / <i>Input impedance in relation</i> 0.5 x U _{DC}	12 kΩ	

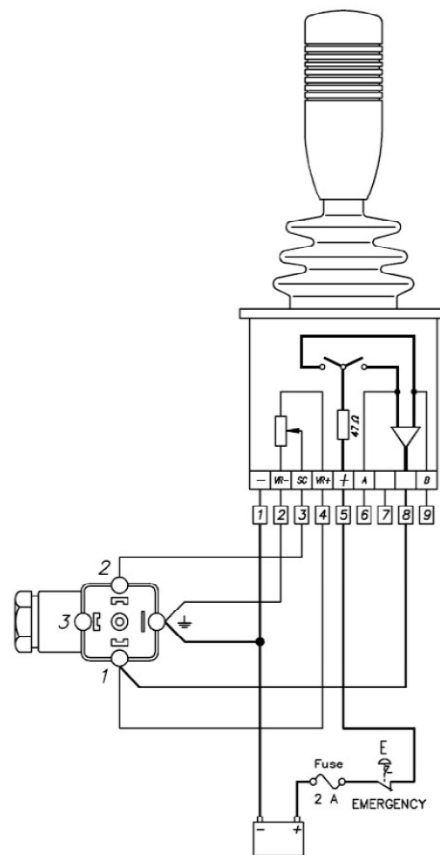


Figura 42 - Resumo de características bobine e joystick

- 17 - Válvula de controlo de movimento Figura 43 (também conhecida por válvula de sustentação ou válvula de contra balanço).
É através desta válvula que tal como indica o nome, permite efetuar o controlo de movimento de cilindro, ou seja, no estado de repouso, funciona como um travão permanente e tem como principal objetivo minimizar ou evitar fenómenos de cavitação, por outras palavras, sempre que a força passa de opositora a motora esta válvula evita que o operador perca o controlo do movimento.
Nos pontos seguintes será explicado o princípio de funcionamento desta válvula.

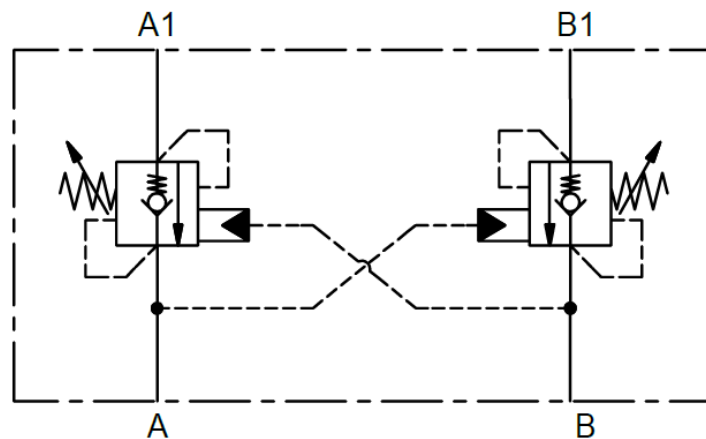


Figura 43 - Esquema de válvula sustentação

No que respeita à forma de aplicação, esta deverá ser sempre aplicada no cilindro por intermédio de ligações rígidas, normalmente por tubo de aço (conhecido na área da óleo hidráulica por tubo de circuito) ou até mesmo em algumas situações flangeada diretamente na entrada de óleo do cilindro. Esta preocupação deve-se a uma questão de segurança ou seja se esta ligação for feita por mangueiras, pode aumentar o risco de acidente caso haja o rebentamento da mesma.

4.3 AUTOMAÇÃO

A automação deste equipamento foi sem dúvida uma parte não menos importante do projeto e mesmo não sendo o foco principal deste trabalho o autor contribuiu para o desenvolvimento do mesmo de forma que existisse uma perfeita conjugação dos sistemas de acionamento.

Por esta razão serão abordados de uma forma sucinta alguns pontos, como por exemplo requisitos/necessidades e algumas tomadas de decisão.

A gestão de todos os componentes elétricos e eletrónicos pressupunha a utilização de um “cérebro” ou seja um autómato com um programa para garantir sequencias,

sincronismos e acima de tudo segurança de modo a que o operador seja auxiliado na prevenção de acidentes mesmo que de forma involuntária.

Conforme referido anteriormente no capítulo do cálculo/dimensionamento dos elementos do grupo hidráulico, verificaram-se diferenças quer na potência do motor, quer no tempo de ciclo (abertura/fecho cilindro) definida para o projeto e as necessárias obtidas por cálculo.

No sentido de ultrapassar estas diferenças foi utilizado um variador de frequência que permitisse aumentar a velocidade de rotação e potência disponível por aumento da corrente nominal.

Dado que na frequência de 50 Hz o tempo de ciclo era 215 segundos, ANEXO A, foi necessário aumentar a frequência para 80 Hz de modo a alcançar os 120 segundos, ANEXO F. Deste modo o défice de tempo de ciclo foi minimizado. A expressão 12 permite calcular a rotação do motor para 80 Hz onde n é a rotação do motor, fr frequência e pp o número de par de polos do motor.

$$n = \frac{fr \cdot 60}{pp} \quad (12)$$

$$n = \frac{80 \cdot 60}{2}$$

$$n = 2400 \text{ rpm}$$

Como se pretende uma elevada resolução no movimento do lança, é necessária uma elevada resolução na abertura/fecho do cilindro. Para tal foi necessário recorrer ao uso de joystick com potenciômetros como mostra a Figura 44 (ou mais comum na gíria da óleo hidráulica joystick proporcional). Sendo que este joystick combina duas funcionalidades:

- o comando de bobinas proporcionais conforme referido no capítulo de análise do esquema hidráulico e a variação de frequência do motor.

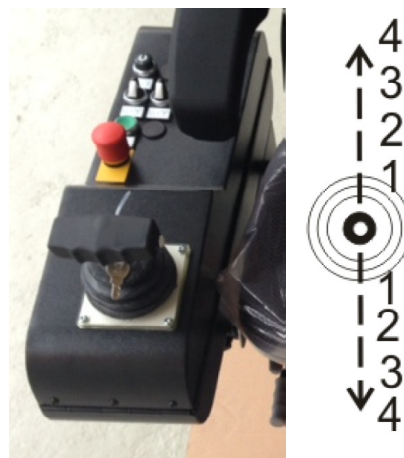


Figura 44 - Joystick e posições de acionamento

O gráfico da Figura 45 ajuda a interpretar o modo de funcionamento do sistema quer na variação de caudal da parte óleo hidráulica, quer da variação de velocidade no motor.

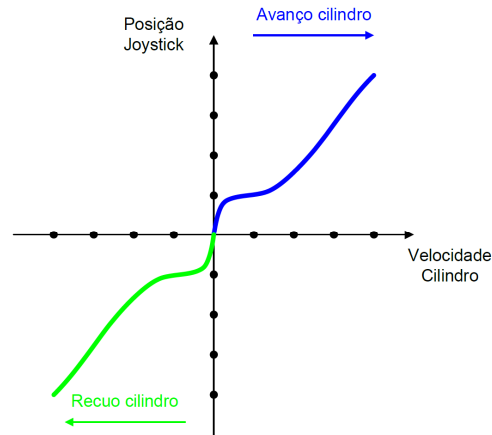


Figura 45 - Gráfico posição joystick vs velocidade do cilindro

No âmbito da automação existiu um componente que tomou posição de destaque: a consola de comando que pode ser vista na Figura 46 alguma da informação que pode ser fornecida ao operador.

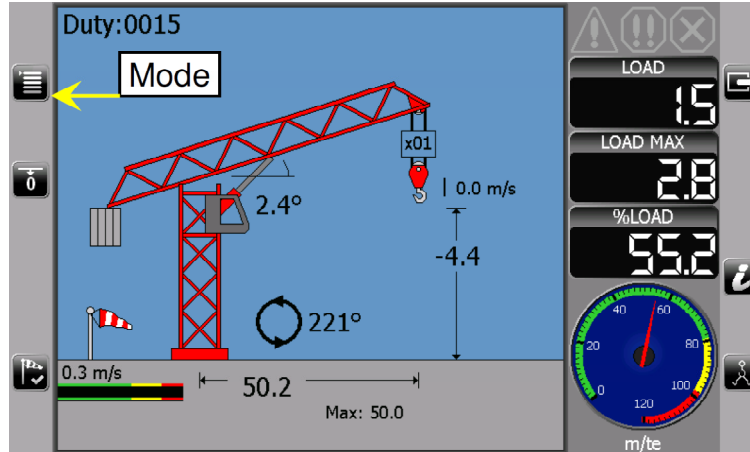


Figura 46 - Consola

Esta consola é conhecida na gíria por “caixa negra”, porque também guarda dados de utilização passada. Este componente é responsável pelo controlo/monitorização do sistema, permitindo gerir e guardar todos os dados passados, nomeadamente cargas, movimentos e posições. Este componente também recebe informação de GPS sabendo em cada instante a posição da lança e usa esta informação para garantir o cumprimento das normas e regulamentos.

Em alguns países, principalmente UK, não é permitida a invasão de espaço aéreo vizinho, assim como é exigido (em alguns casos) sistemas de anti colisão. A consola selecionada para este projeto é capaz de responder a estes requisitos, é programável e cumpre as seguintes normas:

- ZONING (work area limitation – WAL) que impede invasão do espaço aéreo vizinho pela grua evitando risco de acidentes por queda de cargas.
- ANTICOLLISION (AC) sistema que impede a colisão da lança ou contra lança da grua com outras guias, edifício vizinhos e com outros objetos que estejam no raio de ação da grua.

Alguns desses exemplos estão retratados na Figura 47.

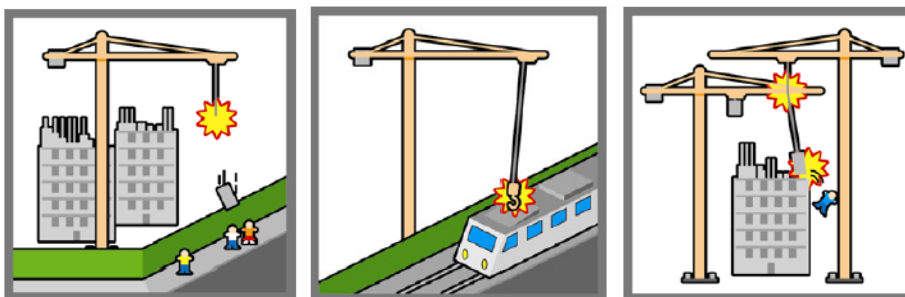


Figura 47 - Ilustrações de ZONING e ANTICOLLISION [24]

Esta problemática não é recente e real prova disso é a Figura 48.



Figura 48 - Problemática ZONING e ANTICOLLISION [25]

4.4 ESTRUTURA

No que diz respeito à estrutura, os pontos de fixação do cilindro hidráulico foram alvo de uma especial atenção tendo em consideração as elevadas forças descarregadas nestes pontos.

De acordo com a Figura 49, a letra A mostra o ponto de fixação da cavilha da rótula e a letra B os pontos de fixação do moente do cilindro.

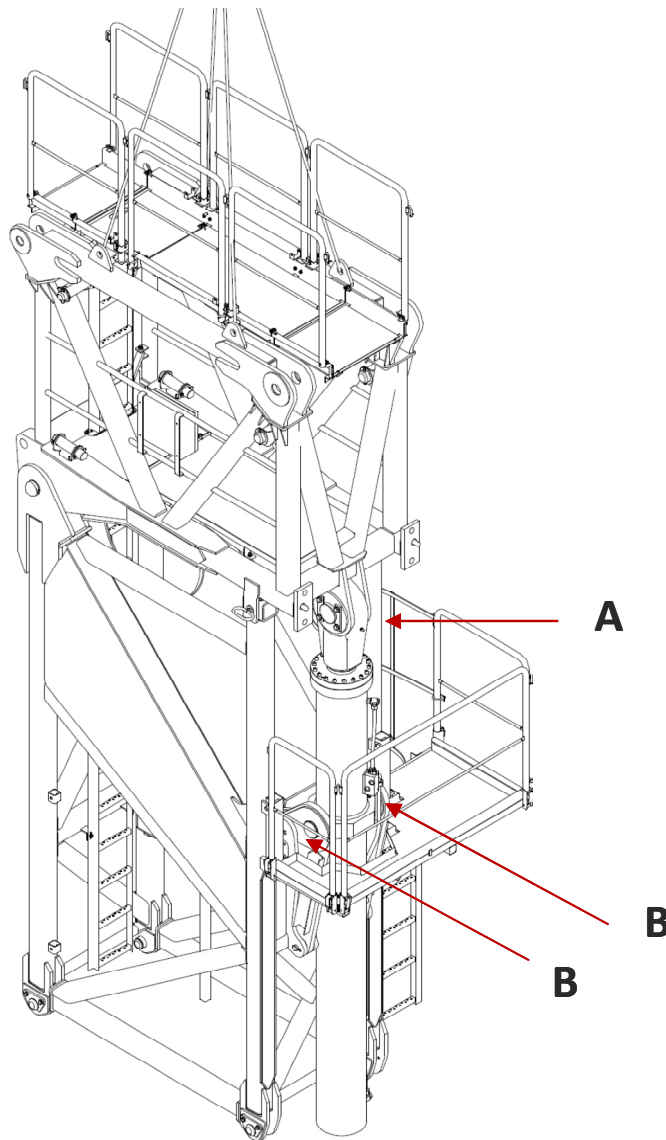


Figura 49 - Ponto de fixação cilindro hidráulico

Os valores fornecidos pelo autor para cálculo da estrutura foram obtidos através da folha de cálculo do ANEXO A.

CONSTRUÇÃO DA GRUA E ENSAIOS

5.1 CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DA GRUA

5.2 ENSAIOS REALIZADOS/FEEDBACK MERCADO

5 CONSTRUÇÃO DA GRUA E ENSAIOS

5.1 CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DA GRUA

Durante os primeiros ensaios realizados à primeira unidade construída, surgiram alguns problemas de funcionamento em simultâneo:

- Pouca sensibilidade no arranque e paragem;
- Dificuldade no controlo de movimento do cilindro;
- Em determinados ângulos e dependendo do valor da carga quando se efetuava a paragem surgia um efeito tipo mola por parte do cilindro (algo anormal na óleo hidráulica visto que o óleo é incompressível);
- Após ensaios da grua em contexto real, verificou-se que a pressão máxima alcançada pelo sistema hidráulico foi de 280 bar na camara negativa, na posição de 85° como mostra a Figura 50 (ou camara da frente) do cilindro que se traduz no movimento de fecho do mesmo, este valor foi um pouco maior do que o calculado, causado pela perda de carga provocada pela válvula;



Figura 50- Lança 85°

- Já no caso da pressão alcançada na camara positiva (ou câmara de trás), foi de 190 bar, esta diferença significativa está obviamente relacionada com as diferenças de áreas das duas camaras do cilindro;
- De referir que o *rapport* interno de pilotagem da válvula cria contra pressão, obrigando a um aumento de pressão.

5.2 ENSAIOS REALIZADOS/FEEDBACK MERCADO

Conforme referido no ponto anterior e após uma análise mais cuidada do sistema, verificou-se que os problemas de funcionamento eram provenientes da válvula de sustentação. Estas conclusões foram alcançadas fruto de experiências do autor noutras aplicações.

Dado que existe uma afinação na pilotagem da válvula como mostra a FIGURA 51 e TABELA 9, não é possível por um lado evitar o efeito retardador de pilotagem quando este regulador está demasiado apertado e por outro a forma brusca como a pilotagem acontece quando regulador está demasiado aberto.

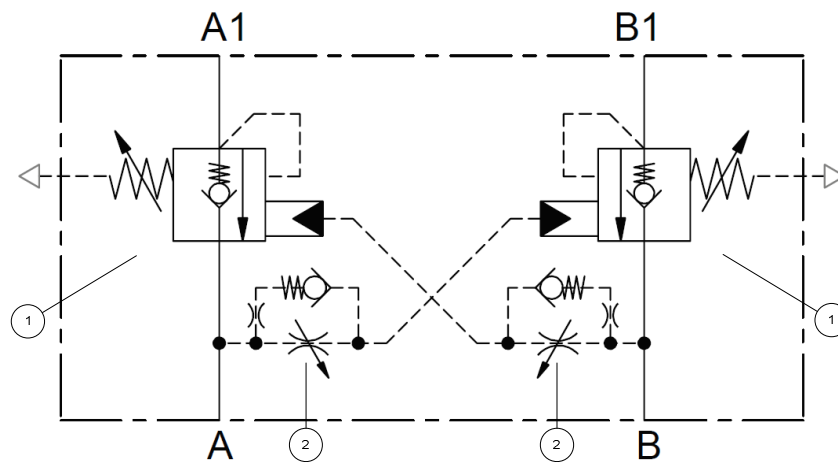


Figura 51 - 1ª versão da válvula de sustentação

Tabela 9 - Legenda 1ª versão da valvula de sustentação

1	Cartucho de sustentação
2	Piloto do cartucho de sustentação

De referir que neste tipo de válvulas existe um *rapport* de pilotagem e neste caso em particular é de 4:1 entre A1 / B e B1 / A, isto significa que para “libertar” 100 bar em A1, são necessários 25 bar em B.

Existindo uma diferença de valores com uma relação de quatro vezes, um *rapport* de pilotagem com afinação e uma amplitude de cargas considerável, torna o sistema de difícil controlo e promove o aparecimento de problemas:

Falta de sensibilidade no arranque e paragem uma vez que está dependente da pressão / carga no cilindro.

Efeito mola a quando da paragem uma vez que a válvula tem dificuldade em “trancar” visto que as portas da válvula direcional, são trancadas.

Como forma de resolução do problema e visto que a primeira grua se encontrava em testes e prestes a ser entregue ao cliente foi necessário desenvolver e fabricar um bloco que permitisse substituir pelo existente, com o mesmo layout e fixações como mostra a Figura 52.

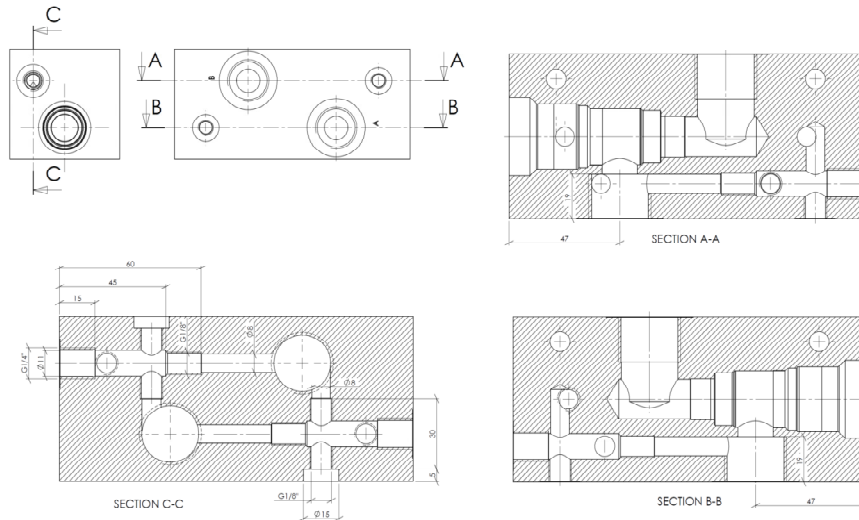


Figura 52- desenho do bloco desenvolvido

Criando também a possibilidade de conjugação e teste de diferentes esquemas e características de cartuchos como mostra a Figura 33 e a tabela do ANEXO G.

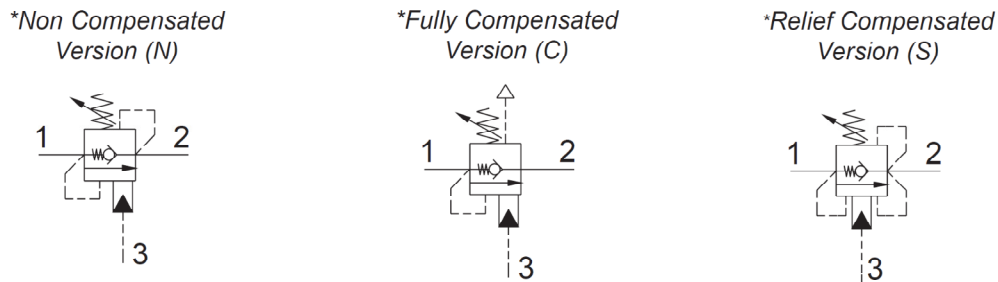


Figura 53 - diferentes versões de cartuchos de sustentação

Parte da solução alcançada foi possível pela utilização de cartuchos para válvula direcional de centros fechados, num circuito com válvula direcional de centros abertos. Dado que este tipo de cartuchos tem um *rappor* de pilotagem, foi necessário implementar uma solução que permitisse até certo ponto “equilibrar” o referido *rappor* para uma relação mais próxima do 1:1, tornando assim a grua mais reativa paragem/arranque.

Para tal foi usado o esquema da Figura 54 e ANEXO H como informação complementar.

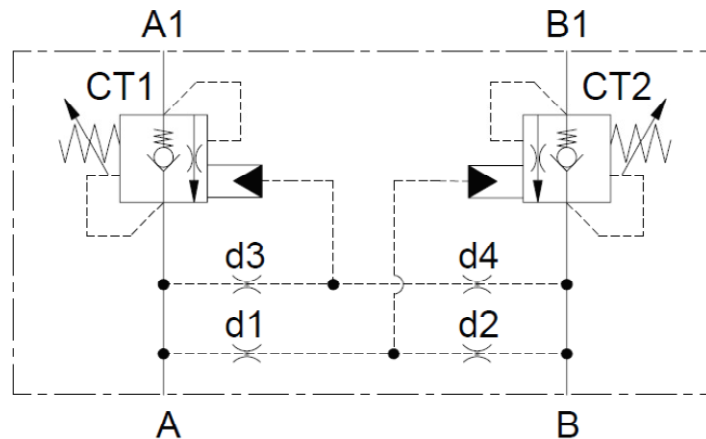


Figura 54 - 2ª versão de válvula sustentação

Nesta solução o autor ajustou o rapport de pilotagem com os giglers D1, D2, D3 e D4. Estes giglers tem duas dimensões de furos iguais sendo D1 igual a D4 e D2 igual a D3. Com este esquema foi possível pilotar o cartucho com uma relação mais próxima do 1:1.

Por exemplo nesta solução para “libertar” 100 bar em A1, são necessários aproximadamente 100 bar em B, dado que existe uma “fuga” em d1.

Eliminando assim problemas no arranque / paragem e o efeito mola, porque a grua se tornou mais reativa por outras palavras passou a reagir mais rapidamente às ordem do operador.

A Figura 55 mostra a evolução das duas versões anteriores, tornando-o numa válvula comercial conforme Figura 56, tendo esta sido desenvolvida em especial para este projeto em parceria entre a empresa Teclena e NEM que desenvolve, fabrica e comercializa válvulas para óleo hidráulica. Atualmente esta válvula está disponível para ser incluída nos próximos equipamentos ANEXO I.

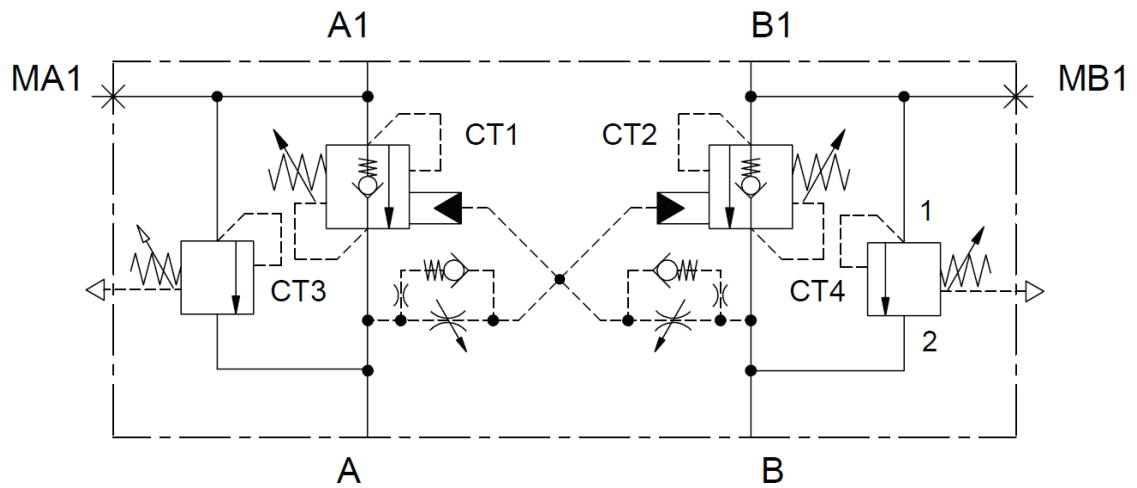


Figura 55 - Esquema 3ª versão válvula de sustentação



Figura 56 - 3ª válvula de sustentação

- A satisfação dos operadores pela facilidade de manobrar face à grua da concorrência;
- Potências instaladas mais baixas do que outros equipamentos com capacidades de carga semelhantes;
- Facilidade de alterar o comprimento da lança entre os 30 metros e os 55 metros sem necessidade de substituir, ajustar ou reprogramar a óleo hidráulica ou eletrônica;
- Preço do equipamento face a equipamentos semelhantes da concorrência

CONCLUSÕES

6.1 CONCLUSÕES

6.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

6 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

6.1 CONCLUSÕES

A tomada de decisão por um sistema de óleo hidráulica neste projeto revelou-se acertada mesmo que tenha obrigado a um grande investimento de tempo. Os requisitos de velocidade e precisão de posicionamento foram alcançados.

A inclusão de *joysticks* com potenciômetros, revelou-se também uma escolha acertada, uma vez que permitiu fazer ajustes finos de forma a encontrar o melhor equilíbrio no arranque, na passagem da primeira para a segunda bomba, bem como na paragem. Para além desta maior valia ainda permite efetuar *setup* de afinação em função do operador.

Sem dúvida que as válvulas direcionais com bobines proporcionais formaram o “par” perfeito para os *joysticks*, ora vejamos, as bobines proporcionais recebem sinal dos *joysticks* (variação de tensão) e através do autómato foi possível “desenhar” uma curva que varia a tensão em função do deslocamento do joystick e por sua vez faz deslocar a gaveta da válvula para que o caudal de saída seja o desejado e assim obter um movimento controlado do cilindro.

A válvula de sustentação foi o componente que se revelou mais difícil de selecionar, obrigando mesmo a experimentar diferentes versões de forma a compreender os fenómenos de mau funcionamento. Esta válvula tornou-se um elemento de análise e estudo tão profundo que foi desenvolvida uma nova válvula de raiz especialmente para esta aplicação. Esta válvula nasce da parceria com um atual fornecedor da Teclena, empresa Italiana de seu nome NEM que desenvolve, fabrica e comercializa válvulas para óleo hidráulica. Atualmente esta válvula está disponível para ser incluída no próximo equipamento.

Dado que o fator económico esteve sempre presente durante todo o projeto, sem nunca colocar em causa a qualidade ou mesmo a fiabilidade do equipamento, foi possível ultrapassar as expectativas permitindo desenvolver e comercializar uma grua conjugando conceitos inovadores para este tipo de equipamentos.

Com a constante evolução tecnológica e as apertadas regras de segurança, deixam transparecer que num futuro muito próximo será obrigatório incluir em qualquer modelo de grua um sistema anti colisão e anti invasão do espaço aéreo vizinho.

Após ensaios da grua em contexto real, verificou-se que a pressão máxima alcançada pelo sistema hidráulico foi de 280 bar na câmara negativa (ou câmara da frente) do cilindro que se traduz no movimento de fecho do mesmo, este valor foi um pouco

maior do que o calculado de 220 bar, este valor foi um pouco maior do que o calculado, causado pela perda de carga provocada pela válvula de sustentação.

Já no caso da pressão alcançada na câmara positiva (ou câmara de trás), foi de 190 bar, esta diferença significativa está obviamente relacionada com as diferenças de áreas das duas câmaras do cilindro.

Desde a construção do primeiro protótipo até hoje foram construídos cerca de 8 exemplares sendo que o mais antigo tem cerca de 4 anos e não apresentou avarias relevantes na sua operação. Porém as oportunidades de melhoria estão identificadas e preparadas para colocar em prática nas próximas unidades.

A solução alcançada satisfaz o cliente quer em características, quer no preço final.

6.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Estrutura

- Numa perspetiva continua e de evolução do produto seria interessante verificar a posição centro de gravidade em função do movimento da lança e apurar quer o posicionamento do cilindro hidráulico, que o posicionamento da articulação da lança e valor de contra peso no sentido de diminuir as variações e amplitude de força no cilindro hidráulico.

Grupo hidráulico

- Introduzir tampa de visita para facilitar trabalhos de manutenção e reparação.
- Otimizar o grupo motor bomba da parte de refrigeração para trasfega ou substituição do óleo no reservatório aquando de uma manutenção preventiva ou corretiva.

Cilindro hidráulico

- Alteração das entradas de óleo da versão atual (roscada) para uma versão flangeada de forma a aumentar o CS do tubo de circuito;

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

7.1 BIBLIOGRAFIA

7.2 REFERÊNCIAS WEB

7 REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA

7.1 BIBLIOGRAFIA

Adriano Almeida Santos & Antonio Ferreira da Silva (2002). Automação Pneumática. Publindustria, Edições Técnicas. Porto

Eng. Arivelto Bustamante Fialho (2004). Automação Industrial. Érica, Editora. São Paulo

Enrique Cabrera & Francisco Arregui (2010). Water Engineering and Management through Time, Taylor & Francis Group, London, UK.

Francisco Borrás Giral & César Caudevilla Navaz (2004). Operador de Grúa Torre

Luis Jiménez López (2005). Operador de Grúas Torre. CEAC, Editorial. Barcelona

K. + R. Gieck (1996). Manual de Fórmulas Técnicas. Emus, Editora. Lisboa

Teclena; Catalogo Aços–2014

Teclena; Catalogo Cilindros–2013

Teclena; Catalogo Geral–2008

Ulrich Fischer, et al (2011). Manual Tecnologia Metalomecânica. Blucher. São Paulo

7.2 REFERÊNCIAS WEB

[1] <http://www.itcranes.com/pt/> (30/8/17)

[2] <http://imagenesdemaquinariapesada.com/evolucion-de-la-tecnologia-historia-en-el-tiempo-de-gruas/#forward> (17/9/17)

[3] <http://www.histarmar.com.ar/InfGral-6/Cranes.htm> (17/9/17)

[4] <http://www.sitedecuriosidades.com/curiosidade/origem-e-funcionamento-do-guindaste.html> (17/9/17)

[5] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bundesarchiv_Bild_146-1971-042-88_Calais_Hafenanlagen.jpg (17/9/17)

[6] <http://www.baumaschinenbilder.de/forum/thread.php?threadid=47782>
(17/9/17)

[7] http://ghsa.pai.pt/?WT.srch=1&WT.mc_id=93256649_3379039_189063&adrecip=MatchCraft%20 (17/9/17)

[8] http://i01.i.aliimg.com/img/pb/813/969/274/274969813_781.jpg
(18/7/17)

- [9] <http://www.mecanica.com.br/novaimages/1277131?v=635943326544770000> (18/9/17)
- [10] <http://cabezza1.hospedagemdesites.ws/wpcontent/uploads/2016/01/85TON.jpg> (18/9/17)
- [11] http://marcovil.com/wpcontent/uploads/2016/05/foto_grua-coluna_1-copia.jpg (18/9/19)
- [12] <https://www.logismarket.pt/ip/spot-jet-troca-vertical-manual-de-baterias-troca-vertical-manual-de-baterias-spot-flag-477872-FGR.jpg> (18/9/19)
- [13] <https://www.liebherr.com/en/deu/products/mobile-and-crawler-cranes/crawler-cranes/lr-crawler-cranes/details/lr1100neu.html> (23/9/17)
- [14] <https://www.liebherr.com/en/deu/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/lm-mobile-cranes/details/lm1120091.html> (23/9/17)
- [15] <https://www.liebherr.com/en/deu/products/mobile-and-crawler-cranes/crawler-cranes/ltr-telescopic-crawler-cranes/details/ltr1100.html> (23/9/17)
- [16] <http://hispasur.com/servicios/exportacion/wp-content/uploads/2016/09/Gruas-y-automontantes.png> (19/9/17)
- [17] <http://www.itcranes.com/pt/> (17/9/17)
- [18] http://www.okorder.com/p/qtz5610-tower-crane-types-of-tower-crane-with-iso9001-certificate_823800.html (16/9/17)
- [19] https://www.google.pt/search?q=tower+crane&tbm=isch&tbs=ring:CVcm-0XORU5Jljhpt4S00GPOADTXSu08jNbWI6rD_1Xz-ceBUO2EmHKy1wiJnGXVU6xNP2wvKMIg27LM1sedbQnWoYCoSCWm3hLTQY84AEcmzPDBbqM-AKHjJNNdK7TyM1tYRBp1yc2e9GPMqEgkigsP9fP5x4BEQdP-6HWwSpioSCVQ7YSYcrLXCEbiqsFuc4z_1nKhIJlmcZdVTrE08RuKqwW5ziP-cqEgnbC8owiDbssxGGxCLlIR5dmCoSCTWx51tCdahgEXYXOz0DVw8T&tbo=u&sa=X&ved=0ahUKEwio0K-GwM3WAhUGuhoKHbDhABsQ9C8IHw&biw=1366&bih=588&dpr=1#imgrc=ehwEvTNBYdUtNM (18/9/17)
- [20] <https://constructionreviewonline.com/2015/08/cranes-in-construction/> (27/9/17)
- [21] <https://i.ytimg.com/vi/c9Ks4Uk3OXQ/hqdefault.jpg> (4/10/17)
- [22] https://www.google.pt/search?q=grua+torre&rlz=1C1CAFA_enPT754PT757&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjYwuXEk8rWAhWGPBQKHARtAxIQsAQIKg&biw=1366&bih=589#imgrc=r4fLkHi-ciJviM (28/9/17)
- [23] <http://www.indufix.com.br/classe-de-resistencia-de-parafusos/> (1/10/17)

-
- [24] http://www.en.smie.com/api_website_feature/files/download/858/E-AC-WAL-concept.pdf (17/9/17)
- [25] <http://www.khl-itc.com/assets/duncan-salt.pdf> (28/9/17)

ANEXOS

ANEXO A – FOLHA CÁLCULO 50 HZ

ANEXO B – CATÁLOGO PAVARINI

ANEXO C – TABELA PARAFUSOS

ANEXO D – DESENHO CILINDRO HIDRÁULICO

ANEXO E – ESQUEMA HIDRÁULICO

ANEXO F – FOLHA CÁLCULO 80 HZ

ANEXO G – INFORMAÇÃO CARTUCHOS SUSTENTAÇÃO

ANEXO H – INFORMAÇÃO VÁLVULA SUSTENTAÇÃO V2

ANEXO I – INFORMAÇÃO VÁLVULA SUSTENTAÇÃO V3

8 ANEXOS

ANEXO A – Folha cálculo 50 Hz

CALCULO VOLUME CILINDRO

DIAM INTERIOR (mm)	AREA TUBO (cm2)	CURSO (mm)	HASTE (mm)	AREA NEG (cm2)	V+ (Its)	V - (Its)	V tot (LTS)	RELAÇÃO
280	615,75	3000	180	361,41	184,73	108,42	293,15	1,70

CALCULO PRESSAO TUBO

TENSAO ROTURA (N/mm2)	ESPESSURA TUBO (mm)	CS	DIAMETRO INTERIOR (mm)	CONSTANTE	PRESSÃO MAX. (bar)	DIAMETRO EXT	CICLOS / h
355	22	2	280	0,05	278,93	324	16,64

PRESSAO	FORÇA	FORÇA	PRESSAO	FORÇA	PRESSAO
0	0,00	100000	162,40	70000	193,68

Nº CILINDROS	FORÇA CADA CIL (kg)	PRESSAO (bar)	AVANÇO	TEMPO	RECUI	TEMPO AVANÇO
			VEL CIL (mm/s)	AVANÇO	VEL CIL (mm/s)	
1	100000,00	162,4026234	22	136	37	81,1

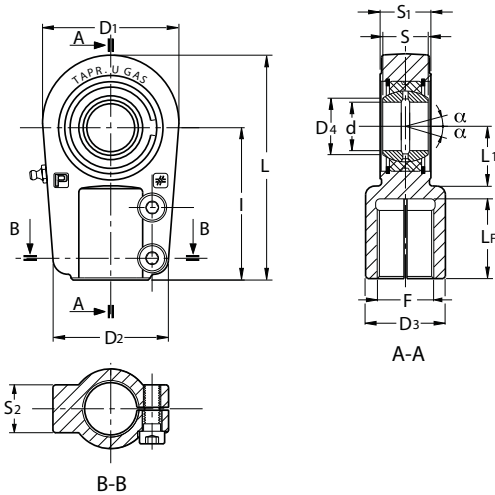
CALCULO POTENCIA MOTOR + CAUDAL BOMBA

AVANÇO	PRESSAO (bar)	FORÇA (kg)	CAUDAL (cc)	CAUDAL (Its)	POT (MOTOR) cv	CAUDAL ALTA (Its)	POT (MOTOR)
	162,40	100000,00	54,19	81,28	29,33	0,00	0,00
RECUI	PRESSAO (bar)	FORÇA (kg)	CAUDAL (cc)	CAUDAL (Its)	POT (MOTOR) cv	CAUDAL ALTA (Its)	POT (MOTOR)
	193,68	70000,00	53,49	80,23	34,53	0,00	0,00

CAUDAL BAIXA (Its)
81,28

CILINDRO 280/180x3000 - MTL220

ANEXO B – Catálogo Pavarini



TAPR...U GAS (CGAS)

TERMINALI A SNODO
SNODO SFERICO ISO 12240-1 SERIE E
RILUBRIFICABILI
ACCOPIAMENTO ACCIAIO SU ACCIAIO

ROD ENDS
SPHERICAL BEARING ISO 12240-1 SERIES E
WITH GREASE NIPPLE
COUPLING: STEEL/STEEL



SIGLA ARTICLE (*)	d	TOLLERANZA TOLLERANCE		S	D4	I	D1	D2	S1	S2	L	L1	D3	LF min	F	FATTORI DI CARICO LIMITE LOAD FACTORS		GIUOCO SNODO RADIALE RADIAL CLEARANCE	ANGOLO DI OSCILLAZIONE SHINGING ANGLE C°	VITE K UNI 5931 SCREW K UNI 5931	COPPIA DI SERRAGGIO VITI Nm SCREWS CLOSING COUPLE Nm	PESO IN Kg. WEIGHT Kg.
		d	S													C	Co					
mm.																KN	mm.	α°				
TAPR25UGAS	25	0+-0.010	0+-0.12	20	29.3	65	56	48	23	21	95	25	28	30	M18x2	48	76	0.037-0.100	8	M8x20	20	0.65
TAPR30UGAS	30	0+-0.010	0+-0.12	22	34.2	75	64	56	28	26	109	30	34	35	M24x2	62	112	0.037-0.100	7	M8x22	20	1.0
TAPR35UGAS	35	0+-0.012	0+-0.12	25	39.7	90	78	70	30	28	132	40	44	45	M30x2	80	180	0.037-0.100	7	M10x30	40	1.3
TAPR40UGAS	40	0+-0.012	0+-0.12	28	45.0	105	94	78	35	33	155	45	55	55	M39x3	100	295	0.043-0.120	7	M12x30	80	2.4
TAPR50UGAS	50	0+-0.012	0+-0.12	35	56.0	135	116	88	40	36	198	55	70	75	M50x3	156	445	0.043-0.120	7	M12x35	80	4.1
TAPR60UGAS	60	0+-0.015	0+-0.15	44	66.8	170	130	118	50	46	240	65	87	95	M64x3	245	530	0.043-0.120	7	M16x45	160	6.5
TAPR70UGAS(1)	70	0+-0.015	0+-0.15	49	77.8	195	154	138	55	51	278	75	105	110	M80x3	315	720	0.055-0.142	6	M16x50	160	9.5
TAPR80UGAS(1)	80	0+-0.015	0+-0.15	55	89.4	210	176	168	60	55	305	80	125	120	M90x3	400	890	0.055-0.142	6	M20x55	300	16
TAPR90UGAS(1)	90	0+-0.020	0+-0.20	60	98.1	250	206	180	65	60	363	90	150	140	M100x3	490	1300	0.055-0.142	5	M20x60	300	28
TAPR100UGAS(1)	100	0+-0.020	0+-0.20	70	109.5	275	230	188	70	65	400	105	170	150	M110x4	610	1490	0.065-0.165	7	M20x65	300	34
TAPR110UGAS(1)	110	0+-0.020	0+-0.20	70	121.2	300	264	210	80	74	442	115	180	160	M120x4	650	2050	0.065-0.165	6	M24x75	500	44
TAPR120UGAS(1)	120	0+-0.020	0+-0.20	85	135.5	360	340	240	90	84	540	140	210	190	M150x4	950	2970	0.065-0.165	6	M24x85	500	75
TAPR140UGAS(1)	140	0+-0.025	0+-0.25	90	155.8	420	380	256	110	105	620	185	230	210	M160x4	1080	3350	0.065-0.165	7	M30x105	1100	160
TAPR160UGAS(1)(2)	160	0+-0.025	0+-0.25	105	170.2	460	480	290	110	105	710	200	260	230	M180x4	1370	4300	0.100-0.192	8	M30x105	1100	185

(1) MATERIALE : GHISA SFEROIDALE.

(2) FORNIBILE SU RICHIESTA

(*) FORNIBILI ANCHE NELLA VERSIONE CON SNODO SFERICO RADIALE CON TENUTA 2RS, CON SNODO SRC... OPPURE SRL... . 'DISPONIBILITA' E PREZZO A RICHIESTA
E' POSSIBILE LA FORNITURA DI TERMINALI SPECIALI DOTATI DI SNODO SFERICO ESENTE DA MANUTENZIONE.
(VEDI CATALOGO SNODI SFERICI SERIE: SRB..., SRT...-2RS, SRLB..., SRLT...-2RS, SR...TGR, SR...TG3A...-2RS).
PERTANTO I PEZZI SARANNO PRIVI DI INGRASSATORE.

(1) MATERIAL: NODULAR CAST IRON

(2) AVAILABILITY ON REQUEST

(*) ALSO AVAILABLE WITH THE SPHERICAL BALL JOINT VERSION WITH 2RS, WITH BEARING SRC... OR SRL... . AVAILABILITY AND PRICES UPON REQUEST.
POSSIBLE TO SUPPLY SPECIAL ROD ENDS WITH MAINTANANCE FREE SPHERICAL BEARING.
(SEE THE SPHERICAL BEARINGS CATALOGUE FOR SERIES: SRB..., SRT...-2RS, SRLB..., SRLT...-2RS, SR...TGR, SR...TG3A...-2RS).
THESE ARTICLES ARE AVAILABLE WITHOUT GREASE NIPPLES .

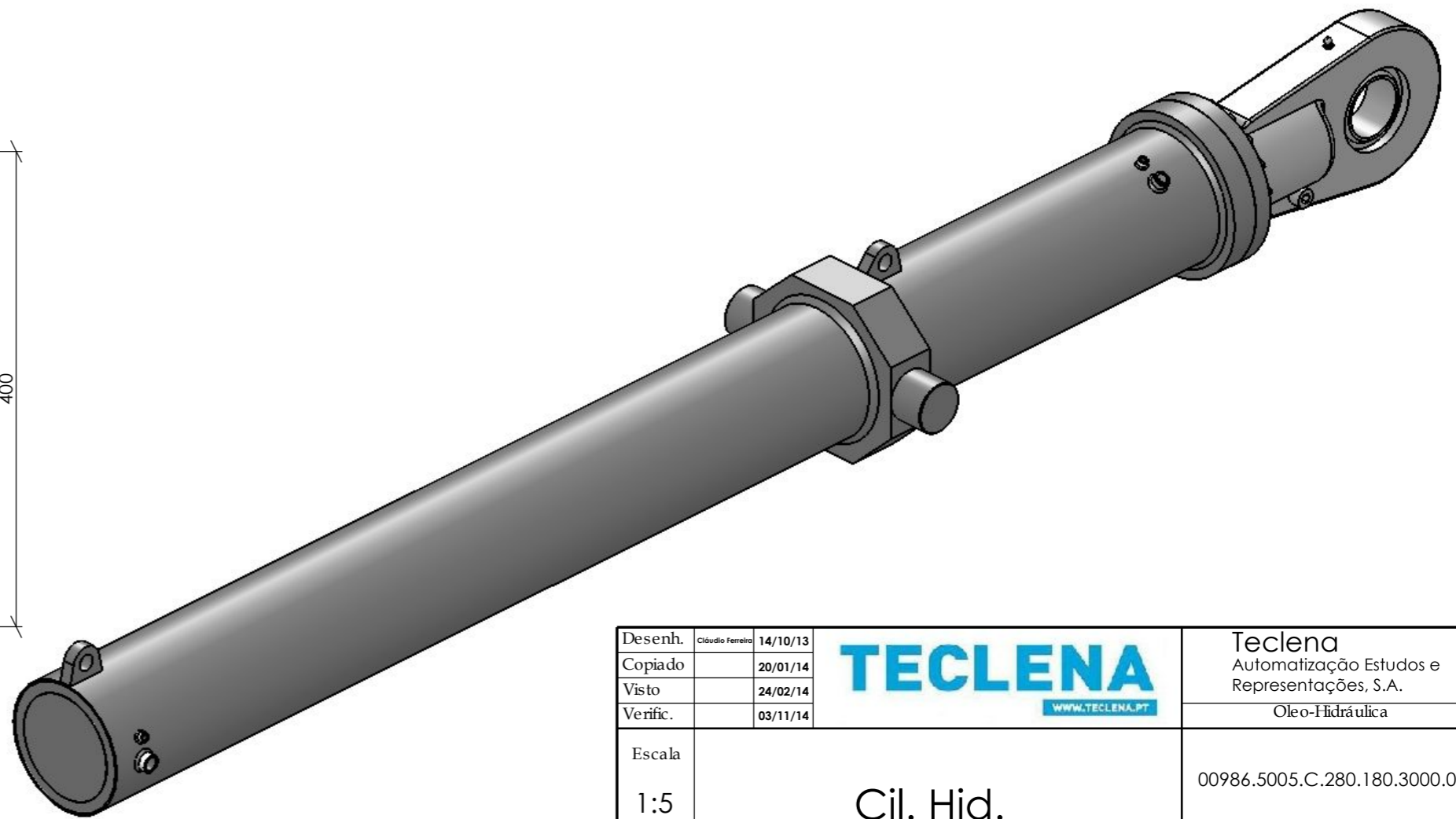
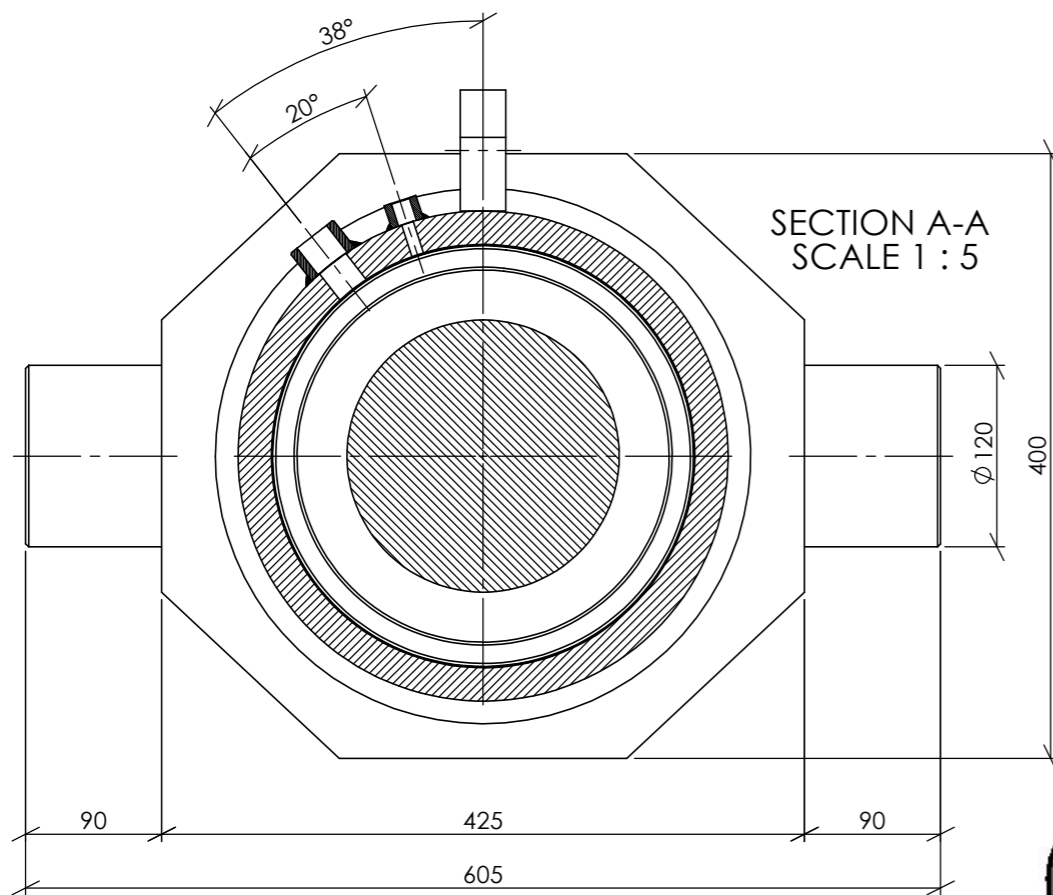
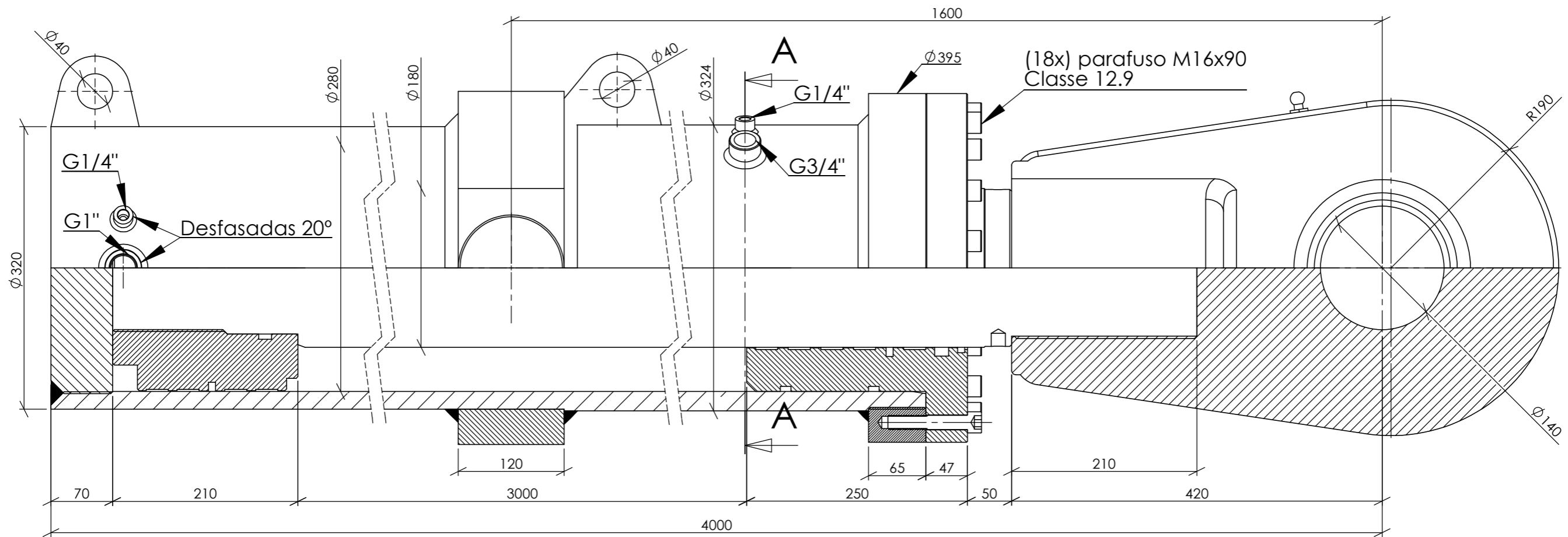
"FORNIBILI ANCHE INOX FINO ALLA DIMENSIONE D3 = 130MM"

"ALSO MADE OF STAINLESS STEEL UP TO THE DIMENSION D3=130MM"

ANEXO C – Tabela Parafusos

	8,8		10,9		12,9	
	Tensao	Torque	Tensao	Torque	Tensao	Torque
Rosca Métrica	N	N.m	N	N.m	N	N.m
M2x0,4	863	0,371	1216	0,523	1461	0,628
M2,3x0,4	1245	0,598	1755	0,842	2099	1,008
M2,6x0,45	1598	0,863	2246	1,213	2697	1,456
M3x0,5	2206	1,346	3109	1,896	3727	2,273
M3,5x0,6	2962	2,073	4168	2,918	5001	3,501
M4x0,7	3825	3,06	5374	4,299	6453	5,162
M5x0,8	6257	6,007	8806	8,454	10591	10,17
M6x1	8836	10,43	12405	14,64	14906	17,59
M7x1	12945	16,96	18191	23,83	21771	28,52
M8x1,25	16230	25,16	22751	35,26	27360	42,41
M10x1,25	25791	50,29	36284	70,75	43541	84,9
M12x1,75	37657	87,36	52956	122,9	63547	147,4
M14x2	51681	139,5	72667	196,2	87279	235,7
M16x2	71196	213,6	100027	300,1	120131	360,4
M18x2,5	86494	289,8	121602	407,4	146118	489,5
M20x2,5	111305	411,8	156415	578,7	187796	694,8
M22x2,5	139245	557	195642	782,6	234378	937,5
M24x3	160338	705,5	225552	992,4	270662	1191
M27x3	210842	1048	296159	1472	355980	1769
M30x3,5	255952	1408	359902	1979	432471	2379
M33x3,5	319695	1934	449142	2717	539363	3263
M36x4	374612	2487	527595	3503	632526	4200
M39x4	451104	3225	633506	4530	760992	5441
M42x4,5	515827	3977	725688	5595	870826	6714
M45x4,5	604087	5050	850232	7108	1019886	8526
M48x5	679597	6082	956144	8557	1147372	10269
M52x5	815909	7841	1147372	11026	1377827	13241
M56x5,5	940453	9705	1323891	13663	1588669	16395
M60x5,5	1098339	12060	1544540	16959	1853447	20351
M64x6	1245438	14559	1750478	20463	2098612	24533
M68x6	1425787	17608	2005013	24762	2406016	29714
M72x6	1620036	21077	2278175	29639	2733810	35567
M76x6	1826672	20764	2568758	29199	3082510	35039
M80x6	2045697	29294	2876762	41195	3452115	49434

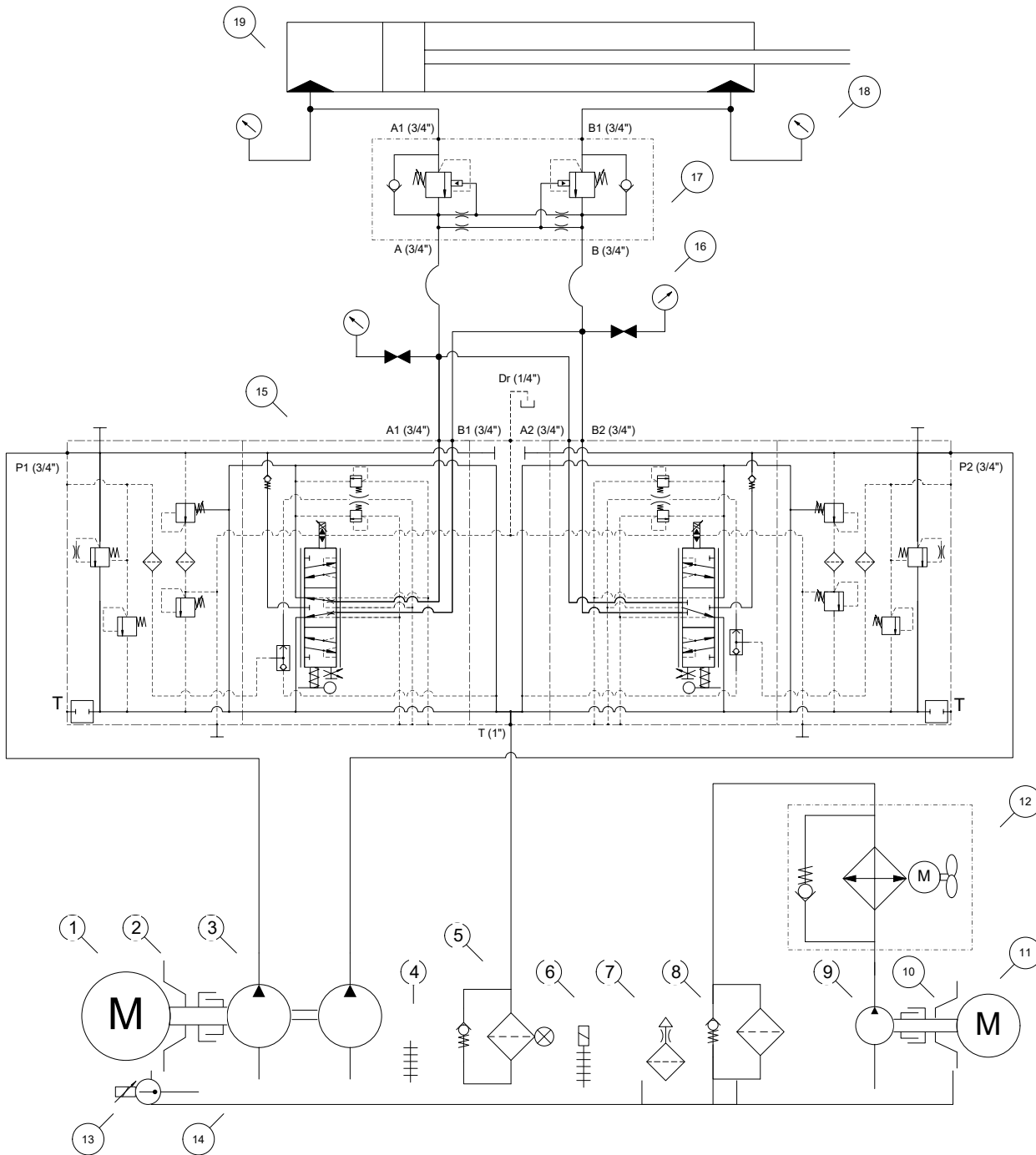
ANEXO D – Desenho Cilindro Hidráulico



Desenh.	Cláudio Ferreira	14/10/13	 WWW.TECLENA.PT	Teclena
Copiado		20/01/14		Automatização Estudos e Representações, S.A.
Visto		24/02/14		Oleo-Hidráulica
Verific.		03/11/14		
Escala	<p style="text-align: center;">Cil. Hid. D280x180x3000</p>			00986.5005.C.280.180.3000.04
1:5				
Toler.				
				Substituído
				Substituído por

Este desenho é propriedade exclusiva da TECLENA, sendo proibido a sua reprodução ou entrega a terceiros sem o nosso consentimento.
This drawing is exclusive of TECLENA. Without our consent it may not be reproduced or given to third parties.

ANEXO E – Esquema Hidráulico



Pos	Qt	DESCRIÇÃO	REFERÊNCIA
1	1	Motor 22Kw, 1500rpm, B5	Siemens 1LG6
2	1	Luneta Ø350 Gr3 + União 110/48/Gr3	MPFIltri LMC351MFS3M04S +SDS
3	1	Bomba dupla carretos Gr3 25+25cc	MARZOCCHI MDGHPA3D40+MDGHP3D40
4	1	Nível óleo visual c/ termómetro	MPFIltri SXL3T
5	1	Filtro retorno c/ indicador MPF	MPFIltri MPF 180/1 A25
6	1	Nível elétrico 400 mm NO	MPFIltri SXLENA
7	1	Bocal enchimento e respiro	MPFIltri SX4080C80
8	1	Filtro retorno MPF	MPFIltri MPF
9	1	Bomba carretos Gr2 18cc	MARZOCCHI MDALP2D25
10	1	Luneta Ø200 Gr2 + União 63/28/Gr2	MPFIltri LMC351MFS3M04S +SDS
11	1	Motor 1,1Kw, 1500rpm, B5	Siemens 1LG6
12	1	Refrig. Ar / Óleo	EMMEGI MG AIR 2015K 380v
13	1	Termóstato regulável 0-90°C	EMMEGI 0-90 H100
14	1	Depósito 150 L STD	Teclena STD
15	1	Distribuidor HPV41/2 prop. 24vdc	Brevini
16	2	Manometro 63 RV 0-400 bar	WIKA
17	1	Valvula sustentação de carga 3/4"	NEM
18	2	Manometro 63 RV 0-400 bar	WIKA
19	1	Cil. Hid. 280/180x3000	Teclena STD
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			

Rev.: v2 **Descrição:** Alteração manómetros porta A e B ; pressão do distribuidor

Desenhado: Hélder Leira **Designação:**

Esquema nº.: 001 **Data:**

**Gr Hid 150L 22Kw 25+25cc ;
Cil Hid 280/180x3000**

Cliente:

Formato: A4 **Verif.:** Hélder Leira

TECLENNA
AUTOMATIZAÇÃO, ESTUDOS E REPRESENTAÇÕES, S.A.

R. Veloso Salga do, 1024 Tlf.: 22 9996 960
44 50-801 Leça da Palmeira Fax.: 22 99 96969

ANEXO F – Folha cálculo 80 Hz

CALCULO VOLUME CILINDRO

DIAM INTERIOR (mm)	AREA TUBO (cm2)	CURSO (mm)	HASTE (mm)	AREA NEG (cm2)	V+ (Its)	V - (Its)	V tot (LTS)	RELAÇÃO
280	615,75	3000	180	361,41	184,73	108,42	293,15	1,70

CALCULO PRESSAO TUBO

TENSAO ROTURA (N/mm2)	ESPESSURA TUBO (mm)	CS	DIAMETRO INTERIOR (mm)	CONSTANTE	PRESSÃO MAX. (bar)	DIAMETRO EXT	CICLOS / h
355	22	2	280	0,05	278,93	324	26,47

PRESSAO	FORÇA	FORÇA	PRESSAO	FORÇA	PRESSAO
0	0,00	100000	162,40	70000	193,68

Nº CILINDROS	FORÇA CADA CIL (kg)	PRESSAO (bar)	AVANÇO	TEMPO	RECUO	TEMPO AVANÇO
			VEL CIL (mm/s)	AVANÇO	VEL CIL (mm/s)	
1	100000,00	162,4026234	35	86	60	50,0

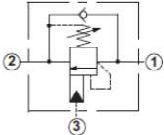
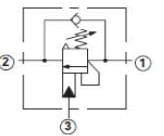
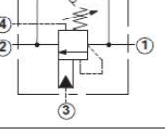
CALCULO POTENCIA MOTOR + CAUDAL BOMBA

AVANÇO	PRESSAO (bar)	FORÇA (kg)	CAUDAL (cc)	CAUDAL (Its)	POT (MOTOR) cv	CAUDAL ALTA (Its)	POT (MOTOR)
	162,40	100000,00	86,21	129,31	46,67	0,00	0,00
RECUO	PRESSAO (bar)	FORÇA (kg)	CAUDAL (cc)	CAUDAL (Its)	POT (MOTOR) cv	CAUDAL ALTA (Its)	POT (MOTOR)
	193,68	70000,00	86,74	130,11	56,00	0,00	0,00

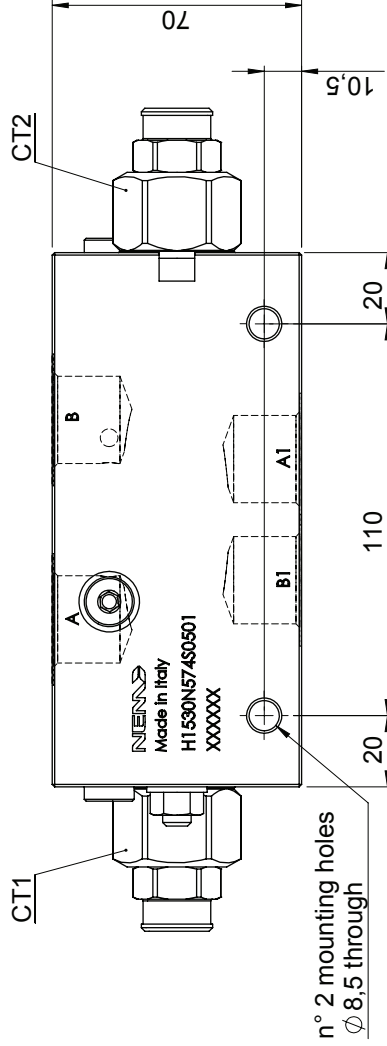
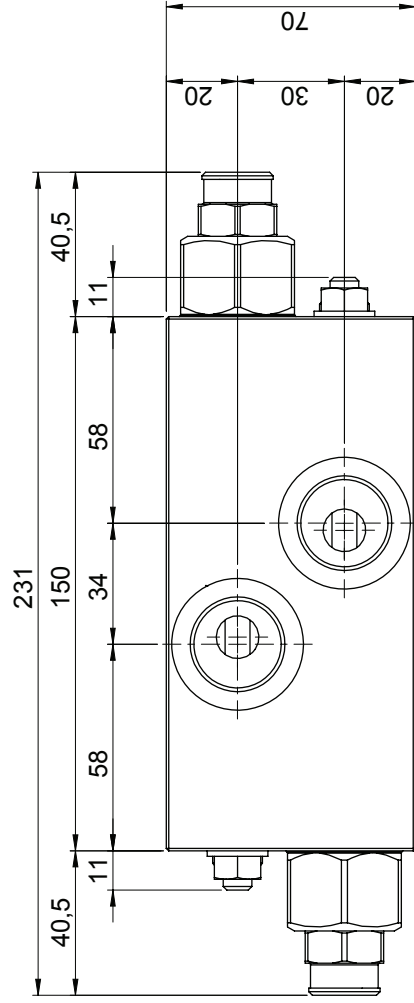
CAUDAL BAIXA (Its)
129,31

CILINDRO 280/180x3000 - MTL220

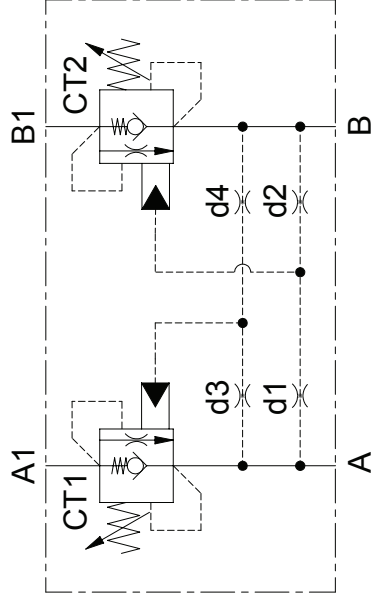
ANEXO G – Informação Cartuchos Sustentação

Type	Gain Characteristics in Flow	MODEL CODE				Pilot Ratio	Maximum Setting psi (bar)	Back Pressure Multiplier
		Series 1	Series 2	Series 3	Series 4			
		T-11A	T-2A	T-17A	T-19A			
3 Port, Non-vented 		5 gpm (20 L/min.)	8 gpm (30 L/min.)	15 gpm (60 L/min.)	20 gpm (80 L/min.)			
	Restrictive	CBBY ₁				2:1	4000 (280)	4
	Restrictive	CBBA ₂	CBDA ₂	CBFA ₂	CBHA ₂	3:1	4000 (280)	4
	Restrictive	CBBG ₂	CBDG ₂	CBFG ₂	CBHG ₂	4.5:1	5000 (350)	5.5
		10 gpm (40 L/min.)	20 gpm (80 L/min.)	40 gpm (160 L/min.)				
	Semi-restrictive	CBBB ₂	CBDB ₂	CBFB ₂		1.5:1	4000 (280)	2.5
	Semi-restrictive	CBBL ₂ *	CBDL ₂	CBFL ₂		2.3:1	5000 (350)	3.3
	Semi-restrictive	CBBC ₂	CBDC ₂	CBFC ₂		3:1	4000 (280)	4
	Semi-restrictive	CBBD ₂ *	CBDD ₂	CBFD ₂		4.5:1	5000 (350)	5.5
		15 gpm (60 L/min.)	30 gpm (120 L/min.)	60 gpm (240 L/min.)	120 gpm (480 L/min.)			
	Standard	CBCB ₂	CBEB ₂	CBGB ₂	CBIB ₂	1.5:1	4000 (280)	2.5
	Standard	CBCY ₁	CBEY ₁	CBGY ₂	CBYI ₂	2:1	4000 (280)	4
	Standard	CBCL ₂	CBEL ₂	CBGL ₂	CBIL ₂	2.3:1	5000 (350)	3.3
	Standard	CBCA ₃ *	CBEA ₃	CBGA ₂	CBIA ₂	3:1	4000 (280)	4
	Standard	CBCG ₃ *	CBEG ₃	CBGG ₂	CBIG ₂	4.5:1	5000 (350)	5.5
	Standard	CBCH ₃	CBEH ₃	CBGH ₂	CBIH ₂	10:1	5000 (350)	11
	3 Port, Atmospherically Referenced 	Standard	CACK ₂	CAEK ₂	CAGK ₂	CAIK ₂	1:1	4000 (280)
Standard		CACL ₂	CAEL ₂	CAGL ₂	CAIL ₂	2:1	6000 (420)	0
Standard		CACA ₂	CAEA ₂	CAGA ₂	CAIA ₂	3:1	4000 (280)	0
Standard		CACG ₂	CAEG ₂	CAGG ₂	CAIG ₂	5:1	6000 (420)	0
4 Port, Vented 		T-21A	T-22A	T-23A	T-24A			
	Standard	CWCK ₂	CWEK ₂	CW GK ₂	CWIK ₂	1:1	4000 (280)	0
	Standard	CWCL ₂	CWEL ₂	CWGL ₂	CWIL ₂	2:1	6000 (420)	0
	Standard	CWCA ₂	CWEA ₂	CWGA ₂	CWIA ₂	3:1	4000 (280)	0
Standard	CWCG ₂	CWEG ₂	CWGG ₂	CWIG ₂	5:1	6000 (420)	0	

ANEXO H – Informação Válvula Sustentação V2



n° 2 mounting holes
 \varnothing 8,5 through



Screw M6x6

Holes	d1	d2	d3	d4
$\varnothing = \dots$ mm	0,6	0,6	0,6	0,6

Caratteristiche generali / General characteristics:

Portata / Flow rate	180	l/min
Pressione max / Max pressure	350	bar
Fluido / Fluid	olio minerale / mineral oil	
Campo di Viscosità / Viscosity range	15 - 250 cSt	
Filtrazione raccomandata / Recommended cleanliness	17/14 ISO4406	
Temperatura di lavoro / Temperature ranging	-25/+90 °C	
Materiale corpo / Body material	Acciaio / Steel	
Protezione superficiale / Surface protection	Fe/Zn7 IV UNI ISO 2081	
Peso / Weight	5,4	Kg

Attacchi / Ports connection

A - B - A1 - B1	G3/4
-----------------	------

Valvole / Valves

Campo di taratura / Pressure range	200-410	bar
Pressione di taratura / Pressure setting	350 0/+20	bar @ 4 l/min
Incremento pressione / Pressure increase	72	bar/giro - bar/turn
Rapporto di pilotaggio / Pilot ratio	2:1 (PBO 0,6+0,6)	



Scostamenti limite per dimensioni:
 CLASSE:m UNI EN 22768-1
 Scostamenti limite Tol.Forma:
 CLASSE:k UNI EN 22768-2
 Scostamenti limite per dim. lineari getti
 CLASSE:CT8 UNI ISO 8062

OGGETTO: LHD15X-AB14000-N04-DC-PBO-41S-G34-01

Sigla

Foglio
 TABELLA

Gruppo
 LHD15X
 Prototipo/Sost. il cod.
 RS13058

Disegn.
 RF

Data
 20/06/2013

Approv.
 RA

CODICE

Scala

Data
 13/11/2013

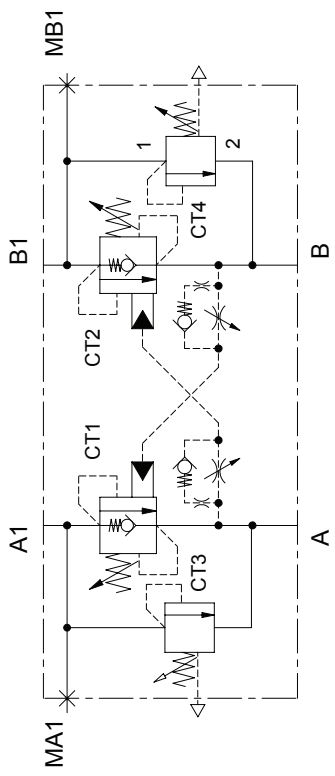
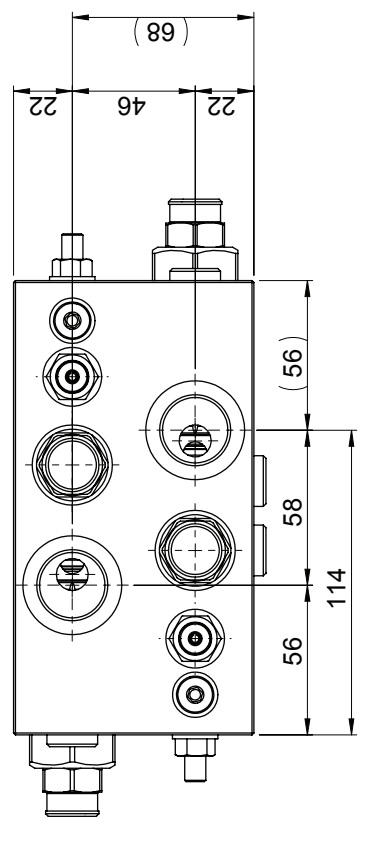
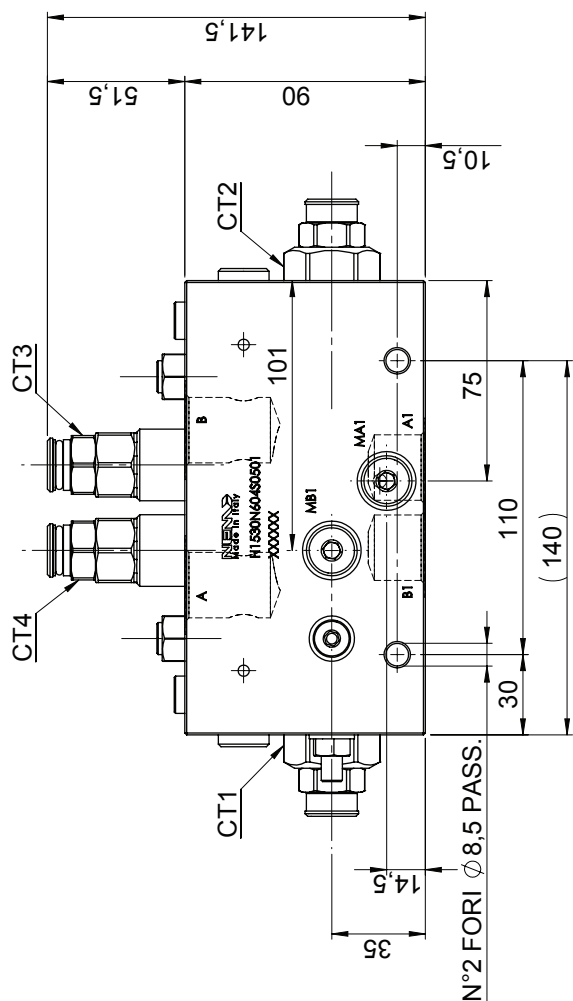
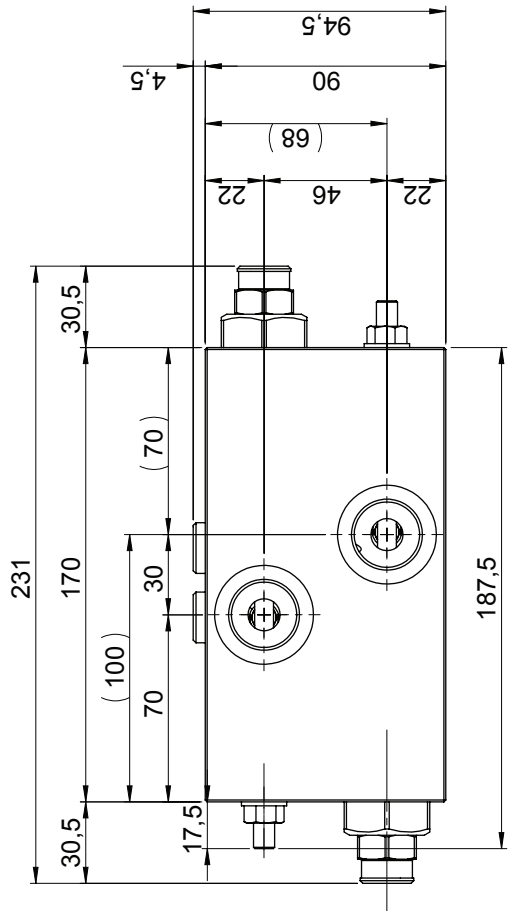
Mod.

H1530N574S0501

1:2

0

ANEXO I – Informação Válvula Sustentação V3



Caratteristiche generali / General characteristics:

Portata / Flow rate	180	l/min
Pressione max / Max pressure	410	bar
Fluido / Fluid	olio minerale / mineral oil	
Campo di Viscosità / Viscosity range	15 - 250	cSt
Filtrazione raccomandata / Recommended cleanliness	17/14 ISO4406	
Temperatura di lavoro / Temperature ranging	-25/+90 °C	
Materiale corpo / Body material	Acciaio/Steel	
Protezione superficiale / Surface protection	Fe/Zn7 IV UNI ISO 2081	
Peso / Weight	10,3	Kg

Attacchi / Ports connection

A - B - A1 - B1	G3/4"
MA1 - MB1	G1/4"

Valvole / Valves

CT1	Campo di taratura / Pressure range	80 ÷ 410	bar
	Pressione di taratura / Pressure setting	370 0/+10	bar @ 20 cc/min
	Incremento pressione / Pressure increase	72	bar/giro - bar/turn
	Rapporto di pilotaggio / Pilot ratio	4 : 1	
CT2	Campo di taratura / Pressure range	80 ÷ 410	bar
	Pressione di taratura / Pressure setting	370 0/+10	bar @20 cc/min
	Incremento pressione / Pressure increase	72	bar/giro - bar/turn
	Rapporto di pilotaggio / Pilot ratio	4 : 1	
CT3-CT4	Campo di taratura / Pressure range	220 ÷ 410	bar
	Pressione di taratura / Pressure setting	330 0/+20	bar @4 l/min
	Incremento pressione / Pressure increase	53	bar/giro - bar/turn
	Coppia / Torque	60	Nm (±7%)



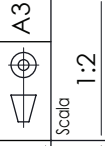
OGGETTO: LHD15X-AB14000-N04-CT023-VIP-41S-G34-01

Sigla: _____ Foglio: INGOMBRO

Gruppo: _____ Prototipo/Sost. il cod. H1.530C424S0500

Scostamenti limite per dimensioni:
 CLASSE:m UNI EN 22768-1
 Scostamenti limite Tol.Forma:
 CLASSE:k UNI EN 22768-2
 Scostamenti limite per dim. lineari getti:
 CLASSE:c18 UNI ISO 8062

Disegn.: RA Data: 15/12/2014
 Approv.: RA Data: 08/04/2015
 Mod.: _____



Scala: 1:2
 CODICE: H1.530N604S0501

