

PTC3421 – Instrumentação Industrial

Documentação e Assuntos Relacionados – Parte I

V2020A

PROF. R. P. MARQUES

Projeto

O fluxo de trabalho para um projeto de instrumentação pode ser determinado pelo cliente, pela praxe da empresa responsável, pelo contexto do projeto, pela normatização pertinente ou por uma combinação destes.

Há uma certa convergência e um certo consenso com relação às tarefas e documentos a serem produzidos, mas não há realmente uma regra geral a ser seguida.

O que é apresentado a seguir é apenas uma consolidação de procedimentos típicos, e é obrigatoriamente resumido e incompleto.

Instrumentação, do ponto de vista de projeto, envolve tanto o projeto de controle como o de instalações elétricas, e boa parte dos procedimentos envolve ambas as disciplinas.

Projeto

1. Concepção e descrição do processo

Documentos típicos:

- Memoriais descritivos;
- Diagramas esquemáticos;
- Fluxogramas e diagramas de processo (ou diagramas de fluxo de processo);
- Diagramas de Tubulação e Instrumentação (P&ID).

Documentos auxiliares:

- Especificações diversas;
- Estudos de viabilidade;
- Memoriais de cálculo, etc.

Projeto

2. Documentação do projeto

Documentos típicos:

- Diagramas de malha;
- Diagramas de montagem/instalação (instrumentos e equipamentos);
- Diagramas de cabeamento e conexão;
- Folhas de instrumentos;
- Diagrama lógico (tipicamente para intertravamento)
- Diagrama dinâmico (tipicamente para controle)

Documentos auxiliares:

- Lista de materiais;
- Lista de instrumentos;
- Lista de cabeamento;
- Lista de I/Os;
- Cronograma, etc.

Projeto

3. Operação e Manutenção

Documentos típicos:

- Manuais de operação;
- Manuais de manutenção;

Documentos auxiliares:

- Documentação de fornecedores (incluindo manuais de equipamentos);
- Procedimentos de teste;
- Documentação de projeto (incluindo documentação de manutenção derivada da documentação de projeto).

Projeto:

Concepção e descrição

MEMORIAIS DESCRITIVOS

(não confundir com o memorial descritivo de obras civis)

São documentos não estruturados que descrevem o processo, sua concepção e o seu funcionamento, com maior ou menor grau de detalhe.

Usualmente esses documentos consolidam os objetivos e características do projeto e servem como ponto de partida para o projeto em si.

Normalmente a instrumentação do processo não é evidente ou relevante nessa fase.

Projeto:

Concepção e descrição

DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS

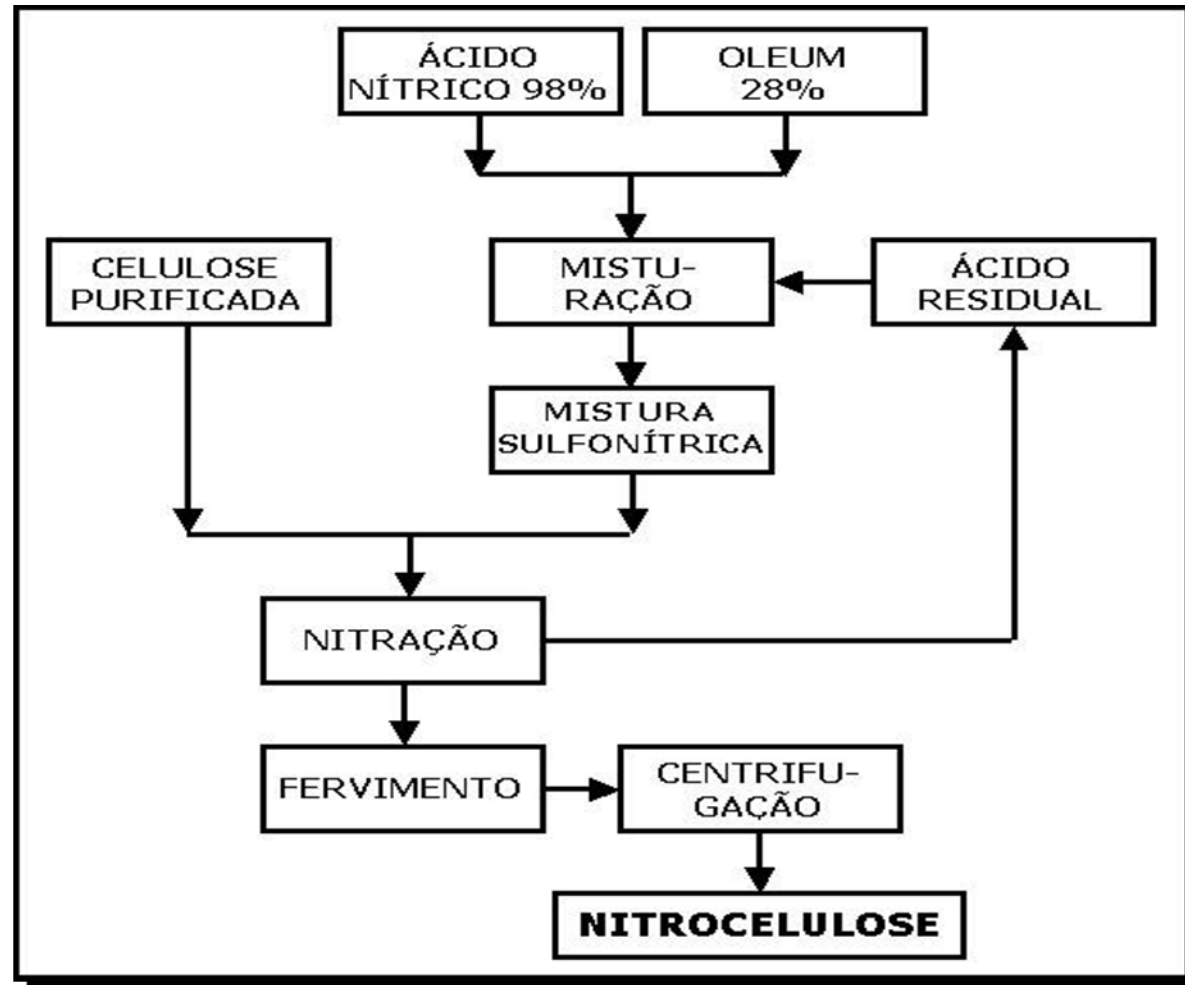
Descrevem o processo de maneira bastante simplificada e servem de base para o procedimento de projeto e outros documentos.

Usualmente esses documentos não incluem a instrumentação.

Projeto:

Concepção e descrição

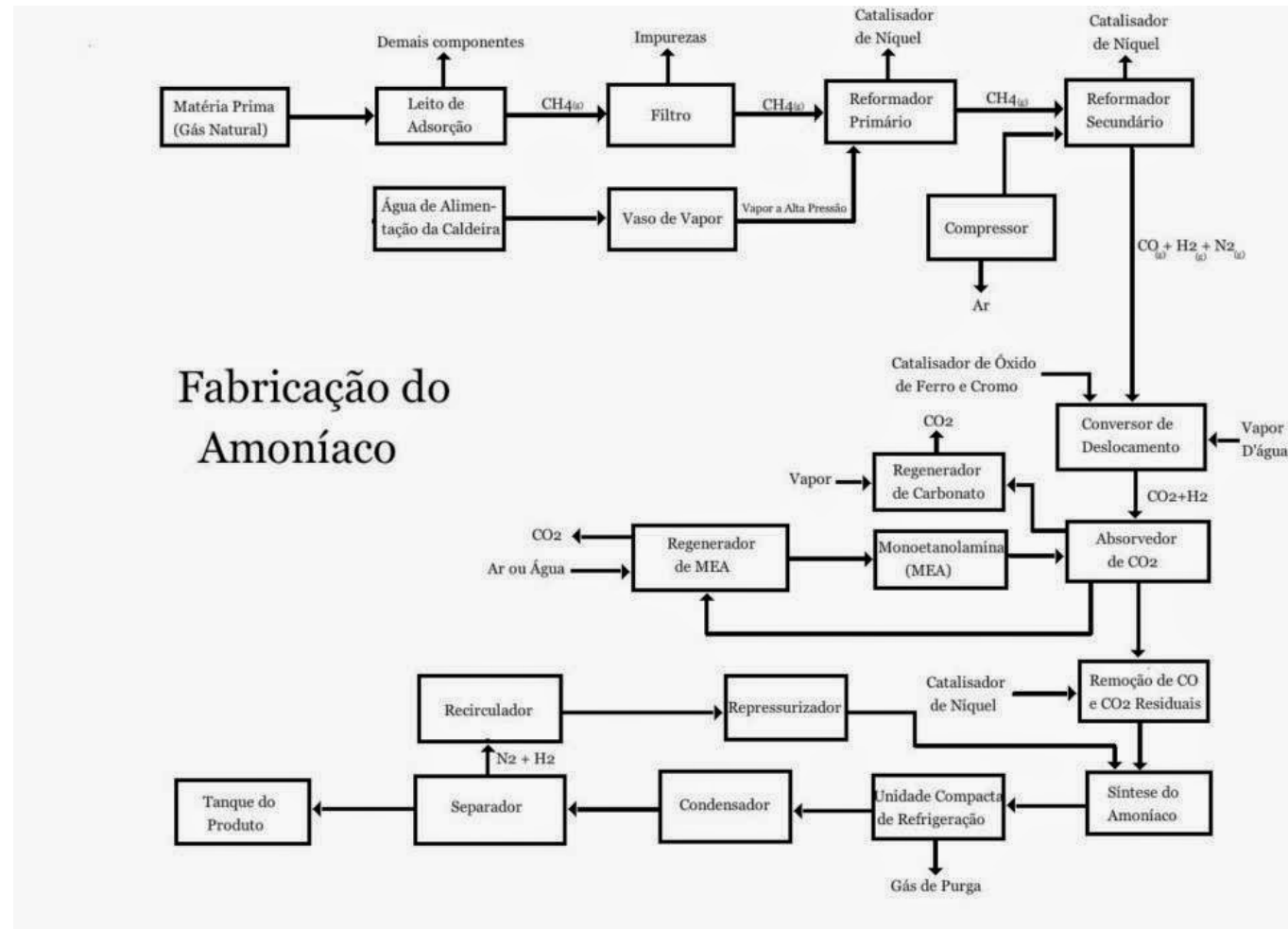
Exemplos coletados da internet: Produção de nitrocelulose



Projeto:

Concepção e descrição

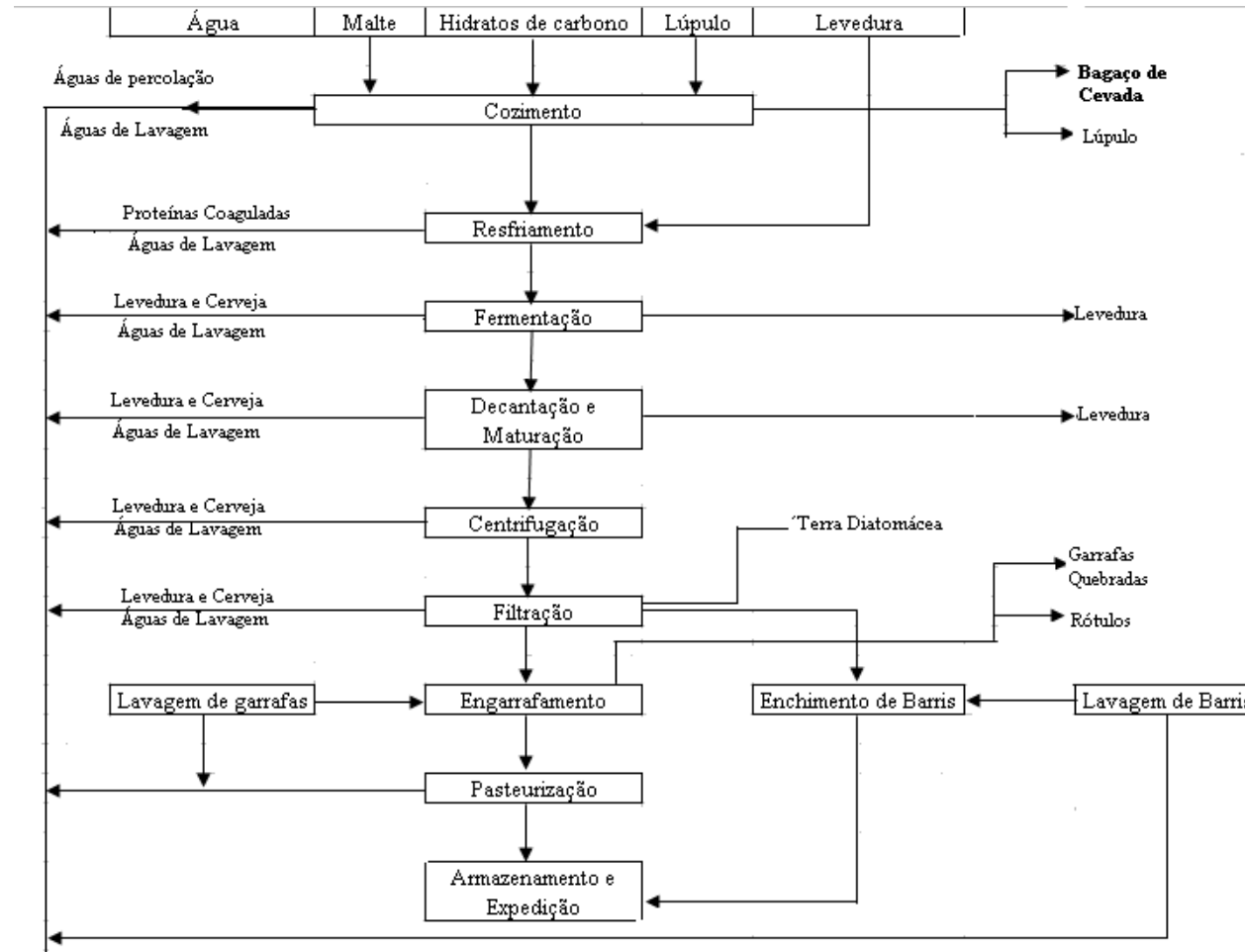
Exemplos coletados da internet: Fabricação de amoníaco



Projeto:

Concepção e descrição

Exemplos coletados da internet: Tratamento de efluentes de cervejaria



Projeto:

Concepção e descrição

DIAGRAMAS DE FLUXO DE PROCESSO

São documentos estruturados em forma gráfica e mostram a distribuição, conexão e relação entre os equipamentos e produtos principais do processo.

Podem incluir parâmetros operacionais, balanços de massa e energia, etc.

Usualmente esses documentos não contêm a instrumentação propriamente dita (porém podem conter os instrumentos mais relevantes) nem outros detalhes, mas já indicam quais deverão ser as variáveis de processo principais.

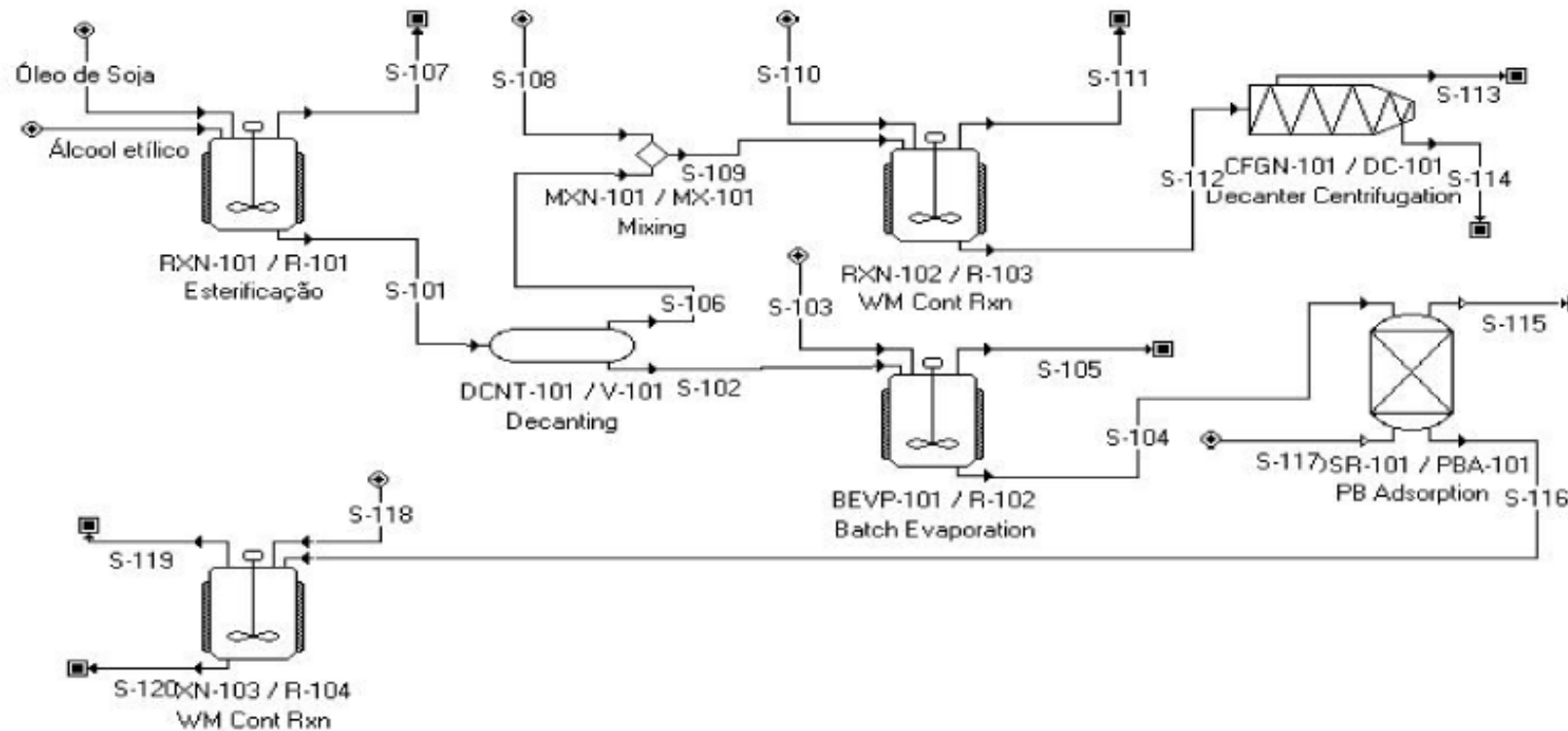
Normalmente a instrumentação do processo não é evidente ou relevante nessa fase.

Projeto:

Concepção e descrição

Exemplos coletados da Internet: Produção de biodiesel

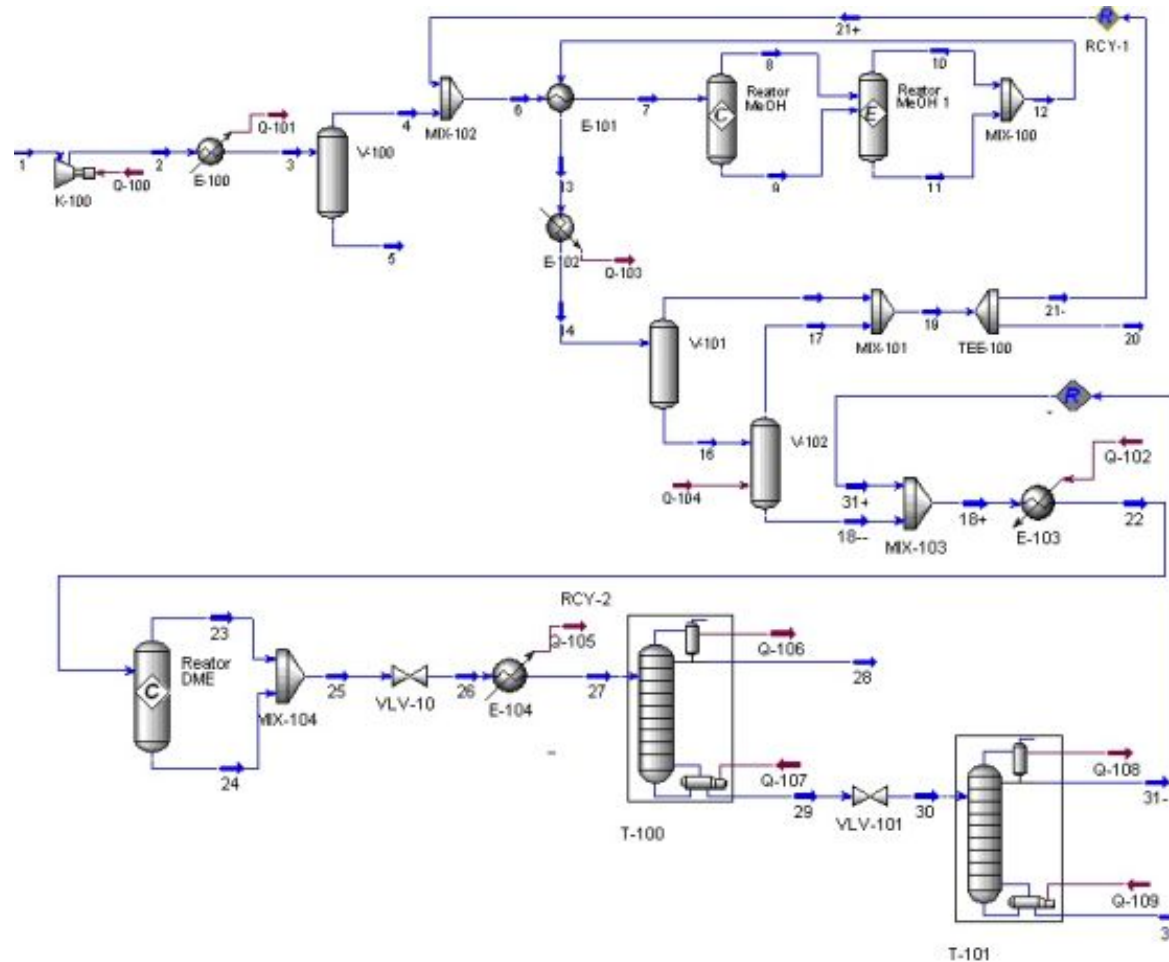
Fluxograma- Sistema de produção de biodiesel .



Projeto:

Concepção e descrição

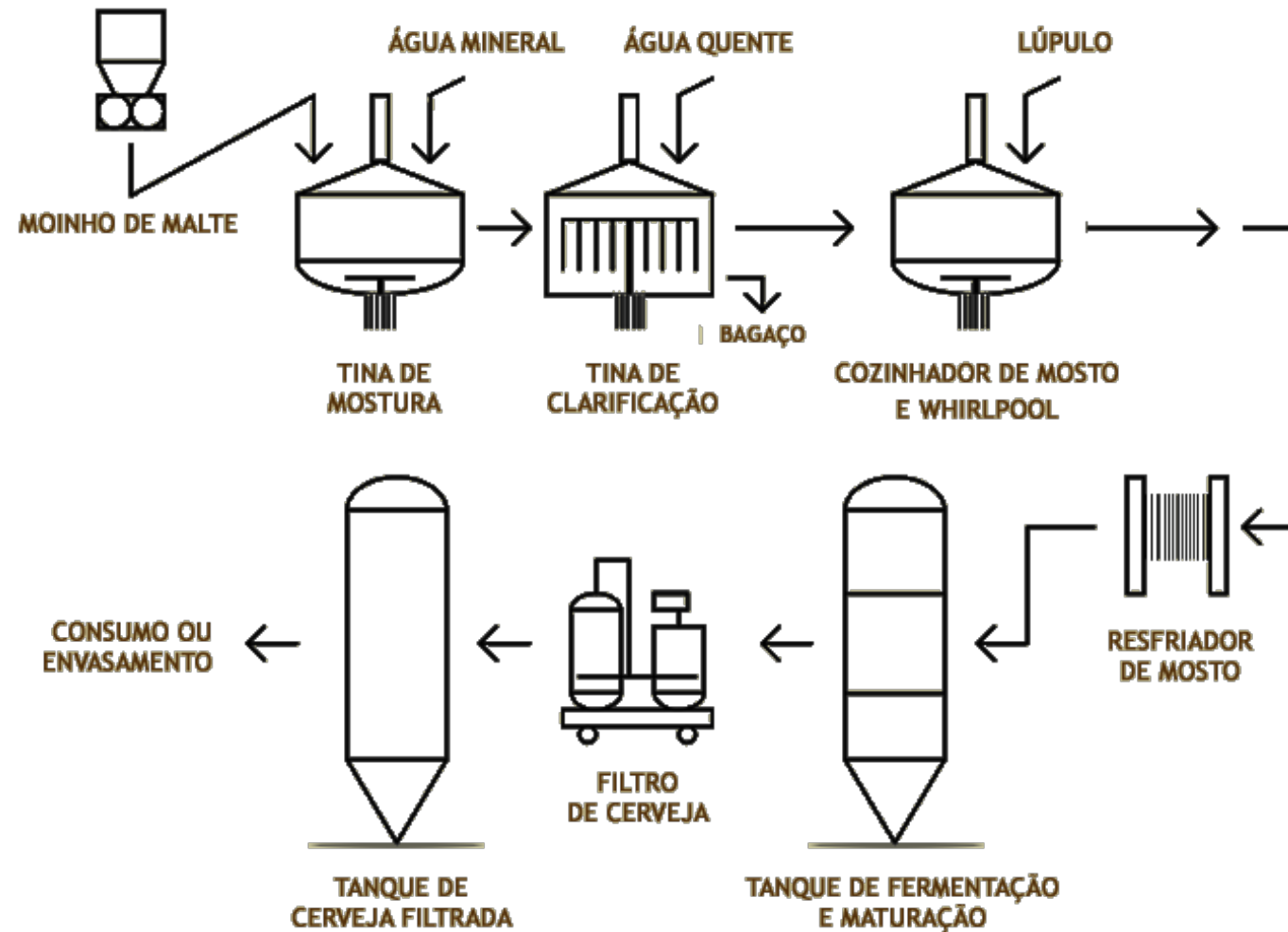
Exemplos coletados da Internet: Produção de Dimetil-Éter



Projeto:

Concepção e descrição

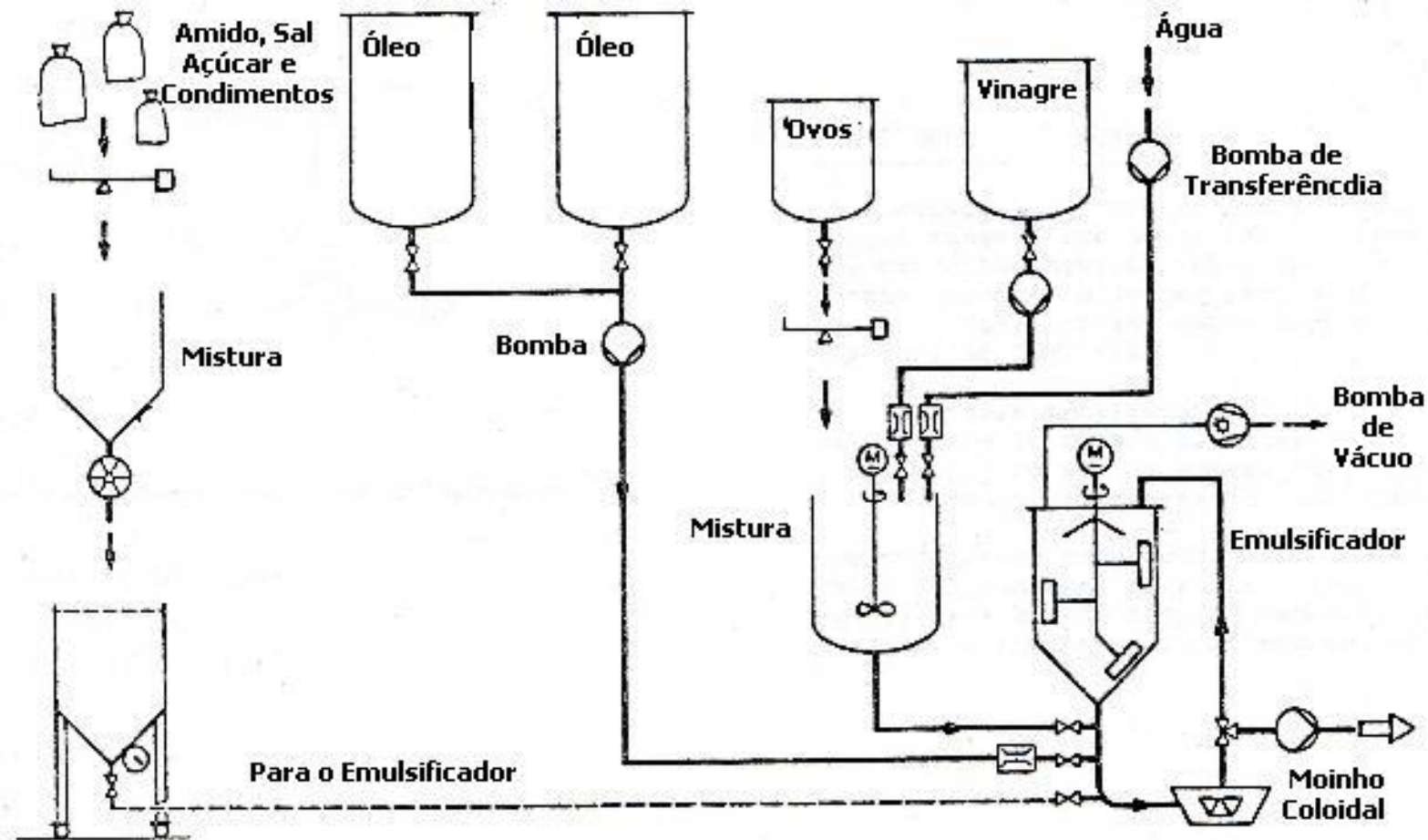
Exemplos coletados da Internet: Cerveja



Projeto:

Concepção e descrição

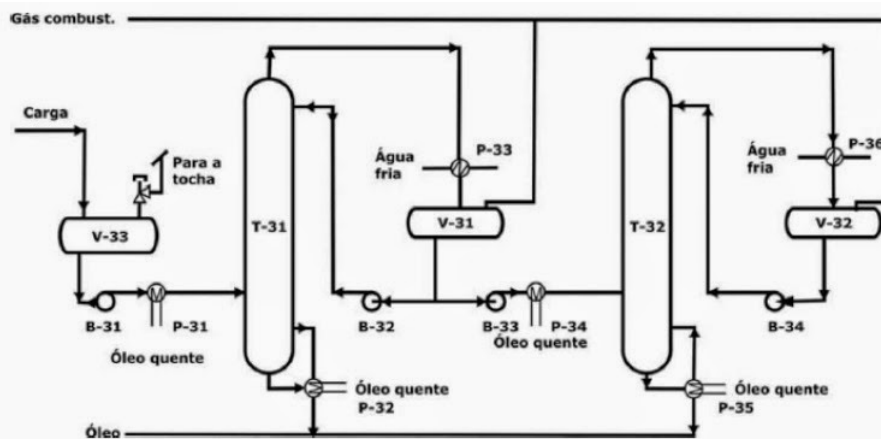
Exemplos coletados da Internet: Maionese



Projeto:

Concepção e descrição

Exemplos coletados da Internet: Fluxograma incluindo parâmetros operacionais.



Torres e Vasos	T-31	T-32	V-31	V-32	V-33
Pres. oper. (MPa)	1,0	1,43	0,95	1,37	0,6
Temp. oper. (°C)	140	96	40	40	40
Comprimento (m)	14,50	13,00	6,50	5,30	5,20
Diâmetro (m)	1,40	1,20	2,60	2,60	2,50
Serviço	Debutanizadora	Separ. C ₃ -C ₄	Tamb. Refluxo	Tamb. Refluxo	Tamb. de 'flash'

Permutadores	P-31	P-32	P-33	P-34	P-35	P-36
Pres. oper. (MPa)	1,02	1,00	1,00	1,45	1,43	1,40
Temp. oper. (°C)	66	75	55	61	70	50
Troca de Calor (Kcal/h)	520.000	830.000	1.200.000	250.000	700.000	530.000
Servico	Aquecedor	Refrervedor	Condensador	Aquecedor	Refrervedor	Condensador

Bombas	B-31	B-32	B-33	B-34
Pressão de operação (MPa)	0,55	0,2	0,7	0,25
Temperatura de operação (°C)	48	46	46	46
Vazão (m³/m)	75	18	50	13,5
Pressão diferencial (MPa)	1,0 – 0,6	1,0 – 0,95	1,43 – 0,95	1,43 – 1,37
Serviço	Carga fresca	Refluxo	Carga T-32	Refluxo

Projeto:

Concepção e descrição

DIAGRAMA DE TUBULAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO P&ID (Piping and Instrumentation Diagram)

É uma evolução do fluxograma de processo, complementando-o detalhando a instrumentação envolvida de maneira gráfica.

É um documento altamente estruturado e normatizado.

É o principal documento de projeto no que se refere a instrumentação.

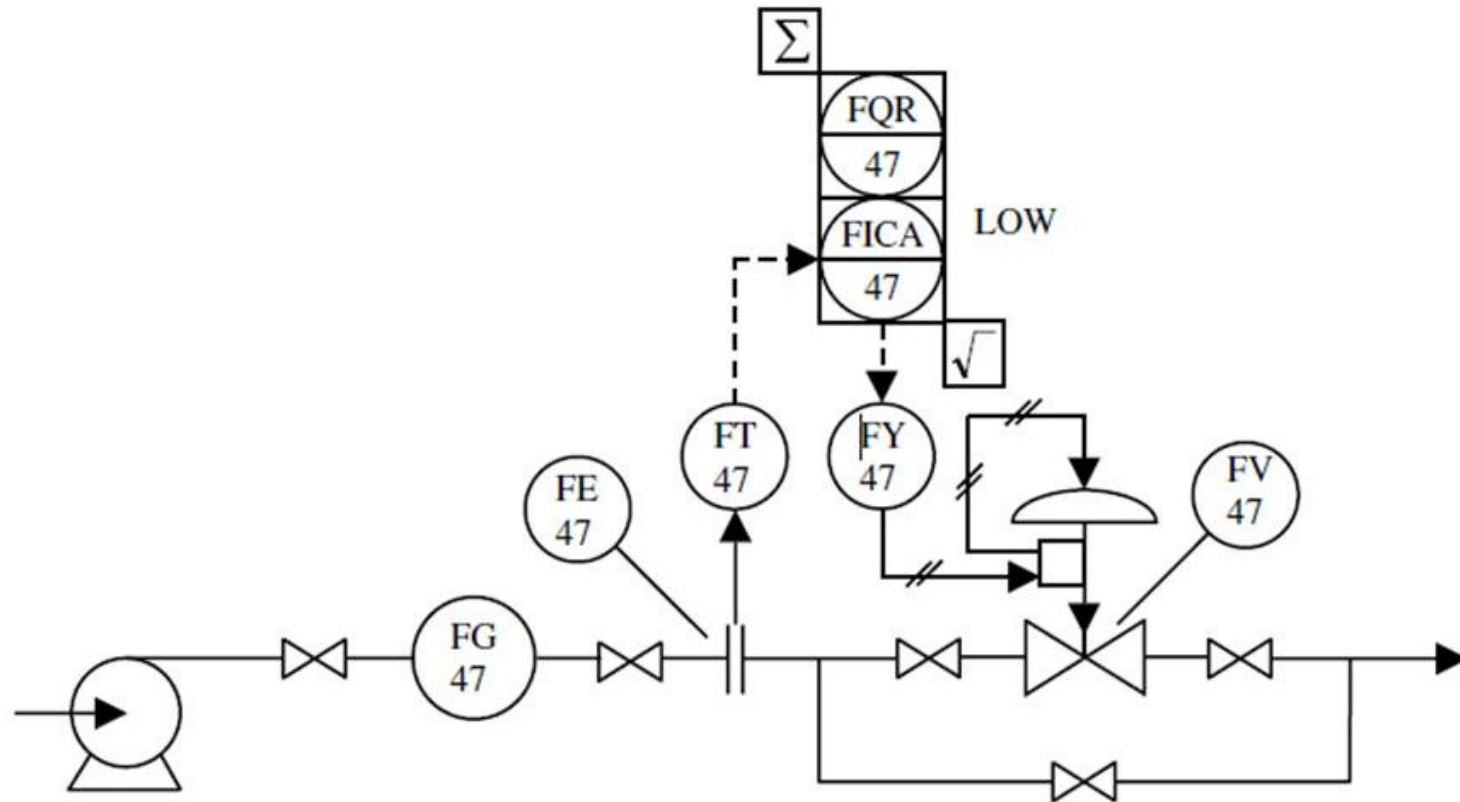
P&IDs e sua normatização serão apresentados em maior detalhe posteriormente.

A norma ANSI/ISA 5.1-2009 disciplina a confecção de P&IDs.

Projeto:

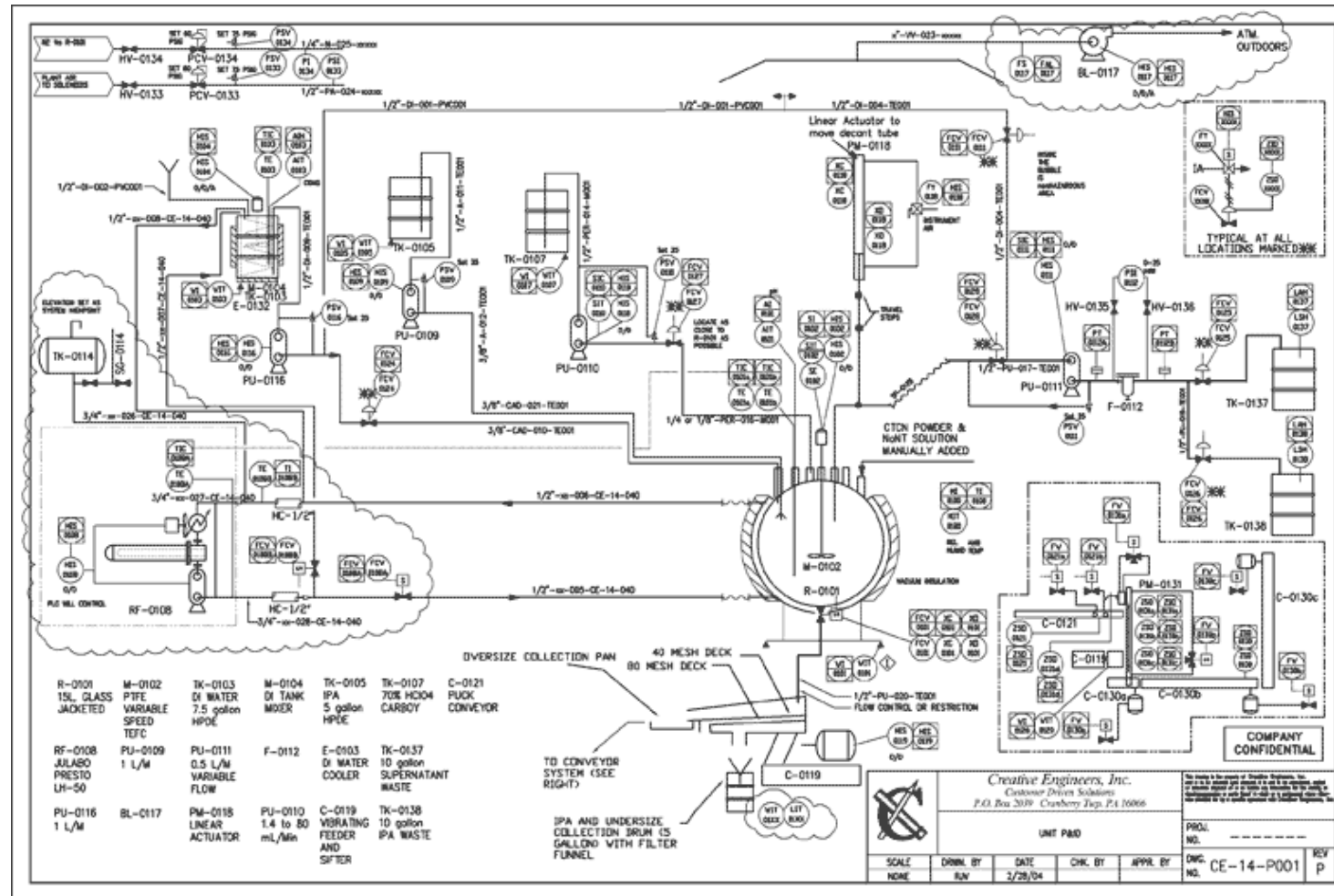
Concepção e descrição

Exemplos coletados da Internet: P&ID simples



Projeto: Concepção e descrição

Exemplos coletados da Internet: P&ID complicado



Projeto:

Documentação

DIAGRAMA DE MALHA (Loop Diagram)

O Diagrama de malha de instrumento é uma extensão dos P&IDs e mostra os componentes e acessórios de uma dada malha, bem como detalhes de conexão e comunicação entre dispositivos e detalhes operacionais e funcionais da malha.

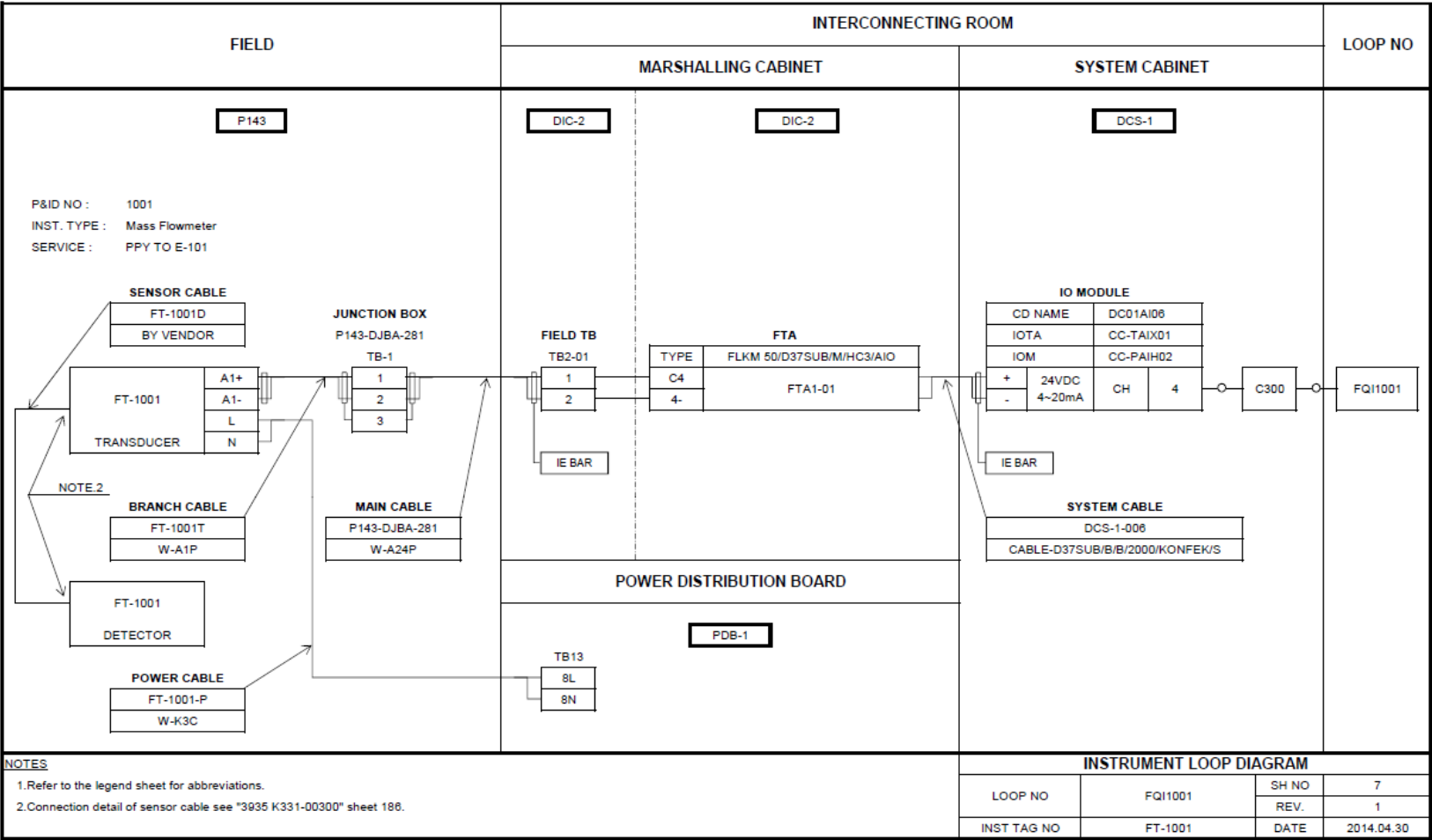
Tipicamente os diagrama de malha detalham as malhas descritas nos P&IDs correspondentes.

A norma ANSI/ISA 5.4-1991 disciplina a confecção de diagramas de malhas.

Projeto:

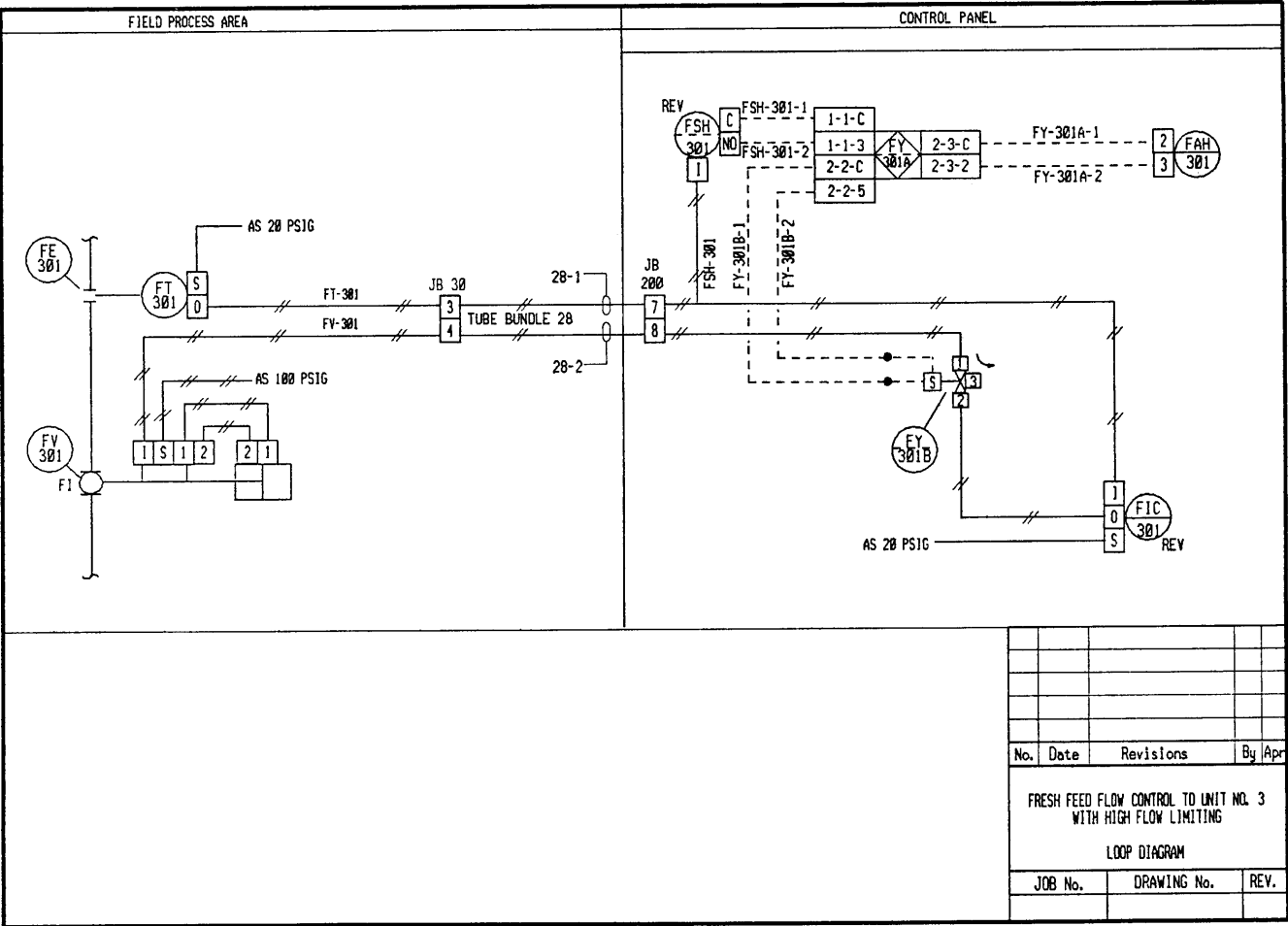
Documentação

Exemplo coletado da Internet: Diagrama de Malha Genérico



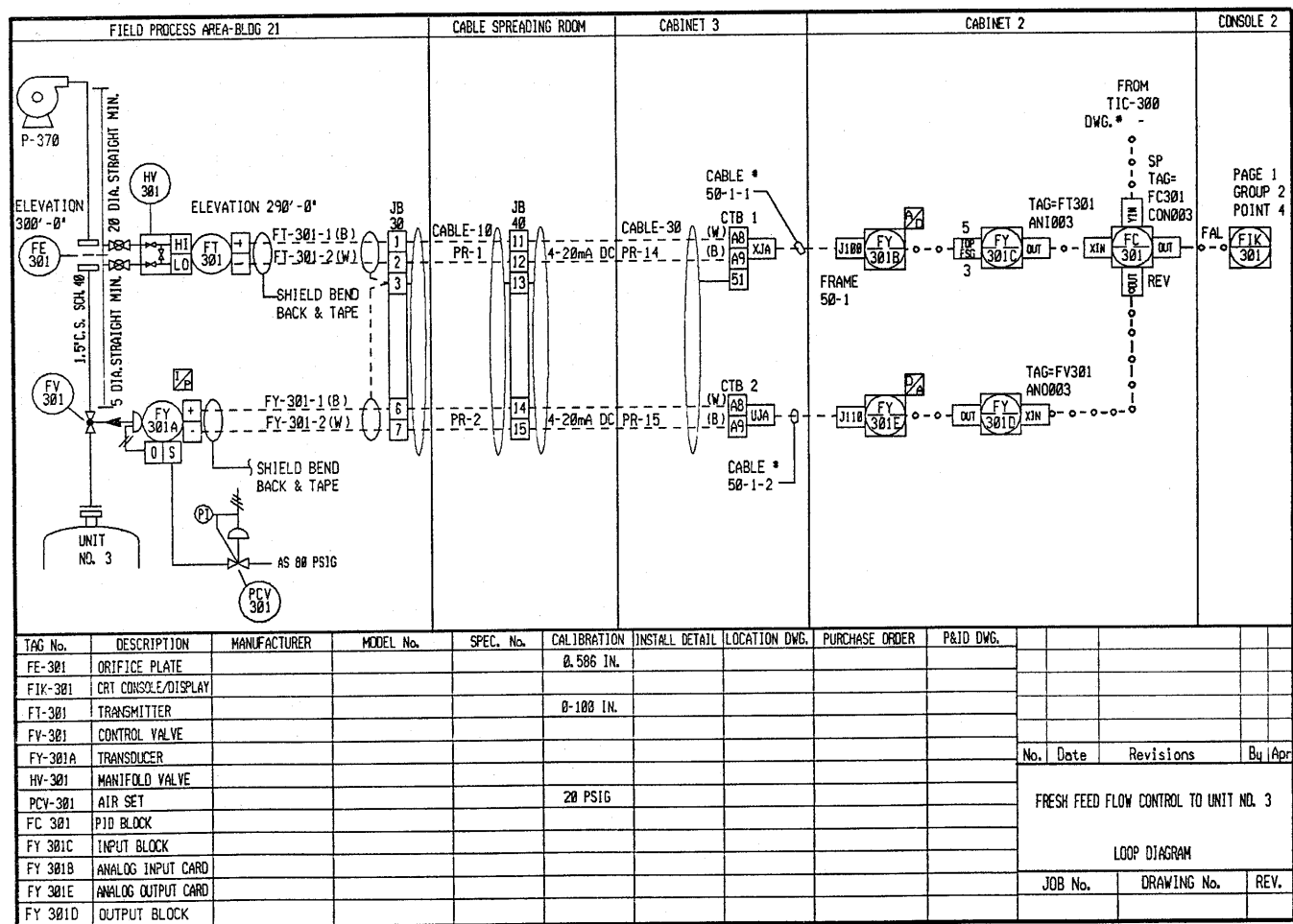
Projeto: Documentação

Exemplo coletado da ANSI/ISA S5.4: Malha Pneumática (mínima)



Projeto: Documentação

Exemplo coletado da ANSI/ISA S5.4: Malha Eletrônica (bem completa)



Projeto:

Documentação

DIAGRAMA DE MONTAGEM/INSTALAÇÃO (Hook Up Diagram)

É um desenho que complementa os P&IDs e Diagramas de Malha, incluindo instruções, detalhes e padrões para instalação de equipamentos.

Projeto: Documentação

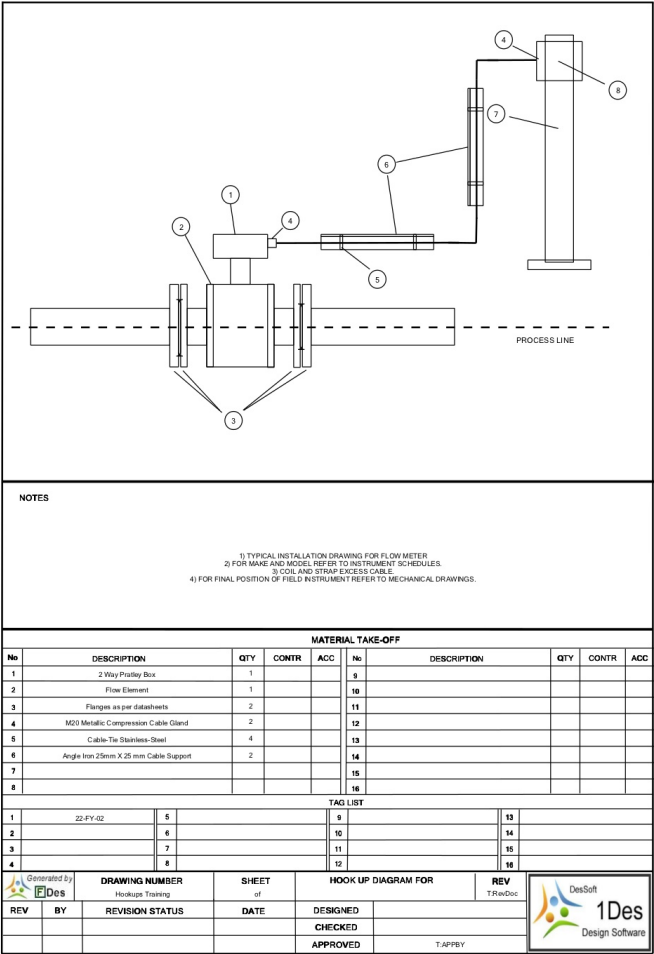
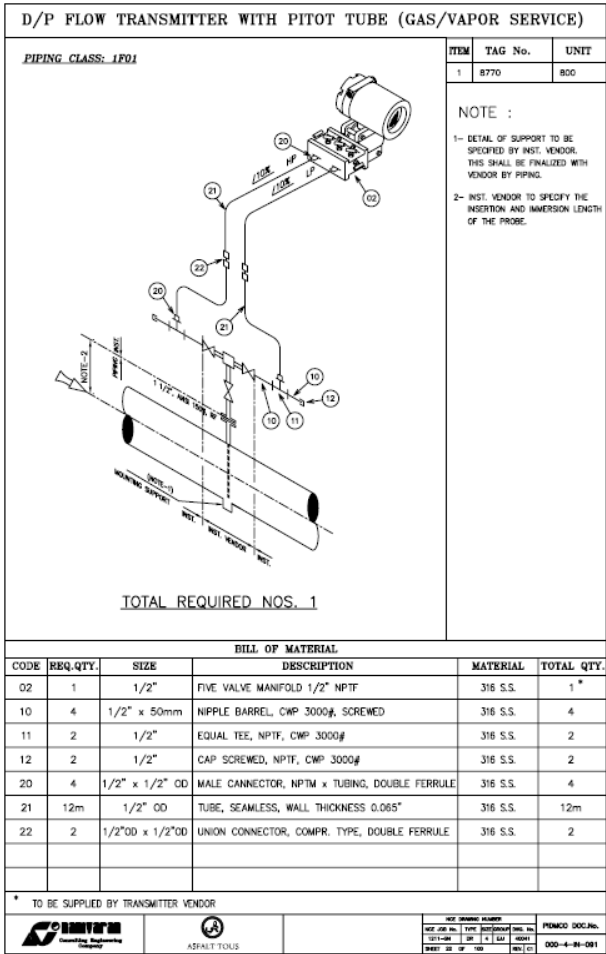
Exemplos coletados da Internet:

[illegible]

Projeto:

Documentação

Exemplos coletados da Internet:



Projeto:

Documentação

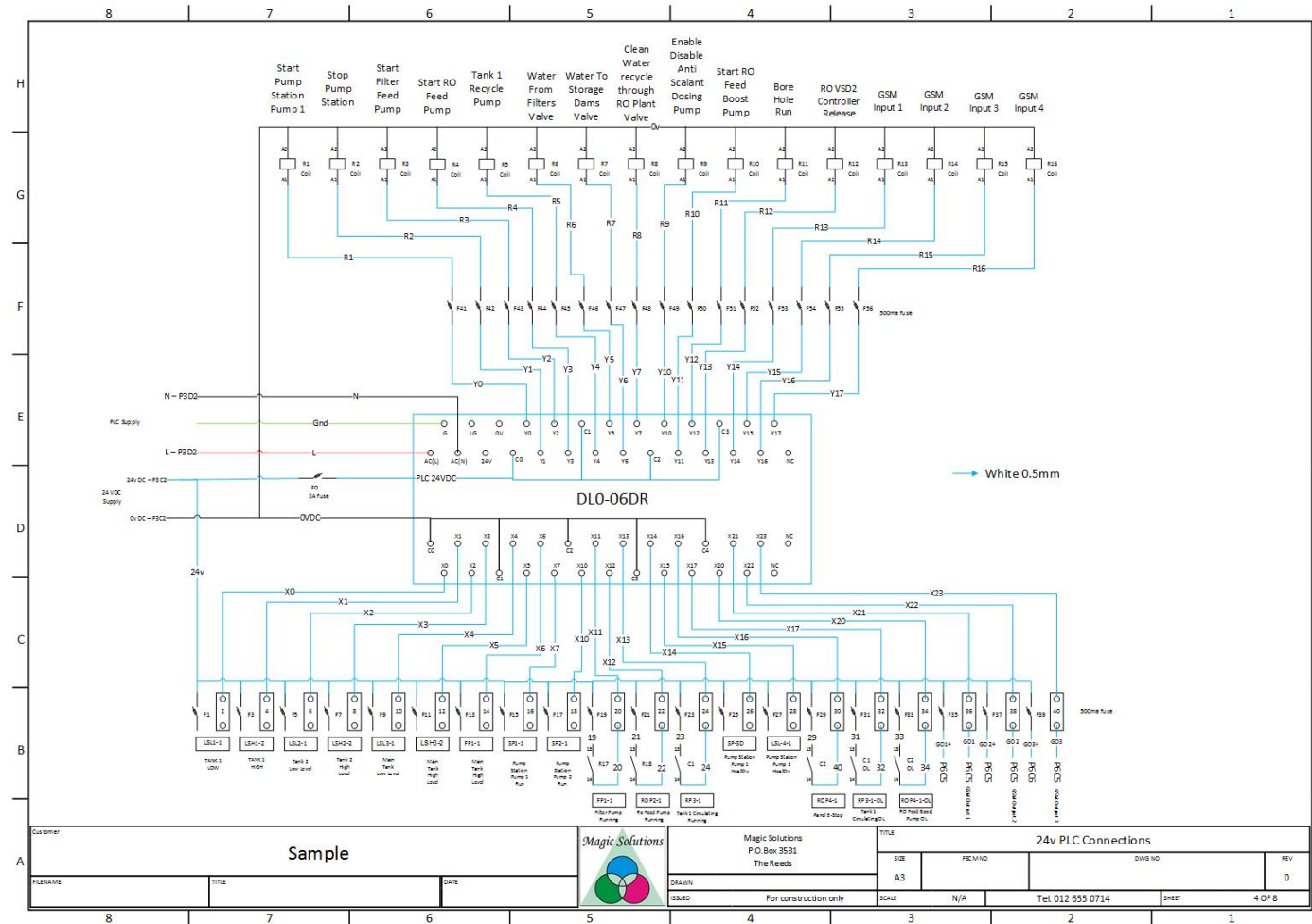
DIAGRAMA DE CABEAMENTO E CONEXÃO (Wiring/Connection Diagram)

É um desenho que complementa os diagramas de malha, detalhando as conexões de equipamentos.

Note que enquanto os diagramas de malha apresentam conexões do ponto de vista de uma malha (podendo abranger um ou mais equipamentos), um diagrama de conexão apresenta as conexões do ponto de vista de um equipamento (podendo abranger várias malhas).

Projeto: Documentação

Exemplo coletado da Internet:



Projeto:

Documentação

FOLHA DE INSTRUMENTO (Instrument Sheet or Instrument Datasheet)

Às vezes chamado de 'diagrama de instrumento'.

É uma folha ou documento (hoje em dia um registro num banco de dados) contendo informações relevantes sobre cada instrumento da planta, usualmente relacionado ao P&ID e diagrama de malha correspondentes.

Deve conter informações tais como fabricante, modelo, range, número de série, dados de calibração, etc.

Projeto: Documentação

Exemplos coletados da Internet:

		INSTRUMENT DATASHEET DS-PG-2321		ISSUE DATE 11/14/2015																		
<table border="1"> <tr><td>TAG NO</td><td>PG-2321</td></tr> <tr><td>DESCRIPTION</td><td>WATER PRESSURE</td></tr> <tr><td>P&ID</td><td>101-PID-123</td></tr> <tr><td>EQUIPMENT NO</td><td>WM-432</td></tr> <tr><td>LINE NUMBER</td><td>40-WTR-1323</td></tr> <tr><td>PIPE SIZE</td><td>40 MM</td></tr> </table>					TAG NO	PG-2321	DESCRIPTION	WATER PRESSURE	P&ID	101-PID-123	EQUIPMENT NO	WM-432	LINE NUMBER	40-WTR-1323	PIPE SIZE	40 MM						
TAG NO	PG-2321																					
DESCRIPTION	WATER PRESSURE																					
P&ID	101-PID-123																					
EQUIPMENT NO	WM-432																					
LINE NUMBER	40-WTR-1323																					
PIPE SIZE	40 MM																					
<table border="1"> <tr><td>FLUID</td><td>WATER</td></tr> <tr><td>STATE</td><td>LIQUID</td></tr> <tr><td>TEMPERATURE</td><td>25 °C</td></tr> <tr><td>NORMAL PRESSURE</td><td>10 BAR</td></tr> <tr><td>MIN PRESSURE</td><td>1 BAR</td></tr> <tr><td>MAX PRESSURE</td><td>15 BAR</td></tr> </table>					FLUID	WATER	STATE	LIQUID	TEMPERATURE	25 °C	NORMAL PRESSURE	10 BAR	MIN PRESSURE	1 BAR	MAX PRESSURE	15 BAR						
FLUID	WATER																					
STATE	LIQUID																					
TEMPERATURE	25 °C																					
NORMAL PRESSURE	10 BAR																					
MIN PRESSURE	1 BAR																					
MAX PRESSURE	15 BAR																					
<table border="1"> <tr><td>INSTRUMENT TYPE</td><td>PRESSURE GAUGE</td></tr> <tr><td>MIN RANGE</td><td>0 BAR</td></tr> <tr><td>MAX RANGE</td><td>20 BAR</td></tr> <tr><td>ACCURACY</td><td>0.5 BAR</td></tr> <tr><td>DIAL SIZE</td><td>2 INCH</td></tr> <tr><td>DIAL COLOUR</td><td>WHITE</td></tr> <tr><td>FLANGE SIZE</td><td>25 MM</td></tr> <tr><td>ELEMENT TYPE</td><td>BOURDON TUBE</td></tr> <tr><td>SEAL TYPE</td><td>TBA</td></tr> </table>					INSTRUMENT TYPE	PRESSURE GAUGE	MIN RANGE	0 BAR	MAX RANGE	20 BAR	ACCURACY	0.5 BAR	DIAL SIZE	2 INCH	DIAL COLOUR	WHITE	FLANGE SIZE	25 MM	ELEMENT TYPE	BOURDON TUBE	SEAL TYPE	TBA
INSTRUMENT TYPE	PRESSURE GAUGE																					
MIN RANGE	0 BAR																					
MAX RANGE	20 BAR																					
ACCURACY	0.5 BAR																					
DIAL SIZE	2 INCH																					
DIAL COLOUR	WHITE																					
FLANGE SIZE	25 MM																					
ELEMENT TYPE	BOURDON TUBE																					
SEAL TYPE	TBA																					
<table border="1"> <tr><td>MANUFACTURER</td><td>TBA</td></tr> <tr><td>MAKE</td><td>TBA</td></tr> <tr><td>MODEL NUMBER</td><td>TBA</td></tr> <tr><td>PO NUMBER</td><td>TBA</td></tr> <tr><td>ITEM NUMBER</td><td>TBA</td></tr> <tr><td>SERIAL NUMBER</td><td>TBA</td></tr> <tr><td>UNIT WEIGHT</td><td>TBA</td></tr> <tr><td>PRICE / UNIT</td><td>TBA</td></tr> </table>					MANUFACTURER	TBA	MAKE	TBA	MODEL NUMBER	TBA	PO NUMBER	TBA	ITEM NUMBER	TBA	SERIAL NUMBER	TBA	UNIT WEIGHT	TBA	PRICE / UNIT	TBA		
MANUFACTURER	TBA																					
MAKE	TBA																					
MODEL NUMBER	TBA																					
PO NUMBER	TBA																					
ITEM NUMBER	TBA																					
SERIAL NUMBER	TBA																					
UNIT WEIGHT	TBA																					
PRICE / UNIT	TBA																					
OTHER NOTES: MANUFACTURER TO SPECIFY LEAD TIME																						
www.Engineers-Excel.com																						
		PROJECT REFINERY EXPANSION																				
1		11/12/2015	FOR REVIEW	CKD CLIENT																		
REVISION	DATE	COMMENTS	APPR	OIL AND GAS COMPANY																		

Logo of Plant Owner		Project title		Data sheet No.	
				Issued by	
				Checked by	
				Approved by	
				Revision	
				Date	
CONTROL VALVE DATASHEET					
KKS number		Number of valves		Fluid	
Manufacturer		Service/use		Installation	
Model type		Design code		Max. noise	
OPERATING CONDITIONS					
	Units	Maximum	Normal	Minimum	Notes
Flow					
Inlet pressure					
Pressure Drop					
Temperature					
Specific volume					
Viscosity					
Vapor pressure Pv					
Cavitation factor Kc					
Calculated Cv / Kv					
Design Cv / Kv					
Calculated Noise	dBA @ 1m				
LINE / PIPE					
Line	Inlet / Outlet	Id.	Ø (")	SCH	Insulation (mm)
					Material
BODY / BONNET / PACKING			ACTUATOR		
Type			Type		
Size (") / ANSI rating(#)			Manufacturer		
Body material			Model / size		
Liner material / thickness (mm)			Opening / closing time (sec)		
			Open / close action spring		
Design	Press		Fail position		
	Temp		Max / min air supply pressure		
	Shut-off press		Min operation air press		
Connection	Inlet		Actuator orientation		
	Outlet		Handwheel		
Flanges	Material / Type		Lock-up relay / set value (barg)		
	Rating		Mechanical travel limit / mod		
Exten connections / material					
Flow direction			POSITIONER / POSITION TRANSM.		
Bonnet type			Type		
Packing type / material			Manufacturer		
Lubr. & iso. val / lubricant			Model		
Seal / drain connection			I/O pressure gages		
			Position transmitter/ model		
INTERNAL / VALVE PLUG / SEAT RING			LIMIT SWITCHES		
Valve plug type			Input signal		
Cage type			Type		
Trim characteristic			Manufacturer		
Valve plug size / travel (")			Model		
Balanced / Unbalanced			Contacts quantity / type		
Valve plug material			Rating		
Seat ring material			OTHER ACCESSORIES		
Stem material			Electrical terminal box		
Cage material			Insulation class		
Seat leak class			Manufact/model		
OTHER REQUIREMENTS			Solenoid		
Hydrostatic testing			Voltage		
Seat Leakage testing			Filter regulator / outlet press		
Special inspection testing requirements			gauge		
Painting requirements			Protection grade		
			Electrical classification		

Projeto: Documentação

Exemplos coletados da Internet:

DS115 - Venturi Tube: 150-FE -5506-

General	1	Tag No.	150-FE -5506-				
	2	Service	Training Data				
	3	Line No.	81700 - 6"-3C				
	4	Line Material					
	5	Line Inner Diameter					
Process Data	6	Fluid and Phase	Water/Steam		S		
	7	Flow Max.	Operation	Min.	2.75	m/h	
	8	Pres. Max.	Operation	Min.	2.75	1.47	bar(a)
	9	Temp. Max.	Operation	Min.	200	128	C
	10	S.G. @ Base	Oper.	Base Temp.			
	11	Molecular Weight					
	12	Quality	Superheat				
	13	Compressibility					
	14	Ratio of Specific Heats					
	15	Base Pressure	Base Temperature		bar(a)	C	
	16	Test Pressure					
	17	Calculations					

SEE NOTE 1

Nozzle	18	Type			
	19	Material	Thickness		
	20	Process Connection D	6"	300 # RF	
	21	Entrance Cylinder Length L2			
	22	Conical Convert Length L3			
	23	Throat Diameter d			
	24	Throat Length L5			
	25	Recovery Cone Length L6			
	26	Recovery Cone Angle			
	27	Overall Length L			
	28	Taps Size and Orientation	100.85	0.6561	
	29	Measuring range	0	2540	mm. H2C
30	Calibrated Range DP	0	4.9	Ton/Hr	

Projeto:

Documentação

DIAGRAMA LÓGICO (Logic Diagram)

Usualmente utilizado para intertravamentos.

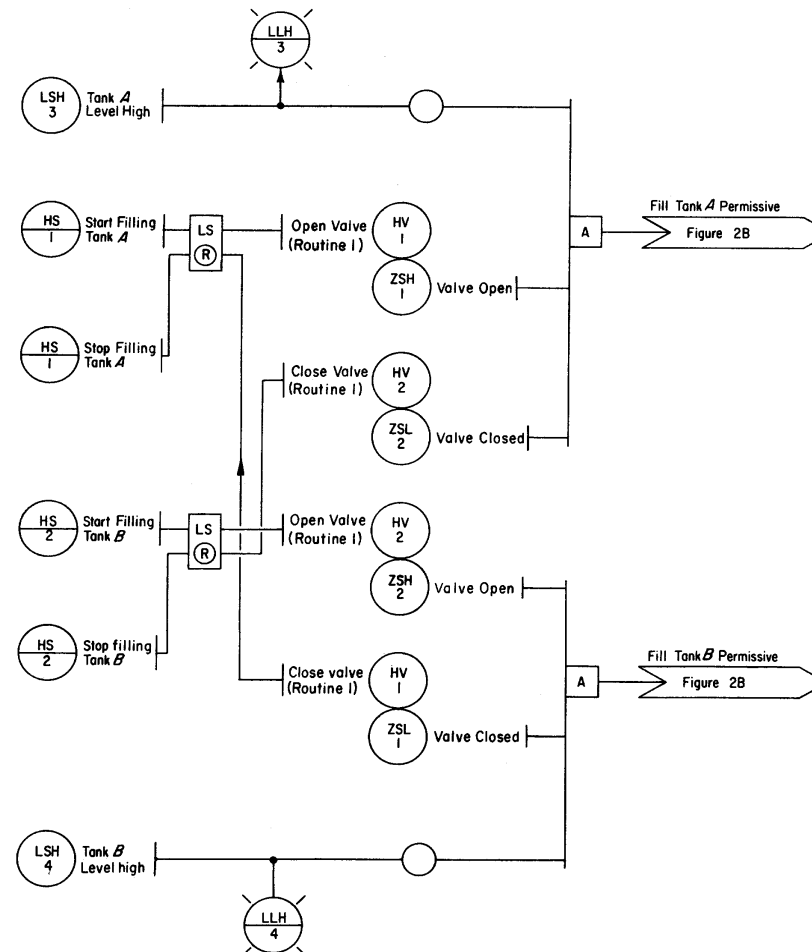
Diagrama que contém a descrição lógica de uma ou mais malhas de intertravamento.

Frequentemente, quando CLPs ou similares são utilizados para realizar o controle, a própria documentação do software é empregada (e.g. Diagramas ladder).

A norma ISA-5.2-1976 (R1992), que já está um tanto datada, disciplina a confecção de diagramas lógicos, porém diagramas de chaves, diagramas de blocos entre outros são bastante utilizados.

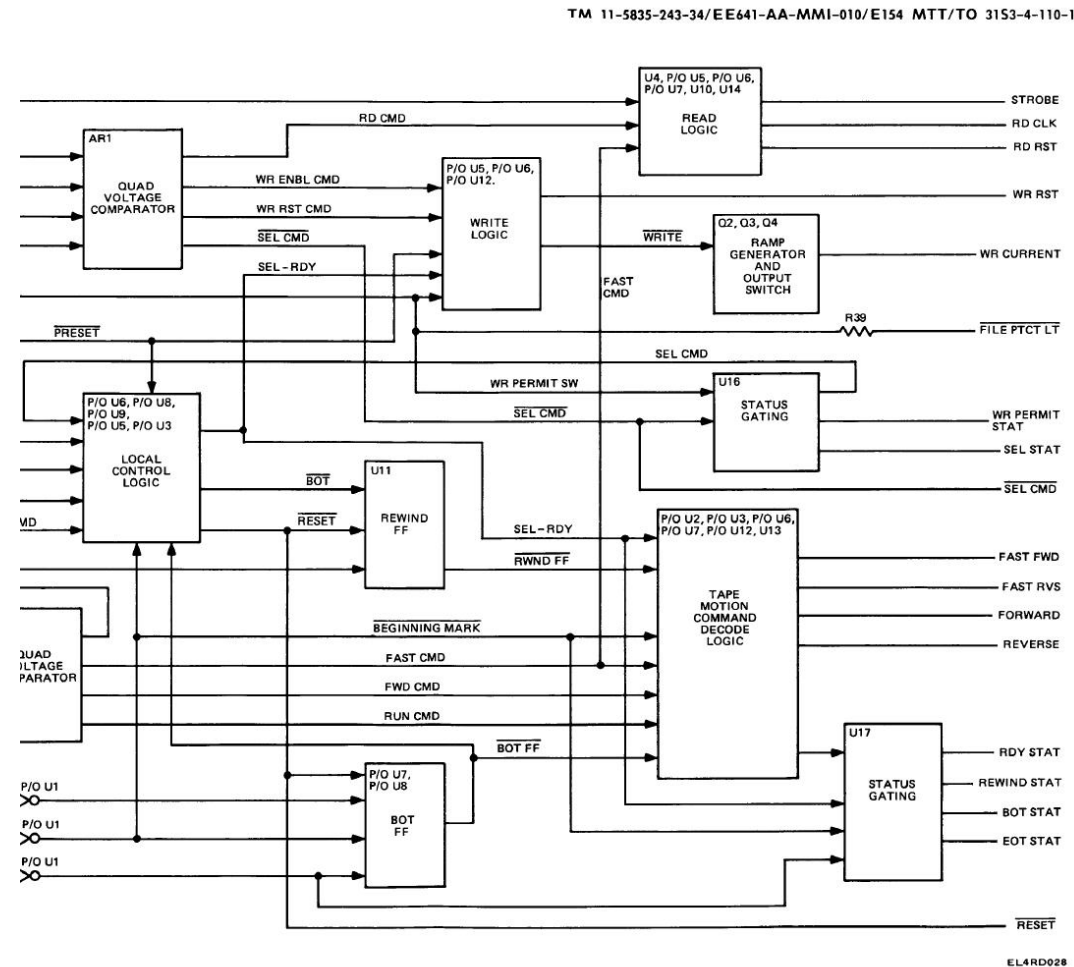
Projeto: Documentação

Exemplo coletado da ISA S5.2:



Projeto: Documentação

Exemplo coletado da Internet:



Projeto:

Documentação

DIAGRAMA DINÂMICO (Dynamic Diagram)

Usualmente utilizado para controle (incluindo eventuais intertravamentos).

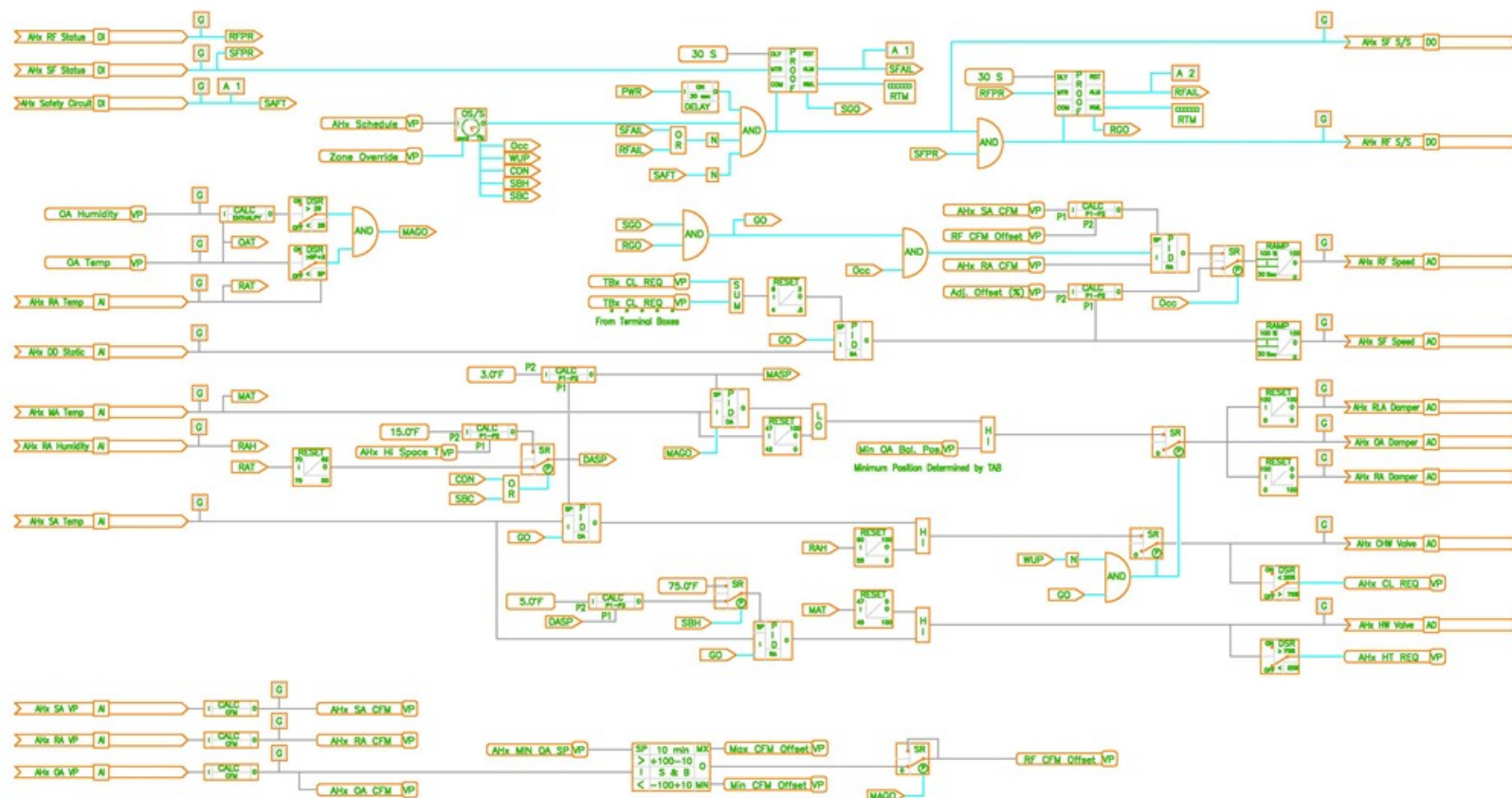
Diagrama que contém a descrição de algoritmos de controle.

Frequentemente, quando CLPs, SDCDs ou similares são utilizados para realizar o controle, a própria documentação do software é empregada (e.g. Diagramas Ladder, Diagramas de Blocos Funcionais – Function Block Diagrams).

Dada a relativa complexidade, esses documentos são comumente acompanhados de memoriais descritivos.

Projeto: Documentação

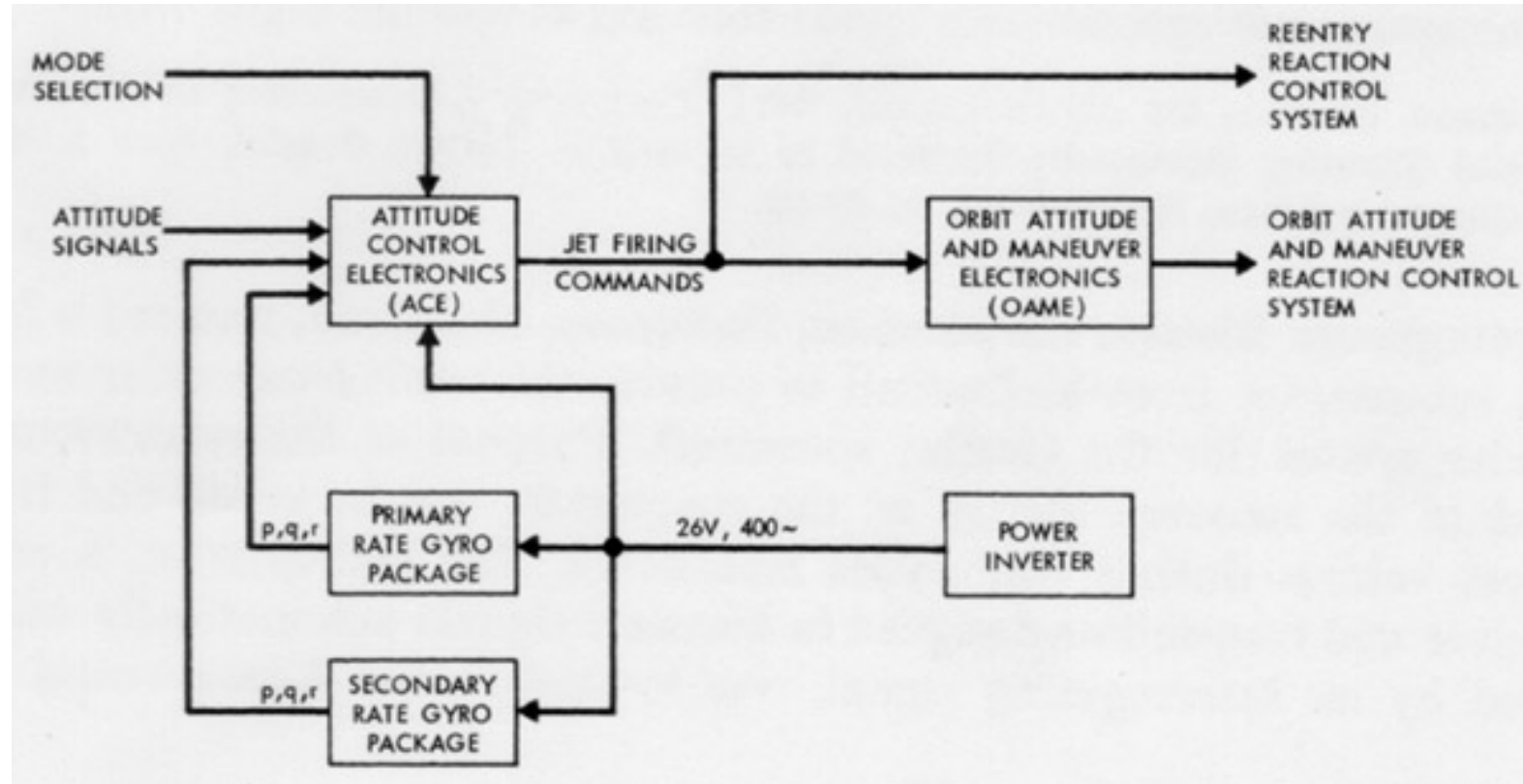
Exemplos coletados da Internet: FBD (Function Block Diagram)



Projeto:

Documentação

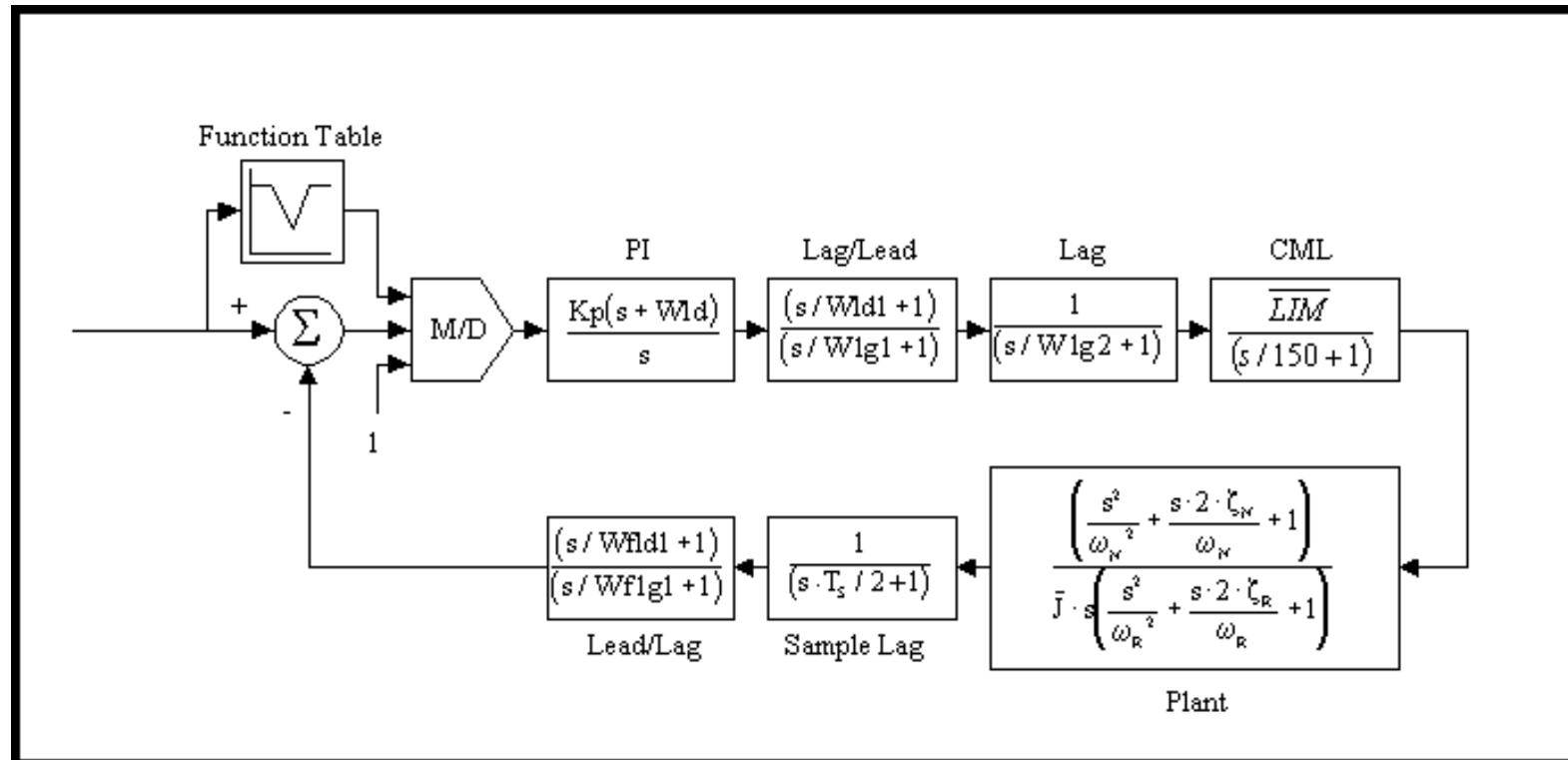
Exemplos coletados da Internet: FBD (Function Block Diagram)



Projeto:

Documentação

Exemplos coletados da Internet: FBD (Function Block Diagram)



Projeto:

Documentação

LISTAS

As listas relacionadas são documentos derivados, especialmente dos diagramas P&I e de malha. Podem ser gerados automaticamente.

LISTA DE INSTRUMENTOS: obtida diretamente do conjunto de diagramas de malhas. Deve relacionar todos os dispositivos necessários para instrumentar a planta. Serve tanto para checar a completude do projeto como para gerar orçamentos, lista de compras, etc.

LISTA DE I/Os: obtida diretamente do diagrama P&I (ou do conjunto de diagramas de malhas). Deve relacionar as saídas e entradas tanto digitais como analógicas. É um documento essencial para o dimensionamento e projeto do sistema de controle.

LISTA DE CABEAMENTO (Cables Schedule): obtida indiretamente a partir do conjunto do diagrama de malhas e da disposição física dos equipamentos, eletrodutos e bandejas. Serve para determinar os tipos e quantidades de cabos e para orientar a instalação.

Projeto:

Documentação

FERRAMENTAS DE SOFTWARE

Há no mercado diversas soluções de software que permitem:

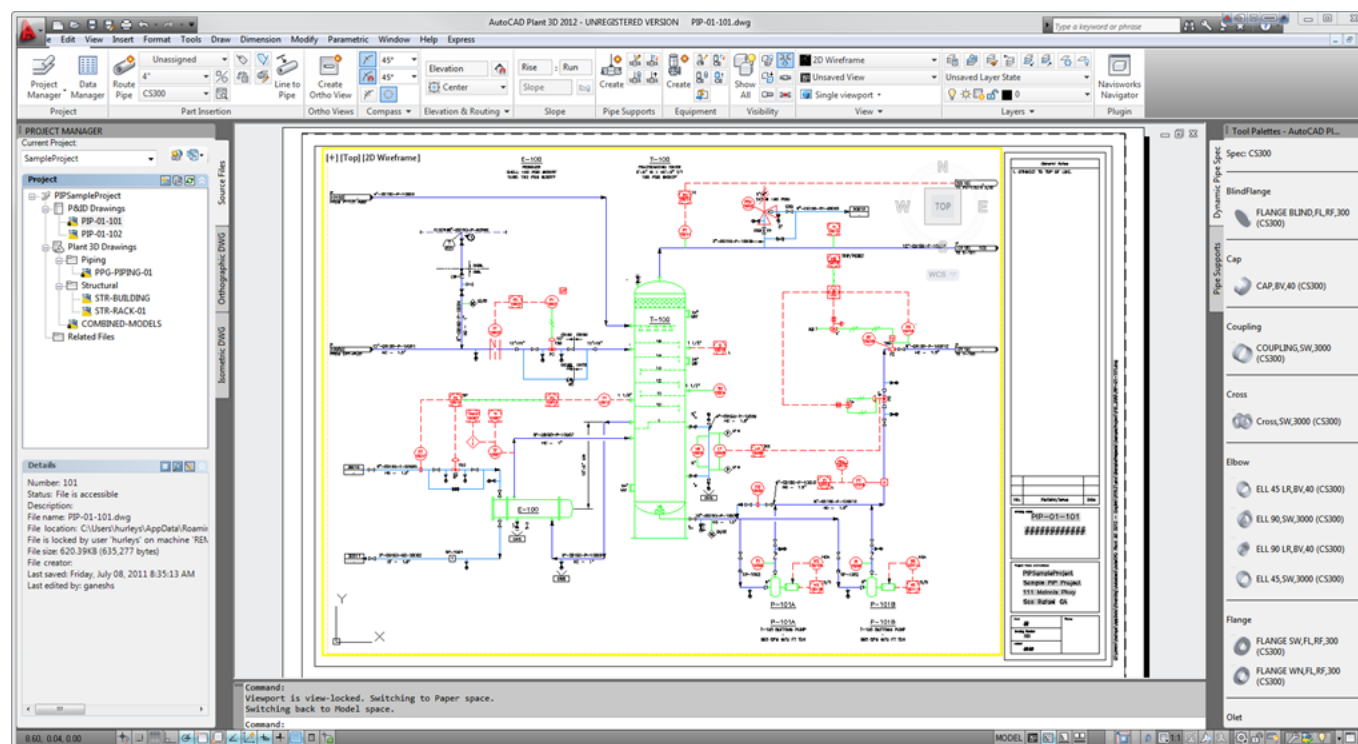
- i. Estruturar o fluxo de trabalho de concepção, auxiliando na criação de fluxogramas e associando os blocos com requisitos, responsáveis, etc.
- ii. Produção de diagramas P&I estruturados associados tanto aos fluxogramas, etc. produzidos previamente como também auxiliando a confecção de diagramas de malha, folhas de instrumentos, diagramas lógicos e dinâmicos.
- iii. Geração automática de documentos auxiliares como listas de instrumentos, lista de I/Os, listas de materiais, relatórios de calibração, etc.
- iv. Manter bancos de dados para tarefas diversas: e.g. Listas de tags (tags serão tratados posteriormente no curso) para codificação dos sistemas de controle e supervisão.

Projeto: Documentação

Exemplo de software: AutoCAD P&ID

O AutoCAD P&ID (parte do pacote AutoCAD Plant 3D) permite produzir P&IDs estruturados e associá-los a diagramas de malha, lista de instrumentos, etc.

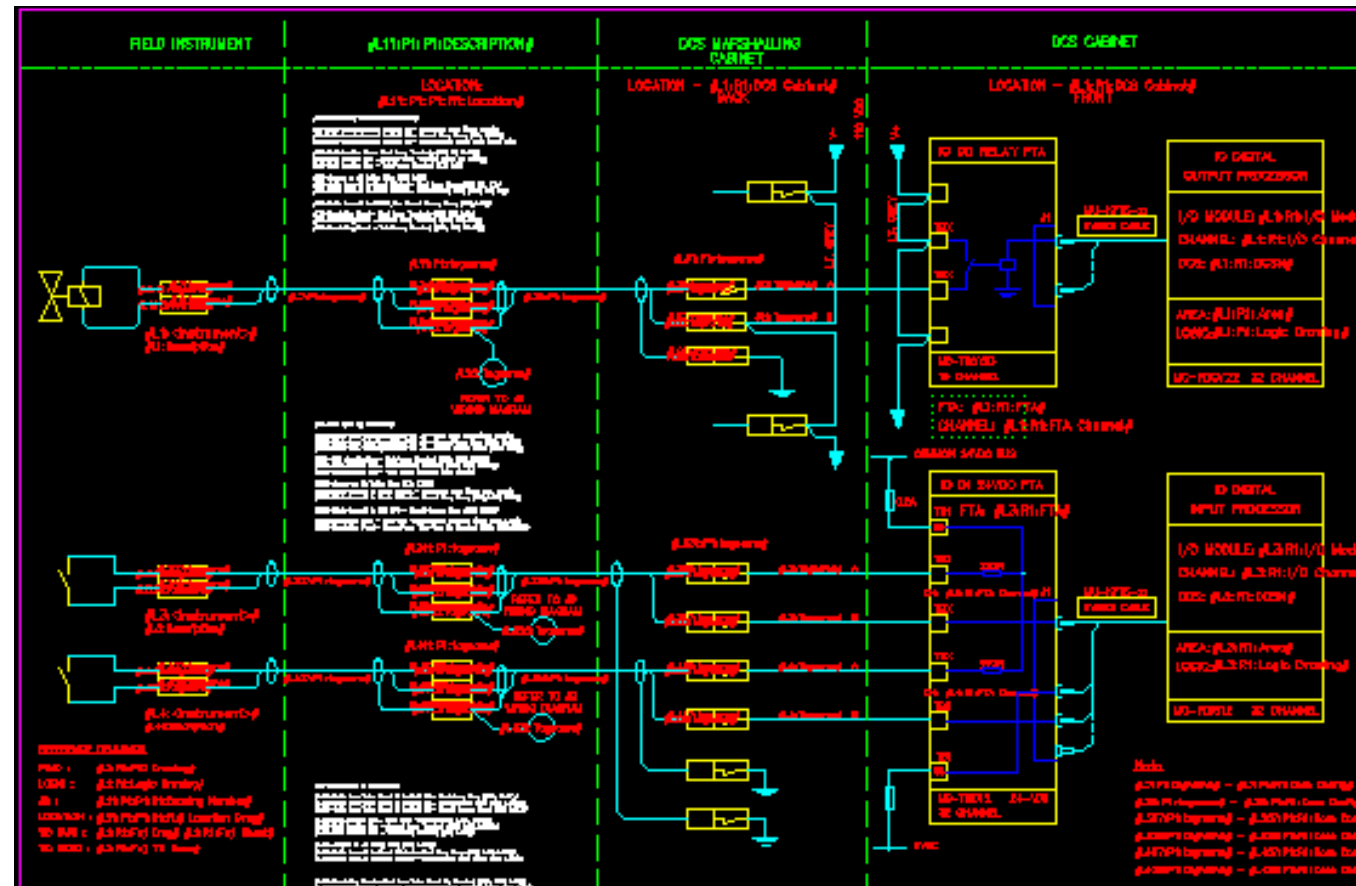
Pode ser integrado a outros produtos compatíveis para gerenciamento de projeto, etc.



Projeto: Documentação

Exemplo de software: Elecdes Design Suite

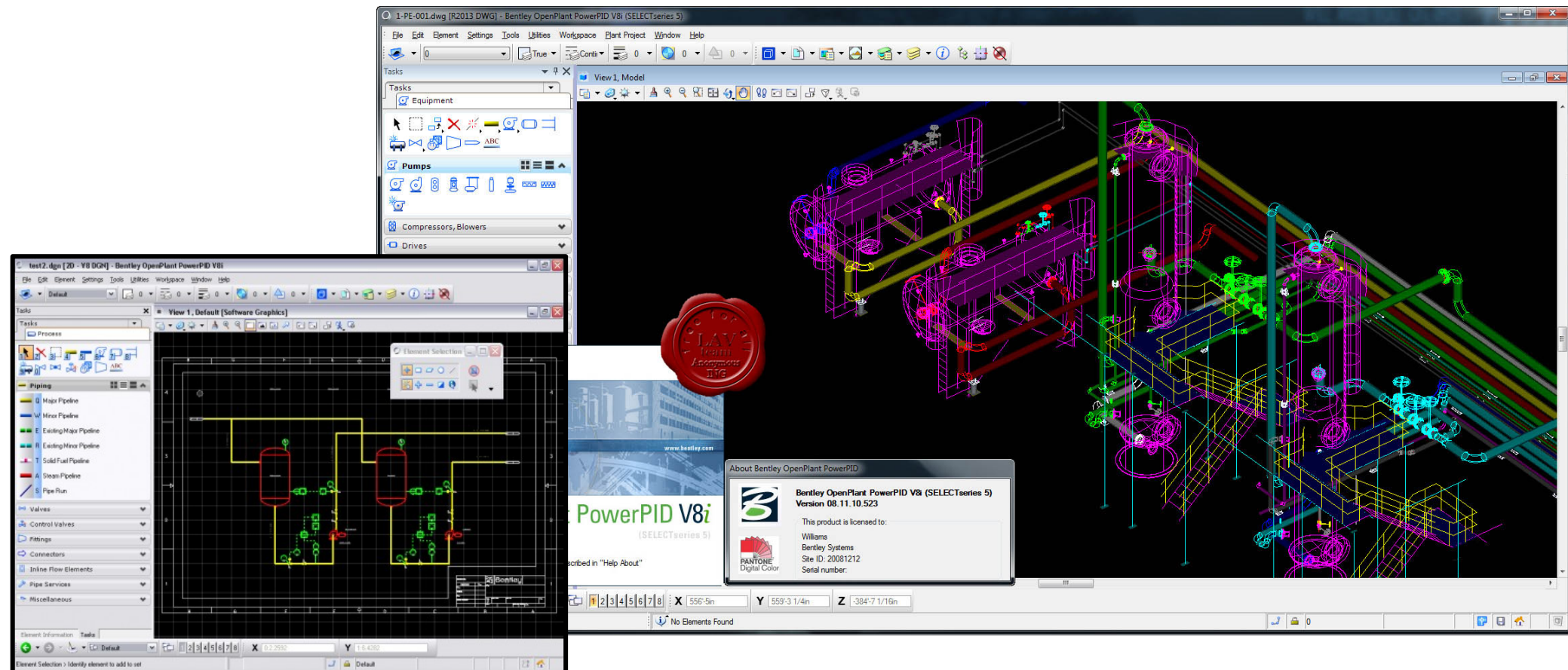
Similar ao AutoCAD Plant 3D, porém com ênfase em elétrica.



Projeto: Documentação

Exemplo de software: Bentley Openplan P&ID

Mais um software integrado para produção de diagramas P&I.



Projeto: Documentação

Exemplo de software simples: LucidChart (usado nos P&IDs desse curso)

