



PLANTA PER LA FABRICACIÓ DE FORMALDEHID A PARTIR DE METANOL

TREBALL DE FINAL DE GRAU
ENGINYERIA QUÍMICA

Juny 2026

UAB
Universitat
Autònoma
de Barcelona

Escola
d'Enginyeria

Erik Benito
Alex García
Guillem Iglesias
Adrià Navarro
Mar Pastor
Alejandro Rasero

Tutor: Josep A. Torà





PLANTA PER LA FABRICACIÓ DE FORMALDEHID A PARTIR DE METANOL

TREBALL DE FINAL DE GRAU
ENGINYERIA QUÍMICA

Juny 2026

UAB
Universitat
Autònoma
de Barcelona

Escola
d'Enginyeria

Erik Benito
Alex García
Guillem Iglesias
Adrià Navarro
Mar Pastor
Alejandro Rasero

Tutor: Josep A. Torà



Taula de continguts

3.1 Introducció	3
3.2 Sistemes de control.....	3
3.2.1 Conceptes bàsics del sistema de control.....	4
3.2.2 Variables principals del procés	5
3.2.3 Tipus de llaços de control.....	5
3.2.4 Alarmes i interbloquejos.....	6
3.3 Normativa, nomenclatura i simbologia.....	8
3.3.1 Nomenclatura dels instruments	8
3.3.2 Nomenclatura dels llaços de control	9
3.3.3 Simbologia dels instruments i senyals	11
3.4 Arquitectura del sistema de control	11
3.4.1 Elements de camp	12
3.4.2 PLC	14
3.4.3 Estacions remotes i perifèria distribuïda	16
3.4.4 Estació de control, SCADA i HMI	17
3.4.5 Cablejat i comunicacions	18
3.4.6 Recompte de senyals	20
3.4.7 Criteri ATEX en arquitectura.....	21
3.5 Sensors	22
3.5.1 Sensors de nivell	22
3.5.2 Sensors de temperatura	26
3.5.3 Sensors de pressió	29
3.5.4 Sensors de cabal.....	32
3.5.5 Resum de sensors escollits	36
3.6 Instrumentació de la planta	37
3.6.1 Sensors i transmissors	38
3.6.1.1 Selecció tecnològica dels sensors	47
3.6.2 Controladors.....	51
3.6.3 Elements finals de control	55
3.7 Llistat dels llaços de control	59

3.7.1 Àrea 100. Emmagatzematge de metanol	59
3.7.2 Àrea 200. Pretractament de reactius	60
3.7.3 Àrea 300. Reacció	61
3.7.4 Àrea 400. Absorció i condicionament del producte	62
3.7.5 Àrea 500. Emmagatzematge de formol	63
3.7.6 Àrea 600. Serveis auxiliars	65
3.8 Llistat d'instrumentació	67
3.8.1 Àrea 100. Emmagatzematge de metanol	67
3.8.2 Àrea 200. Pretractament de reactius	69
3.8.3 Àrea 300. Reacció	70
3.8.4 Àrea 400. Absorció i condicionament del producte	72
3.8.5 Àrea 500. Emmagatzematge de formol	73
3.8.6 Àrea 600. Serveis auxiliars	76
3.9 Descripció dels llaços de control	77
3.9.1 Tancs d'emmagatzematge	77
3.9.2 Bombes i compressors	86
3.9.3 Evaporadors i bescanviadors de calor	90
3.9.4 Reactor	94
3.9.5 Columna d'absorció	100
3.9.6 Mescladors	108
3.9.7 Serveis auxiliars	114
3.10 Bibliografia	122

3.1 Introducció

En aquest capítol es descriu com es mesuren, regulen i supervisen les principals variables de la planta Formachem. Per fer-ho, cal definir quines magnituds s'han de controlar contínuament, quins instruments s'instal·len a cada àrea del procés i quines alarmes o actuacions automàtiques s'activen quan les condicions d'operació s'allunyen dels valors previstos. La producció de formaldehid a partir de metanol necessita un sistema de control ben estructurat, ja que el procés inclou diverses etapes amb requeriments diferents, com l'emmagatzematge del metanol, la mescla aire/metanol, la reacció catalítica, l'absorció dels gasos, l'emmagatzematge del formol i els serveis auxiliars. En aquest capítol, la instrumentació s'ha plantejat sobretot per controlar les variables que poden afectar la seguretat i l'operació de la planta. Les variables principals considerades són la temperatura, la pressió, el cabal i el nivell, les quals tenen funcions diferents segons la zona de la planta. A més dels llaços de regulació, el capítol també incorpora alarmes, interbloquejos i proteccions mecàniques. Entre aquests elements hi ha avisos associats al nivell, la pressió i la temperatura, actuacions sobre vàlvules o equips quan és necessari, i dispositius independents de seguretat, com les PSV. Amb tot això, es busca que la planta funcioni dins d'uns marges compatibles i que l'operador disposi d'informació clara per poder intervenir abans que una desviació pugui derivar en una situació crítica.

3.2 Sistemes de control

La filosofia de control s'ha organitzat segons les diferents àrees del procés, ja que cada zona de Formachem compleix una funció específica dins de la producció de formol i presenta unes necessitats de control pròpies. Per aquest motiu, la importància de cada variable no és la mateixa en tots els equips. En alguns casos, la instrumentació forma part d'un llaç de regulació contínua, mentre que en altres punts té una funció principalment de seguiment, alarma o protecció. Un llaç de control inclou la mesura de la variable, el tractament del senyal i l'actuació corresponent sobre el procés. El transmissor envia la informació al sistema de control, el controlador determina la resposta adequada i l'element final actua sobre una vàlvula, un variador de freqüència o un altre equip del sistema. Quan no hi ha cap element final associat, la variable queda destinada al monitoratge o a la generació d'alarmes. Els llaços de pressió, temperatura, cabal i nivell s'han repartit d'acord amb els P&ID de les àrees A-100 fins a A-600. A banda dels llaços de regulació, també s'han establert alarmes i interbloquejos per a aquelles situacions en què no és necessària una regulació contínua, però sí una detecció ràpida de la desviació. Els nivells alt-alt o baix-baix, les pressions elevades, les desviacions en la relació aire/metanol i les temperatures fora dels valors establerts es consideren condicions que han de quedar registrades i visibles al PLC/SCADA i, quan sigui necessari, vinculades a una actuació automàtica. Aquest plantejament segueix un criteri amb la seguretat funcional aplicada habitualment a la indústria de procés

3.2.1 Conceptes bàsics del sistema de control

Per entendre els llaços de control de Formachem és necessari distingir entre la variable que es mesura, el valor de consigna que es vol mantenir i l'acció que deixa modificar el procés. Aquesta relació constitueix la base del control automàtic i fa possible que qualsevol desviació de pressió, temperatura, cabal o nivell es pugui corregir de manera ordenada. Les variables d'entrada són aquelles que afecten el funcionament de l'equip o de la línia de procés. Algunes poden ser modificades directament pel sistema de control, com l'obertura d'una vàlvula o la velocitat d'un motor, mentre que altres apareixen com a pertorbacions, com ara variacions en el cabal d'alimentació, en la temperatura d'un servei auxiliar o en la pressió d'una línia. Les variables de sortida representen la resposta real del procés. En aquest projecte, les principals sortides mesurades corresponen a la pressió, la temperatura, el nivell i el cabal, que es transformen en senyals elèctrics normalitzats perquè puguin ser interpretats pel sistema de control. Un exemple d'aquest funcionament és el control de pressió dels tancs de metanol: el transmissor mesura la pressió i envia el senyal al controlador, aquest compara el valor obtingut amb la consigna establerta i, en funció de la desviació, actua sobre l'element final corresponent, com el sistema de nitrogen o el venteig.

Els elements que intervenen en aquesta cadena de control són els següents:

Taula 3.2.1. Elements bàsics del sistema de control

Element	Funció dins del sistema de control
Procés	Equip o conjunt d'equips on es vol controlar una variable.
Sensor o transmissor	Mesura una variable del procés i envia el senyal al sistema de control.
Controlador	Compara el valor mesurat amb la consigna i calcula l'acció necessària.
Element final de control	Actua físicament sobre el procés, per exemple una vàlvula o un variador de freqüència.
Variable controlada	Variable que es vol mantenir dins d'un rang determinat.
Variable manipulada	Variable que es modifica per corregir la variable controlada.
Consigna	Valor desitjat de la variable controlada.
Error	Diferència entre el valor mesurat i el valor de consigna.

Amb aquesta estructura, cada llaç queda definit per la variable mesurada, la funció del controlador i l'element que actua sobre el procés. Aquesta mateixa lògica s'aplica després als llaços de tancs, bombes, reactor, columna d'absorció, serveis auxiliars i tanc pulmó TE-601.

3.2.2 Variables principals del procés

Les variables escollides per al control de Formachem són les que tenen més impacte sobre l'estabilitat operativa i la seguretat: temperatura, pressió, cabal i nivell. El metanol exigeix una supervisió específica en les zones d'emmagatzematge i alimentació per la seva inflamabilitat, mentre que la reacció i l'absorció requereixen controlar les condicions que afecten la conversió i la qualitat del formol. Per aquest motiu, la instrumentació s'ha repartit de forma que cada variable es mesuri en el punt on aporta informació útil per a l'operació. La temperatura es controla en els equips amb intercanvi de calor, reacció o servei tèrmic. En A-200 es relaciona amb l'evaporació i el condicionament de l'alimentació; en A-300 amb el reactor; en A-400 amb el condicionament dels gasos i del formol; i en A-600 amb la caldera CL-601 i el circuit de Therminol. Per al reactor s'adopta un rang crític de 0 a 400 °C, coherent amb les condicions generals del procés de formaldehid. La pressió s'utilitza per vigilar tancs, línies de gas, reactor, columna i serveis auxiliars. En els tancs de metanol deixa controlar l'atmosfera amb nitrogen i el venteig; en la columna i en el reactor ajuda a detectar restriccions o desviacions; i en el TE-601 deixa comprovar el tanc pulmó de Therminol juntament amb la protecció mecànica PSV-602. El cabal és necessari per mantenir l'alimentació i els serveis dins dels valors previstos. Es mesura el metanol, l'aire, els corrents de procés i l'aigua de servei amb tecnologies diferents segons el fluid: Coriolis per líquids de procés, màssic tèrmic per aire i electromagnètic per aigua conductiva. El nivell s'aplica sobretot als tancs, al fons de la columna, a la torre i al tanc pulmó. Aquesta mesura deixa conèixer l'inventari, evitar sobrecompliments, protegir bombes i detectar situacions de nivell alt o baix mitjançant alarmes associades.

3.2.3 Tipus de llaços de control

Els llaços de control s'han definit segons la funció de cada equip i la resposta que es necessita davant una desviació. A la planta hi ha llaços feedback per a regulació contínua, llaços split range en el control de pressió dels tancs, control ràtio per a la relació aire/metanol, cascada en alguns serveis tèrmics i actuacions on/off per a alarmes, vàlvules automàtiques i interbloquejos. El feedback és la configuració més habitual: es mesura una variable, es compara amb la consigna i es calcula una ordre cap a l'element final. Aquesta solució s'utilitza, per exemple, en cabals d'alimentació, nivells, pressions i temperatures on interessa corregir progressivament la desviació. El split range s'aplica al control de pressió dels tancs de metanol, on el mateix controlador pot actuar de forma diferent segons la desviació. Si la pressió baixa, es prioritza l'aportació de nitrogen; si la pressió puja, es facilita el venteig cap al sistema corresponent. El ràtio es fa servir en la mescla aire/metanol, ja que la proporció entre ambdós corrents condiciona l'entrada al reactor. El sistema utilitza les mesures de cabal per mantenir una relació operativa entre l'alimentació de metanol i el cabal d'aire. El control en cascada es reserva per a llaços tèrmics on convé separar la variable de procés de la variable de servei. Per això, el controlador principal manté la temperatura del procés i el controlador secundari ajusta el cabal o l'aportació del servei tèrmic. Les funcions on/off s'utilitzen quan no es busca una regulació proporcional, sinó una acció discreta. Aquest és el cas de vàlvules automàtiques KV, alarmes de nivell alt-alt o baix-baix, aturades de protecció i permissius associats a equips crítics.

Taula 3.2.2. Tipus de llaços de control aplicats a la planta

Tipus de llaç	Funcionament	Aplicació a la planta
Feedback	Mesura la variable controlada i corregeix la desviació respecte a la consigna.	Control de cabal, pressió, temperatura i nivell en la majoria d'equips.
Split range	Un controlador actua sobre dos elements finals diferents.	Control de pressió dels tancs de metanol mitjançant nitrogen i venteig.
Ratio	Manté una relació fixa entre dos cabals.	Control de la relació aire/metanol abans del reactor.
Cascade	Un controlador principal modifica la consigna d'un controlador secundari.	Control de temperatura del reactor i dels serveis tèrmics.
On/off	Actua amb dos estats, obert/tancat o marxa/aturada.	Vàlvules automàtiques, alarmes, interbloquejos i protecció de bombes.

3.2.4 Alarmes i interbloquejos

Les alarmes i interbloquejos complementen els llaços de regulació. La seva funció és fer visibles les desviacions rellevants i, quan la condició ho requereix, executar una acció automàtica que protegeixi l'equip o eviti una operació insegura. Aquest criteri s'ha aplicat especialment a tancs, línies de gas, reactor, columna i serveis auxiliars. Les alarmes informen l'operador d'una situació fora del rang normal, com una pressió alta, una temperatura alta o un nivell alt o baix. La seva resposta principal és visualitzar l'avís al sistema de control perquè es pugui confirmar la causa i actuar segons el procediment d'operació. Els interbloquejos tenen una funció més restrictiva, ja que poden aturar una bomba, tancar una vàlvula automàtica o impedir una maniobra si es compleix una condició de seguretat. En els tancs, els senyals LSHH i LSLL representen nivell alt-alt i nivell baix-baix. El primer evita el sobrecompliment i el segon protegeix les bombes davant d'una possible aspiració en sec. En tots dos casos, el senyal arriba al PLC/SCADA i pot generar una alarma o una actuació automàtica. Les alarmes de temperatura s'utilitzen en equips amb intercanvi de calor, reacció o servei tèrmic. En el reactor i en el circuit de Therminol són necessaris perquè una desviació tèrmica pot afectar el rendiment del procés o les condicions segures d'operació. Les alarmes de pressió alta s'apliquen en tancs, reactor, columna i TE-601. Aquestes alarmes deixen detectar una sobrepressió abans que l'equip arribi a una situació crítica. Quan correspon, el sistema pot actuar sobre el venteig o deixar que una protecció mecànica independent, com una PSV, limiti la pressió.

Taula 3.2.3. Alarmes i interbloquejos principals

Variable o condició	Instrument associat	Equip o àrea	Acció prevista	Finalitat
Nivell alt-alt	LSHH	Tancs de metanol i formol	Interruptor / alarma de nivell alt-alt i interbloqueig de protecció.	Evitar el sobrecompliment extrem del tanc.
Nivell baix-baix	LSLL	Tancs de metanol i formol	Interruptor / alarma de nivell baix-baix i aturada de bomba associada si correspon.	Evitar el funcionament en sec de la bomba.
Nivell alt	LAH	Columna, torre, TE-601 i punts amb LT	Alarma visual / PLC generada a partir del nivell mesurat.	Detectar desviacions de nivell alt abans d'arribar a una desviació del rang.
Nivell baix	LAL	ME-401 i punts amb LT	Alarma visual / PLC generada a partir del nivell mesurat.	Avisar davant valors fora de rang de nivell baix
Temperatura alta	TAH	Tancs, reactors, columna i línies	Alarma a sala de control.	Detectar increments de temperatura fora del rang normal.
Temperatura baixa	TAL	ME-201 i tancs de formol	Alarma a sala de control.	Detectar temperatura baixa

Variable o condició	Instrument associat	Equip o àrea	Acció prevista	Finalitat
Pressió alta / sobrepressió	PT / PAH	Tancs, reactors, columna i TE-601	Alarma a sala de control i actuació sobre venteig o protecció mecànica si correspon.	Evitar sobrepressions en equips i línies.
Desviació aire/metanol	FT / FIC	Mescla abans del reactor	Alarma i bloqueig de l'alimentació si la desviació és elevada.	Mantenir una bona alimentació al reactor.

3.3 Normativa, nomenclatura i simbologia

El document recull els tags que apareixen als P&ID i que intervenen en el control de temperatura, pressió, cabal, nivell, alarmes, vàlvules, VFD, I/P, PSV i BURNERS-601. Aquesta codificació deixa llegir els plànols de forma ràpida i relacionar cada instrument amb la variable que mesura o controla. Així, tags com TT, PT, LT o FT indiquen transmissors de camp, mentre que TIC, PIC, LIC i FIC identifiquen funcions de control implementades al sistema PLC/SCADA. La nomenclatura s'ha ajustat al procés de formaldehid perquè el capítol sigui coherent amb els P&ID de les àrees A-100 a A-600. Per això s'han mantingut només els codis utilitzats al projecte, incloent alarmes LAH, LAL, LSHH, LSL, TAH, TAL i PAH, vàlvules de control PCV, TCV, LCV i FCV, vàlvules automàtiques KV, variadors VFD, transductors I/P i vàlvules PSV. La simbologia diferencia els instruments muntats en camp, les funcions de control o supervisió i els elements finals que actuen sobre el procés. Aquesta separació ajuda a entendre quins dispositius són físics, quines funcions es resolen al PLC o al SCADA i quines proteccions treballen de forma independent.

3.3.1 Nomenclatura dels instruments

Les lletres indiquen la variable i la funció de l'instrument, mentre que la numeració relaciona el tag amb l'equip, l'àrea o el llaç corresponent. En Formachem s'han utilitzat principalment tags associats a temperatura, pressió, cabal i nivell, juntament amb funcions de control, alarma, interbloqueig i actuació.

El tag general dels instruments segueix l'estructura següent:

Codi de lletres - Número d'àrea o equip

El codi de lletres indica la variable i la funció, mentre que el número associa l'instrument a una zona o equip. Per exemple, PT-101 identifica un transmissor de pressió de l'àrea 100 i PIC-101 identifica la funció de control indicada associada al mateix servei.

Taula 3.3.1. Nomenclatura utilitzada en el projecte

Tag	Descripció
TT	Transmissor de temperatura
PT	Transmissor de pressió
LT	Transmissor de nivell
FT	Transmissor de cabal
TIC	Controlador indicador de temperatura
PIC	Controlador indicador de pressió
LIC	Controlador indicador de nivell
FIC	Controlador indicador de cabal
TAH	Alarma de temperatura alta
TAL	Alarma de temperatura baixa
PAH	Alarma de pressió alta
LAH	Alarma de nivell alt
LAL	Alarma de nivell baix
LSHH	Interruptor / alarma de nivell alt-alt
LSLL	Interruptor / alarma de nivell baix-baix
PCV	Vàlvula de control de pressió
TCV	Vàlvula de control de temperatura
LCV	Vàlvula de control de nivell
FCV	Vàlvula de control de cabal
KV	Vàlvula automàtica on/off
VFD	Variador de freqüència
I/P	Transductor corrent/pressió
PSV	Vàlvula de seguretat mecànica per sobrepressió
BURNERS-601	Cremadors de la caldera CL-601

3.3.2 Nomenclatura dels llaços de control

Els símbols dels P&ID deixen distingir els instruments de camp, les funcions de sala de control i els elements finals de control. Aquesta representació s'ha mantingut simple perquè el lector pugui identificar ràpidament si un element mesura, controla, actua o protegeix el procés. Es fan servir instruments de camp, funcions en PLC/SCADA, vàlvules de control, vàlvules automàtiques KV, variadors VFD, transductors I/P i PSV com a protecció mecànica independent.

Taula 3.3.2. Simbologia utilitzada

Element	Representació / tag	Ús dins del projecte
Instrument en camp	TT, PT, LT, FT	Mesura directa de variables de procés i enviament del senyal al sistema de control.
Funció en sala de control / PLC / SCADA	TIC, PIC, LIC, FIC i alarmes	Control, supervisió, alarmes, històrics i accions automàtiques.
Vàlvula de control	PCV, TCV, LCV, FCV	Element final modulant per regular pressió, temperatura, nivell o cabal.
Vàlvula automàtica on/off	KV	Obertura o tancament automàtic de línies de procés.
Variador de freqüència	VFD	Regulació de velocitat de motors de bombes, compressors o ventiladors.
Transductor I/P	I/P	Conversió de senyal elèctric 4-20 mA a senyal pneumàtic per a vàlvules.
Protecció mecànica independent	PSV	Alleujament mecànic de sobrepressió sense formar part d'un llaç de control.

Els instruments de camp són els dispositius instal·lats sobre equips o línies de procés. Inclouen transmissors TT, PT, LT i FT, interruptors de nivell i altres elements que transformen una magnitud física en un senyal utilitzable pel sistema de control. Les funcions visibles des de sala de control corresponen principalment a TIC, PIC, LIC i FIC. En el document es representen com a funcions de control, no com a equips independents de camp, perquè reben senyals dels transmissors i calculen l'ordre cap a vàlvules, VFD, KV o BURNERS-601. Les funcions lògiques del PLC gestionen alarmes, permissius i interbloquejos. Els senyals LSHH, LSLL, LAH, LAL, TAH, TAL i PAH es processen segons la lògica definida perquè l'operador rebi l'avís corresponent o perquè s'executi una acció automàtica quan calgui. El SCADA concentra la supervisió, la visualització de tendències, el registre d'històrics i la gestió d'alarmes. La seva funció és facilitar l'operació i el seguiment de la planta, mentre que el control en temps real queda assignat al PLC.

3.3.3 Simbologia dels instruments i senyals

Els instruments i elements finals es connecten mitjançant línies de procés i línies de senyal. Als P&ID de Formachem es representen canonades de procés, senyals elèctrics cap al PLC o la perifèria distribuïda i senyals pneumàtics entre els transductors I/P i les vàlvules de control.

Taula 3.3.3. Simbologia de senyals i connexions

Tipus de línia	Significat
Línia contínua	Representa les canonades de procés per on circulen els fluids de la planta, com metanol, aire, mescla aire/metanol...
Línia de senyal pneumàtic	Representa el senyal pneumàtic utilitzat per accionar vàlvules de control. Aquest senyal apareix associat als transductors I/P i a vàlvules com PCV, TCV, LCV i FCV.
Línia de senyal elèctric	Representa la transmissió d'informació entre els instruments de mesura i els controladors. S'utilitza en instruments com PT, TT, LT, FT, PIC, TIC, LIC, FIC, alarmes i enclavaments.

Les línies de procés deixen seguir el recorregut del metanol, l'aire, la mescla aire/metanol, els gasos de reacció, el formol, l'aigua de servei i el Therminol entre les diferents àrees de la planta. Els senyals pneumàtics apareixen en vàlvules de control amb actuador pneumàtic. En aquests casos, el sistema envia una ordre elèctrica al transductor I/P i aquest la converteix en una pressió d'aire que posiciona la vàlvula. Els senyals elèctrics comuniquen les mesures i alarmes amb el sistema de control. S'utilitzen per transmetre valors de PT, TT, LT i FT, així com senyals digitals associats a alarmes, permissius o estats d'equip.

3.4 Arquitectura del sistema de control

L'arquitectura del sistema de control descriu com circulen les mesures i les ordres entre camp, perifèria distribuïda, PLC i supervisió. A Formachem s'ha adoptat una estructura distribuïda per àrees i centralitzada a nivell de control, necessari per a una planta amb tancs, reactor, absorció, emmagatzematge de formol i serveis auxiliars. Els transmissors i actuadors es connecten a estacions remotes ET 200SP HA, que concentren els senyals de camp i els envien al PLC principal. Aquesta configuració redueix el cablejat fins a sala de control i ajuda el diagnòstic per àrees, d'acord amb la filosofia de perifèria distribuïda utilitzada en automatització de procés [3]. La comunicació principal es realitza mitjançant PROFINET, que deixa l'intercanvi de dades entre PLC, perifèria distribuïda, HMI, SCADA i variadors de freqüència en una xarxa Ethernet industrial.

Taula 3.4.1. Nivells de l'arquitectura de control

Nivell	Elements principals	Funció dins del sistema
Camp	TT, PT, LT, FT, LSHH/LSLL, KV, I/P, VFD, vàlvules i BURNERS-601	Mesura de variables, detecció d'estats i actuació física sobre el procés.
Perifèria distribuïda	SIMATIC ET 200SP / ET 200SP HA	Concentració de senyals per àrees i comunicació amb el PLC mitjançant PROFINET.
Control	SIMATIC PCS 7 AS 410H	Execució de llaços PID, seqüències, alarmes, permissius i interbloquejos.
Supervisió	WinCC Unified Runtime i HMI Siemens Comfort Panel	Visualització, consignes autoritzades, històrics, tendències, alarmes i diagnòstic.
Comunicació	PROFINET / Ethernet industrial i fibra òptica en trams llargs	Intercanvi de dades entre camp, estacions remotes, PLC, HMI i SCADA.

El recorregut de la informació comença al nivell de camp. Els transmissors de pressió, temperatura, nivell i cabal envien senyals normalitzats als mòduls d'entrada de la perifèria distribuïda. Aquests mòduls, ubicats en armaris locals, agrupen els senyals per àrees i els comuniquen al PLC mitjançant PROFINET [3]. El PLC SIMATIC PCS 7 AS 410H rep aquestes dades, les converteix a unitats d'enginyeria i executa les funcions de regulació, alarma, seqüència i interbloqueig. En un llaç regulador compara la mesura amb la consigna i genera una ordre cap a l'element final: vàlvula de control, KV, VFD o BURNERS-601, segons el servei definit al P&ID [1]. El SCADA WinCC Unified actua com a capa d'operació i supervisió. Deixa visualitzar variables, reconèixer alarmes, consultar tendències, revisar històrics i modificar consignes autoritzades, però no substitueix el PLC en l'execució del control en temps real.

3.4.1 Elements de camp

El nivell de camp agrupa els instruments i actuadors instal·lats a la planta. Són els elements que entren en contacte amb el procés o amb els serveis auxiliars i proporcionen la informació que després utilitza el sistema de control. En aquesta planta, els principals elements de camp són els transmissors de temperatura, pressió, cabal i nivell, així com les vàlvules de control, les vàlvules automàtiques, els variadors de freqüència i els elements de seguretat. Aquests instruments es troben distribuïts per les diferents àrees del procés: emmagatzematge de metanol, pretractament, reactor, absorció i emmagatzematge de formol. Els transmissors converteixen la magnitud física en un senyal normalitzat. Per exemple, un PT mesura pressió, un TT mesura temperatura, un LT mesura nivell i un FT mesura cabal. A partir d'aquests senyals, el PLC pot comprovar, regular o activar alarmes. Els elements finals de control són els dispositius que reben l'ordre del sistema de control i actuen sobre el procés. En aquesta planta, els

principals elements finals són les vàlvules de control i els variadors de freqüència. Les vàlvules de control deixen regular el pas d'un fluid, com nitrogen, aigua de refrigeració, Therminol o corrents de procés. Els variadors de freqüència permeten modificar la velocitat de bombes i compressors per ajustar el cabal impulsat. També formen part del nivell de camp les vàlvules de control, les vàlvules automàtiques KV, els VFD, els transductors I/P i les proteccions mecàniques com les PSV.

Taula 3.4.2. Elements de camp del sistema de control

Element de camp	Exemples de tags	Funció principal	Aplicació a la planta
Transmissors de pressió	PT	Mesurar la pressió i enviar el senyal al sistema de control	Tancs de metanol, reactor, columna d'absorció i tancs de formol
Transmissors de temperatura	TT	Mesurar la temperatura del procés	Evaporador, bescanviadors, reactor, columna i tancs
Transmissors de cabal	FT	Mesurar el cabal d'un corrent líquid o gasós	Metanol, aire, aigua d'absorció i formol
Transmissors de nivell	LT	Mesurar el nivell de líquid	Tancs d'emmagatzematge i fons de columna
Vàlvules de control	PCV, TCV, LCV, FCV	Regular el pas d'un fluid segons l'ordre del controlador	Nitrogen, venteig, Therminol, aigua de refrigeració i sortida de líquid
Vàlvules automàtiques	KV	Obrir o tancar una línia de procés	Entrades i sortides de tancs, línies de seguretat i bloquejos
Transductors I/P	I/P	Convertir senyal elèctric en senyal pneumàtic	Accionament de vàlvules pneumàtiques de control
Variadors de freqüència	VFD	Regular la velocitat de motors	Bombes de metanol, bombes de formol i compressors
Interruptors i alarmes	LSHH, LSLI, TAH, PAH	Detectar condicions límit i avisar el sistema de control	Protecció de tancs, reactor, columna i bombes

La selecció dels elements de camp depèn del fluid, de la temperatura, de la pressió i de la classificació de zona. En A-100, A-200 i A-300 es té en compte la possible classificació ATEX; en A-400 i A-500 predomina la compatibilitat amb formol/formaldehid; i en A-600 s'avalua la compatibilitat amb Therminol, aigua de servei i equips auxiliars.

3.4.2 PLC

El PLC SIMATIC PCS 7 AS 410H és el nivell encarregat d'executar la lògica de control de Formachem. Rep les entrades procedents de transmissors, interruptors, alarmes i contactes de camp, les escala a unitats d'enginyeria i aplica els blocs de control, seqüències i permissius configurats per a cada àrea de la planta [1], [2]. La plataforma incorpora CPU, alimentació, comunicació industrial, mòduls d'entrada i sortida a través de la perifèria distribuïda i funcions de diagnòstic. Amb aquesta estructura, el PLC pot enviar ordres a vàlvules de control, KV, VFD, transductors I/P i BURNERS-601, a més de gestionar alarmes i interbloquejos de forma repetible i documentada.

Taula 3.4.3. Full d'especificacions del PLC

	FULL D'ESPECIFICACIONS PLC	FULL 1/1
Dades generals		
Ítem	Sistema de control principal de planta	
Proveïdor / fabricant	Siemens	
Model	SIMATIC PCS 7 AS 410H amb 2 × CPU 410-5H	
Tags associats	Control centralitzat de les àrees A-100 a A-600	
Quantitat instal·lada	1 sistema redundat	
Dades de disseny		
Material en contacte amb el fluid	No aplica; equip instal·lat en sala de control	
Connexió a procés	PROFINET / PROFIBUS DP / Industrial Ethernet	
Rang nominal seleccionat	Controlador redundat per a planta química de procés	
Grau de protecció	IP20 en armari elèctric	
Certificat ATEX	Instal·lació en zona segura; els senyals de zones classificades es gestionen amb mòduls Ex o barreres intrínsecament segures	
Condicions operatives		
Variable mesurada	Senyals de procés i estat dels equips	
Fluid	No aplica	
Rang de temperatura	Ambient de sala de control: 0 a 40 °C	
Rang de pressió	No aplica	
Rang de mesura	Entrades digitals, sortides digitals, entrades analògiques i sortides analògiques	
Tipus de senyal	Digital 24 V DC; analògic 4-20 mA / HART via perifèria distribuïda	
Alimentació	Fonts redundants 24 V DC	
Fotografia		
		

El sistema SCADA s'utilitza per comprovar la planta des de la sala de control. Aquest sistema permet visualitzar les variables principals del procés, modificar consignes, consultar alarmes i registrar dades d'operació. També permet a l'operador conèixer l'estat dels equips principals, com bombes, compressors, vàlvules automàtiques i llaços de control. A través del SCADA, l'operador pot seguir l'evolució de variables com la pressió dels tancs de metanol, el cabal de metanol cap a l'àrea de pretractament, la temperatura del reactor, el nivell de la columna d'absorció o el cabal de sortida del formol. Aquesta supervisió centralitzada ajuda l'operació de la planta i permet avisar davant valors fora de rang abans que es converteixin en problemes més importants. El PLC i el SCADA treballen de forma conjunta. El PLC executa les accions de control en temps real, mentre que el SCADA actua com a interfície entre el sistema de control i l'operador. Per això, el control automàtic del procés queda integrat amb la supervisió, el registre de dades i la gestió d'alarmes.

3.4.3 Estacions remotes i perifèria distribuïda

Les estacions remotes permeten situar mòduls d'entrada i sortida propers a les àrees de procés. Aquesta distribució redueix el cablejat fins a sala de control, concentra les connexions de camp per zones i simplifica el manteniment. Cada armari local recull els senyals analògics i digitals de la seva àrea i els transmet al PLC mitjançant PROFINET. La perifèria distribuïda també ajuda el diagnòstic, ja que permet identificar fallades de canal, pèrdua de comunicació, errors de senyal i problemes d'alimentació per àrea. La seva estructura modular fa possible ampliar canals en fases posteriors sense modificar la filosofia general de control.

Taula 3.4.4. Full d'especificacions de l'estació remota

	FULL D'ESPECIFICACIONS ESTACIÓ REMOTA	FULL 1/1
Dades generals		
Ítem	Estació remota d'entrades i sortides distribuïdes	
Proveïdor / fabricant	Siemens	
Model	SIMATIC ET 200SP HA amb IM 155-6 PN HA	
Tags associats	Àrees A-100, A-200, A-300, A-400, A-500 i A-600	
Quantitat instal·lada	6 estacions	
Dades de disseny		
Material en contacte amb el fluid	No aplica; equip instal·lat en armari local	
Connexió a procés	PROFINET IO amb el PLC AS 410H	
Rang nominal seleccionat	Estació remota per adquisició i actuació de senyals de camp	
Grau de protecció	IP20 en armari elèctric	
Certificat ATEX	Instal·lació en zona segura; per senyals de zona classificada s'utilitzen mòduls Ex o barreres intrínsecament segures	
Condicions operatives		
Variable mesurada	Senyals de camp de sensors, transmissors i actuadors	
Fluid	No aplica	
Rang de temperatura	Ambient d'armari: 0 a 40 °C	
Rang de pressió	No aplica	
Rang de mesura	DI, DQ, AI, AQ, RTD/TC i HART	
Tipus de senyal	Digital 24 V DC; analògic 4-20 mA / HART	
Alimentació	24 V DC	
Fotografia		
		

Taula 3.4.5. Full d'especificacions de la perifèria distribuïda

	FULL D'ESPECIFICACIONS PERIFÈRIA DISTRIBUÏDA	FULL 1/1
Dades generals		
Ítem	Conjunt de mòduls d'E/S per a perifèria distribuïda	
Proveïdor / fabricant	Siemens	
Model	Mòduls ET 200SP HA: DI, DQ, AI HART, AQ HART, RTD/TC i Ex I/O	
Tags associats	Senyals de sensors, transmissors, vàlvules i actuadors de la planta	
Quantitat instal·lada	1 conjunt de mòduls per a 6 estacions remotes	
Dades de disseny		
Material en contacte amb el fluid	No aplica; equip elèctric	
Connexió a procés	Backplane ET 200SP HA i comunicació PROFINET IO	
Rang nominal seleccionat	Mòduls dimensionats per ED, SD, EA i SA de la planta	
Grau de protecció	IP20 en armari elèctric	
Certificat ATEX	Els mòduls Ex o barreres intrínsecament segures només s'instal·len per senyals procedents de zones classificades	
Condicions operatives		
Variable mesurada	Senyals digitals i analògiques	
Fluid	No aplica	
Rang de temperatura	Ambient d'armari: 0 a 40 °C	
Rang de pressió	No aplica	
Rang de mesura	DI 24 V DC, DQ 24 V DC, AI 4-20 mA/HART, AQ 4-20 mA/HART i RTD/TC	
Tipus de senyal	PROFINET IO cap al PLC; senyals de camp 24 V DC i 4-20 mA / HART	
Alimentació	24 V DC	

3.4.4 Estació de control, SCADA i HMI

El sistema SCADA permet la supervisió i el control en temps real de la planta. Des de la interfície d'operació, l'usuari autoritzat pot visualitzar variables de procés, modificar consignes permeses, consultar estats d'equips, seguir tendències i gestionar alarmes. La HMI actua com a interfície visual local o de sala de control, mentre que el SCADA centralitza històrics, informes, diagnòstic i traçabilitat. La integració entre PLC, perifèria distribuïda, HMI i SCADA es fa mitjançant comunicació industrial. Aquesta estructura ajuda la detecció d'anomalies, la gestió d'alarmes, l'anàlisi d'històrics, l'optimització energètica i la millora de disponibilitat dels equips.

Taula 3.4.6. Estació de control, SCADA i HMI

Element	Model seleccionat	Comunicació	Funcions principals
SCADA	WinCC Unified Runtime	PROFINET / Ethernet industrial	Supervisió de procés, alarmes, històrics, tendències, diagnòstic i informes.
HMI local	HMI Siemens Comfort Panel	PROFINET / Ethernet industrial	Operació local, visualització d'estats, consignes autoritzades i reconeixement d'alarmes.
Estació d'enginyeria	PCS 7 Engineering System	Ethernet industrial	Configuració del sistema, programació, manteniment i diagnòstic avançat.
Històrics	Base de dades de procés	Integració SCADA	Registre de variables, alarmes, esdeveniments, tendències i traçabilitat operativa.

3.4.5 Cablejat i comunicacions

El cablejat transmet els senyals entre els dispositius de camp, les estacions remotes i el PLC. La quantitat de cablejat depèn del nombre de senyals analògics, digitals i de comunicació de cada àrea. L'ús de perifèria distribuïda redueix les tirades llargues fins a sala de control i concentra les connexions en armaris locals.

La comunicació principal es planteja mitjançant PROFINET / Ethernet industrial. En distàncies curtes s'utilitza cable Ethernet industrial apantallat; en trams llargs o en zones amb interferències es pot utilitzar fibra òptica. Els senyals 4-20 mA / HART es connecten amb cable d'instrumentació apantallat, els senyals digitals amb cablejat 24 V DC i les línies de comunicació es mantenen separades del cablejat de potència. En zones classificades, cables, caixes de connexió i premsaestopes han de tenir protecció compatible a la classificació de zona.

Taula 3.4.7. Criteris de cablejat i comunicació

Tipus	Aplicació	Criteri de disseny
4-20 mA / HART	TT, PT, LT i FT	Cable d'instrumentació apantallat, separació respecte a potència i posada a terra correcta.
Digital 24 V DC	LSHH, LSLL, KV, contactes i ordres on/off	Cablejat discreta de control amb identificació de bornes per àrea.
Pneumàtic	Vàlvules amb I/P	Tubing d'aire d'instrumentació i senyal pneumàtic cap a actuator.
PROFINET / Ethernet industrial	PLC, SCADA, HMI, estacions remotes i VFD	Xarxa industrial apantallada amb diagnòstic de comunicació.
Fibra òptica	Trams llargs o entorns amb interferències	Connexió robusta entre armaris i sala de control.
ATEX	Zones classificades	Cables, caixes i premsaestopes compatibles amb la classificació de zona.

En el sistema de control de la planta s'utilitzen diferents tipus de senyals segons la funció de cada instrument i l'element amb el qual es comunica. Aquests senyals permeten transmetre les mesures dels instruments de camp cap al sistema de control i enviar les ordres cap als elements finals, com vàlvules de control, vàlvules automàtiques o variadors de freqüència. Els senyals elèctrics s'utilitzen per transmetre mesures de variables contínues, com pressió, temperatura, nivell i cabal. Els senyals pneumàtics s'utilitzen en les vàlvules de control accionades mitjançant transductors I/P. Finalment, els senyals digitals s'utilitzen en alarmes, interruptors de seguretat, vàlvules automàtiques i enclavaments. En els plànols també apareixen variadors de freqüència associats a bombes i compressors.

Taula 3.4.8. Tipus de senyals utilitzats en el sistema de control

Tipus de senyal	Instruments o elements associats	Funció dins de la planta
Senyal elèctric analògic	PT, TT, LT i FT	Transmetre una mesura contínua de pressió, temperatura, nivell o cabal cap al controlador o PLC.
Senyal pneumàtic	PCV, TCV, LCV i FCV amb I/P	Accionar vàlvules de control pneumàtiques a partir de l'ordre del controlador.
Senyal digital d'entrada	LSHH, LSLL, TAH, PAH i contactes d'estat	Detectar alarmes, límits de seguretat o estats d'equip.

Els senyals elèctrics analògics corresponen als instruments que mesuren una variable contínua del procés. Aquest és el cas dels transmissors de pressió, temperatura, nivell i cabal. Aquests instruments envien el valor mesurat al controlador o al PLC, que compara la mesura amb la consigna establerta i determina l'acció de control necessària. Els senyals pneumàtics apareixen associats a les vàlvules de control que disposen d'un transductor I/P. En aquests casos, el controlador envia una ordre elèctrica al transductor, i aquest la transforma en una pressió pneumàtica que modifica l'obertura de la vàlvula. Aquest tipus de senyal s'utilitza en vàlvules de control de pressió, temperatura, nivell i cabal. Els senyals digitals d'entrada s'utilitzen en instruments que només indiquen si s'ha assolit una condició determinada. Per exemple, els interruptors de nivell alt-alt o baix-baix dels tancs envien un senyal al PLC quan el nivell arriba a un límit de seguretat. A partir d'aquest senyal, el PLC pot generar una alarma o activar una acció automàtica.

3.4.6 Recompte de senyals

El recompte de senyals permet dimensionar els mòduls d'entrada i sortida, les estacions remotes, el cablejat, la capacitat del PLC i la xarxa de comunicació industrial. En aquest recompte, les alarmes generades a partir de transmissors analògics no dupliquen canal d'entrada; només es comptabilitzen com a entrades digitals els contactes físics o senyals discrets independents.

Taula 3.4.9. Recompte de senyals de camp per àrees

Àrea	DI	AI	DO	AO	Comunicació / VFD
A-100	6	10	6	7	2
A-200	0	6	0	4	1
A-300	0	6	0	6	0
A-400	1	8	0	5	0
A-500	8	12	8	0	0
A-600	2	6	1	2	1
Total	17	48	15	24	4

El dimensionament dels mòduls es fa deixant reserva per a diagnòstic, ampliacions futures i separació de senyals crítics. Les zones classificades requereixen més segregació de canals, barreres i armaris adequats que les zones segures.

Taula 3.4.10. Criteri de dimensionament dels canals de control

Tipus de zona	Criteri de dimensionament	Aplicació
Zona segura	Agrupació de més canals per mòdul i armaris convencionals de control.	Sala elèctrica, sala de control i àrees sense classificació ATEX.
Zona classificada	Menor agrupació de senyals i equips compatibles a la classificació.	Àrees amb metanol, aire/metanol, possibles vapors inflamables o tren de combustió.

3.4.7 Criteri ATEX en arquitectura

En aquest projecte es considera que la classificació ATEX aplica principalment fins a l'àrea 300, on hi ha metanol o mescla aire/metanol. Una zona segura és una zona no classificada ATEX, mentre que una zona classificada és una zona on pot aparèixer una atmosfera explosiva. Fora d'aquestes zones, la selecció dels instruments es basa sobretot en la compatibilitat química, la temperatura, la pressió i les condicions de servei.

Taula 3.4.11. Criteri ATEX aplicat a l'arquitectura de control

Àrea	Criteri ATEX adoptat	Comentari
A-100	Zona classificada ATEX	Presència de metanol en emmagatzematge, venteigs i transferència.
A-200	Zona classificada ATEX	Presència de mescla aire/metanol en el pretractament.
A-300	Zona classificada ATEX	Mescla gasosa en sistema tancat i possibles fugues.
A-400	No ATEX general	Prioritat a toxicitat, corrosivitat i compatibilitat química del formaldehid/formol.
A-500	No ATEX general	Només es consideren venteigs o punts concrets si es classifiquen per metanol residual.
A-600	No ATEX general	Només s'avalua el tren de combustible/caldera si aplica per normativa.

3.5 Sensors

Els sensors són els elements encarregats de convertir fenòmens físics del procés en senyals elèctrics utilitzables pel sistema de control. A la planta Formachem es mesuren principalment nivell, temperatura, pressió i cabal. Alguns sensors formen part de llaços automàtics, com els transmissors associats a TIC, PIC, LIC o FIC, mentre que altres actuen com a elements de monitorització, alarma o protecció operativa. La selecció dels sensors es fa a partir de la variable mesurada, el tipus de fluid, la temperatura i pressió de servei, la compatibilitat química, la precisió requerida, el tipus de senyal i la ubicació física dins de la planta. Els sensors instal·lats dins de zona classificada han de disposar de certificació ATEX compatible a la classificació corresponent.

3.5.1 Sensors de nivell

La mesura de nivell és necessària per gestionar l'inventari de tancs, evitar sobrecompliment, impedir l'aspiració en sec de bombes, mantenir el nivell de fons de la columna d'absorció i comprovar la torre TR-601. En la planta es diferencien dues funcions: la mesura contínua de nivell mitjançant transmissors LT i la detecció de nivell límit mitjançant interruptors LSHH/LSLL o alarma de nivell. Per al nivell continu s'adopta el transmissor radar sense contacte

Endress+Hauser Micropilot FMR62. Aquesta tecnologia és compatible per a tancs amb vapors, líquids químics i serveis on es vol reduir el manteniment, perquè no requereix contacte directe amb el producte. S'aplica als tags LT-101/102/103, LT-401, LT-402, LT-501/502/503/504, LT-601 i LT-602. Per al nivell límit s'adopta l'interruptor vibratori Endress+Hauser Liquiphant FTL51B, aplicat als interruptors LSHH/LSLL dels tancs de metanol i formol. La funció d'aquests elements és generar accions de protecció contra sobrecompliment o aspiració en sec. A la torre TR-601 la supervisió de nivell alt es tracta com a alarma de nivell integrada al sistema de control.

Taula 3.5.1. Selecció de sensors de nivell

Família	Model seleccionat	Tags	Senyal	Aplicació
Nivell continu LT	Endress+Hauser Micropilot FMR62	LT-101/102/103, LT-401, LT-402, LT-501/502/503/504, LT-601 i LT-602	4-20 mA / HART	Tancs de metanol, fons de columna, tancs de formol, torre TR-601 i tanc pulmó TE-601.
Nivell límit LSHH/LSLL	Endress+Hauser Liquiphant FTL51B	LSHH/LSLL en A-100 i A-500	NAMUR IEC 60947-5-6 / DI	Protecció de nivell alt-alt i baix-baix en tancs.

Taula 3.5.2. Full d'especificacions sensor de nivell continu LT

		FULL D'ESPECIFICACIONS SENSOR DE NIVELL CONTINU LT	FULL 1/1
Dades generals			
Ítem		Transmissor de nivell continu radar	
Proveïdor / fabricant		Endress+Hauser	
Model		Micropilot FMR62	
Tags associats		LT-101/102/103, LT-401, LT-402, LT-501/502/503/504, LT-601 i LT-602	
Quantitat instal·lada		11 unitats	
Dades de disseny			
Material en contacte amb el fluid		Acer inoxidable 316L / PTFE	
Connexió a procés		Brida DN50 PN16	
Rang nominal seleccionat		0–20 m	
Grau de protecció		IP66 / IP68	
Certificat ATEX		Execució ATEX només si l'instrument s'instal·la en zona classificada	
Condicions operatives			
Variable mesurada		Nivell	
Fluid		Metanol, formol, aigua de procés i líquids químics compatibles	
Rang de temperatura		-20 a 120 °C	
Rang de pressió		-1 a 25 bar(g)	
Rang de mesura		0–20 m	
Tipus de senyal		4-20 mA / HART	
Alimentació		24 V DC	
Fotografia			
			

Taula 3.5.3. Full d'especificacions interruptor de nivell LSHH/LSLL

		FULL D'ESPECIFICACIONS INTERRUPTOR DE NIVELL LSHH/LSLL	FULL 1/1
Dades generals			
Ítem		Interruptor de nivell límit per protecció de tancs	
Proveïdor / fabricant		Endress+Hauser	
Model		Liquiphant FTL51B	
Tags associats		LSHH/LSLL dels tancs d'A-100 i A-500	
Quantitat instal·lada		14 unitats	
Dades de disseny			
Material en contacte amb el fluid		Acer inoxidable 316L	
Connexió a procés		Rosca G1 o brida DN25 PN16	
Rang nominal seleccionat		Punt de commutació per nivell alt-alt i baix-baix	
Grau de protecció		IP66 / IP68	
Certificat ATEX		Execució ATEX només si l'instrument s'instal·la en zona classificada	
Condicions operatives			
Variable mesurada		Nivell límit	
Fluid		Metanol i formol	
Rang de temperatura		-20 a 120 °C	
Rang de pressió		-1 a 25 bar(g)	
Rang de mesura		Detecció puntual LSHH/LSLL	
Tipus de senyal		NAMUR / relé de seguretat	
Alimentació		24 V DC mitjançant barrera o mòdul adequat	
Fotografia			
			

3.5.2 Sensors de temperatura

La temperatura és una variable crítica en tancs, pretractament aire/metanol, bescanviadors, reactors, columna, torre de refrigeració i caldera CL-601. La planta diferencia punts de temperatura moderada, associats a tancs i serveis auxiliars, i punts de procés crítics, associats a reacció, intercanvi tèrmic, absorció, Therminol i caldera. Per a temperatura no crítica s'adopta el sensor Siemens SITRANS TS500 amb Pt100 classe A, rang de projecte -20 a 150 °C i aplicació en tancs, serveis i línies auxiliars. Per a temperatura crítica de procés i reactor s'adopta Siemens SITRANS TS500 amb termopou, rang 0 a 400 °C i aplicació als punts de procés amb temperatura elevada, especialment al reactor. Els senyals dels sensors de temperatura es normalitzen mitjançant el transmissor Siemens SITRANS TH320, que converteix les entrades termoparell a 4-20 mA / HART per a la seva lectura pel PLC o la perifèria distribuïda.

En els tancs de formol TE-501/502/503/504, els transmissors TT-501/502/503/504 permeten generar les alarmes TAH i TAL associades, per avisar l'operador de desviacions de temperatura alta o baixa.

Taula 3.5.4. Selecció de sensors de temperatura

Família	Model seleccionat	Rang de projecte	Tags / aplicació	Senyal
Servei moderat	Siemens SITRANS TS500	-20 a 150 °C	Tancs, serveis i línies auxiliars	4-20 mA / HART amb TH320
Servei crític/reactor	Siemens SITRANS TS500 amb termopou	0 a 400 °C	TT-201/202/203/204, TT-301/302, TT-401/403, TT-602	4-20 mA / HART amb TH320
Transmissor TT	Siemens SITRANS TH320	-40 a 85 °C ambient	Associat als sensors TT	4-20 mA / HART

Taula 3.5.5. Full d'especificacions sensor de temperatura TT

		FULL D'ESPECIFICACIONS SENSOR DE TEMPERATURA TT	FULL 1/1
Dades generals			
Ítem		Sensor de temperatura RTD Pt100 / termopar	
Proveïdor / fabricant		Siemens	
Model		SITRANS TS500	
Tags associats		TT-101/102/103, TT-201/202/203/204, TT-301/302, TT-401/403, TT-501/502/503/504 i TT-602	
Quantitat instal·lada		16 unitats	
Dades de disseny			
Material en contacte amb el fluid		Acer inoxidable 316L amb termopou	
Connexió a procés		Rosca G1/2" o brida DN25 PN16	
Rang nominal seleccionat		Servei moderat: -20 a 150 °C; servei crític/reactor: 0 a 400 °C	
Grau de protecció		IP65 / IP66	
Certificat ATEX		Execució ATEX només si l'instrument s'instal·la en zona classificada	
Condicions operatives			
Variable mesurada		Temperatura	
Fluid		Metanol, aire/metanol, gasos de reacció, formol, aigua, i herminol i serveis	
Rang de temperatura		-20 a 150 °C en servei moderat; 0 a 400 °C en servei crític/reactor	
Rang de pressió		-1 a 25 bar(g)	
Rang de mesura		Pt100 per servei moderat i termopar per servei crític/reactor	
Tipus de senyal		Senyal del sensor cap a transmissor de temperatura	
Alimentació		No aplica al sensor; transmissor alimentat a 24 V DC	
Aplicació d'alarmes		Els TT-501/502/503/504 permeten generar alarmes TAH i TAL als tancs de formol	
Fotografia			
			

Taula 3.5.6. Full d'especificacions transmissor de temperatura

		FULL D'ESPECIFICACIONS TRANSMISSOR DE TEMPERATURA	FULL 1/1
Dades generals			
Ítem		Transmissor de temperatura per RTD/TC	
Proveïdor / fabricant		Siemens	
Model		SITRANS TH320 / TH420	
Tags associats		Associat als TT de la planta	
Quantitat instal·lada		16 unitats	
Dades de disseny			
Material en contacte amb el fluid		No aplica; instal·lat en capçal o armari	
Connexió a procés		Entrada Pt100 / termopar per rangs de projecte -20 a 400 °C	
Rang nominal seleccionat		-20 a 400 °C	
Grau de protecció		IP20 en armari o capçal IP adequat	
Certificat ATEX		Execució ATEX només si l'instrument s'instal·la en zona classificada	
Condicions operatives			
Variable mesurada		Temperatura	
Fluid		No aplica; rep senyal del sensor TT	
Rang de temperatura		Servei moderat: -20 a 150 °C; servei crític/reactor: 0 a 400 °C	
Rang de pressió		No aplica	
Rang de mesura		-20 a 400 °C	
Tipus de senyal		4-20 mA / HART	
Alimentació		24 V DC	
Fotografia			
			

3.5.3 Sensors de pressió

La pressió és una variable de control i supervisió essencial en el blanketing de tancs, venteigs, mescla aire/metanol, reactors, columna d'absorció, circuit de Therminol i protecció davant de sobrepressió. Els transmissors PT permeten detectar desviacions, alimentar llaços PIC i activar alarmes o interbloquejos quan la pressió surt dels límits operatius. Per a mesures generals s'adopta el transmissor Siemens SITRANS P320 amb rang de projecte -1 a 25 bar(g), senyal 4-20 mA / HART i parts mullades en 316L. Per als serveis químicament més exigents, com formol/formaldehid, producte calent o Therminol, s'utilitza Endress+Hauser Cerabar PMP71B amb segell químic i membrana separadora. Aquesta solució aïlla la cel·la de mesura del fluid i millora la compatibilitat química.

Taula 3.5.7. Selecció de transmissors de pressió

Família	Model seleccionat	Rang de projecte	Tags / aplicació	Senyal
PT general	Siemens SITRANS P320	-1 a 25 bar(g)	PT-101/102/103, PT-201, PT-301/302, PT-401/402, PT-501/502/503/504, PT-601 i PT-602	4-20 mA / HART
PT amb segell químic	Endress+Hauser Cerabar PMP71B amb segell químic	-1 a 25 bar(g)	Formol/formaldehid, producte calent i Therminol	4-20 mA / HART

Taula 3.5.8. Full d'especificacions transmissor de pressió general PT

		FULL D'ESPECIFICACIONS TRANSMISSOR DE PRESSIÓ GENERAL PT	FULL 1/1
Dades generals			
Ítem		Transmissor de pressió general	
Proveïdor / fabricant		Siemens	
Model		SITRANS P320/P420	
Tags associats		PT-101/102/103, PT-201, PT-301/302, PT-601 i PT-602	
Quantitat instal·lada		8 unitats	
Dades de disseny			
Material en contacte amb el fluid		Acer inoxidable 316L	
Connexió a procés		Rosca G1/2"	
Rang nominal seleccionat		0–10 bar(g)	
Grau de protecció		IP66 / IP68	
Certificat ATEX		Execució ATEX només si l'instrument s'instal·la en zona classificada	
Condicions operatives			
Variable mesurada		Pressió	
Fluid		Metanol, aire/metanol, gasos de procés, aigua i serveis auxiliars	
Rang de temperatura		-20 a 150 °C	
Rang de pressió		0–10 bar(g)	
Rang de mesura		0–10 bar(g)	
Tipus de senyal		4-20 mA / HART	
Alimentació		24 V DC	
Fotografia			
			

Taula 3.5.9. Full d'especificacions transmissor de pressió amb segell químic PT

	FULL D'ESPECIFICACIONS TRANSMISSOR DE PRESSIÓ AMB SEGELL QUÍMIC PT		FULL 1/1
	Dades generals		
Ítem	Transmissor de pressió amb segell químic		
Proveïdor / fabricant	Endress+Hauser		
Model	Cerabar PMP71B amb segell químic		
Tags associats	PT-401/402 i PT-501/502/503/504		
Quantitat instal·lada	6 unitats		
Dades de disseny			
Material en contacte amb el fluid	Membrana 316L / Alloy C amb segell químic		
Connexió a procés	Brida DN50 PN16 amb segell químic		
Rang nominal seleccionat	0–10 bar(g)		
Grau de protecció	IP66 / IP68		
Certificat ATEX	Execució ATEX només si l'instrument s'instal·la en zona classificada		
Condicions operatives			
Variable mesurada	Pressió		
Fluid	Formol/formaldehid i punts de producte calent on es requereix segell químic		
Rang de temperatura	0 a 300 °C		
Rang de pressió	0–10 bar(g)		
Rang de mesura	0–10 bar(g)		
Tipus de senyal	4-20 mA / HART		
Alimentació	24 V DC		
Fotografia			
			

3.5.4 Sensors de cabal

La mesura de cabal és clau per controlar l'alimentació de metanol, la relació aire/metanol, l'alimentació als reactors, la línia de producte/formol i els serveis d'aigua. Per aquest motiu s'utilitzen tecnologies diferents segons la naturalesa del fluid i la precisió requerida.

Per a metanol, formol i corrents líquids principals s'adopta el cabalímetre Coriolis Emerson Micro Motion ELITE CMF300A HT amb transmissor 5700, aplicat a FT-101, FT-301, FT-302 i FT-401. Aquesta tecnologia mesura cabal màssic, densitat i temperatura, amb elevada precisió. Per al cabal d'aire FT-201 s'adopta el cabalímetre màssic tèrmic Endress+Hauser Proline t-mass I 300. Per al servei d'aigua i líquids conductius s'adopta el cabalímetre electromagnètic KROHNE OPTIFLUX 4300, aplicat a FT-402.

Taula 3.5.10. Selecció de cabalímetres

Servei	Tags	Tecnologia	Model seleccionat	Senyal	Aplicació
Metanol i procés	FT-101, FT-301, FT-302, FT-401	Coriolis	Emerson Micro Motion ELITE CMF300A HT + 5700	4-20 mA / HART i Modbus	Metanol, formol i corrents líquids de procés.
Aire de procés	FT-201	Màssic tèrmic	Endress+Hauser Proline t-mass I 300	4-20 mA / HART	Aire de procés en A-200.
Aigua i servei	FT-402	Electromagnètic	KROHNE OPTIFLUX 4300	4-20 mA / HART i Modbus	Aigua de procés, absorció i serveis.

Taula 3.5.11. Full d'especificacions cabalímetre Coriolis FT

	FULL D'ESPECIFICACIONS CABALÍMETRE CORIOLIS FT		FULL 1/1
	Dades generals		
Ítem	Cabalímetre màssic Coriolis per líquids de procés		
Proveïdor / fabricant	Emerson Micro Motion		
Model	ELITE Coriolis + transmissor 5700/2400		
Tags associats	FT-101, FT-301, FT-302 i FT-401		
Quantitat instal·lada	4 unitats		
Dades de disseny			
Material en contacte amb el fluid	Acer inoxidable 316L		
Connexió a procés	Brida DN50 PN16		
Rang nominal seleccionat	0–70.000 kg/h		
Grau de protecció	IP66 / IP67		
Certificat ATEX	Execució ATEX només si l'instrument s'instal·la en zona classificada		
Condicions operatives			
Variable mesurada	Cabal màssic		
Fluid	Metanol, formol i corrents líquids de procés		
Rang de temperatura	-20 a 300 °C		
Rang de pressió	0–25 bar(g)		
Rang de mesura	0–70.000 kg/h		
Tipus de senyal	4-20 mA / HART		
Alimentació	24 V DC		
Fotografia			
			

Taula 3.5.12. Full d'especificacions cabalímetre màssic tèrmic FT-201

	FULL D'ESPECIFICACIONS CABALÍMETRE AIRE/GAS FT		FULL 1/1
	Dades generals		
Ítem	Cabalímetre màssic tèrmic per aire de procés		
Proveïdor / fabricant	Endress+Hauser		
Model	Proline t-mass F 300		
Tags associats	FT-201		
Quantitat instal·lada	1 unitat		
Dades de disseny			
Material en contacte amb el fluid	Acer inoxidable 316L		
Connexió a procés	Brida DN100 PN16		
Rang nominal seleccionat	0–60.000 Nm³/h		
Grau de protecció	IP66 / IP67		
Certificat ATEX	Execució ATEX només si l'instrument s'instal·la en zona classificada		
Condicions operatives			
Variable mesurada	Cabal màssic de gas		
Fluid	Aire de procés		
Rang de temperatura	-20 a 150 °C		
Rang de pressió	0–10 bar(g)		
Rang de mesura	0–60.000 Nm³/h		
Tipus de senyal	4-20 mA / HART		
Alimentació	24 V DC		
Fotografia			
			

Taula 3.5.13. Full d'especificacions cabalímetre electromagnètic FT-402

		FULL D'ESPECIFICACIONS CABALÍMETRE ELECTROMAGNÈTIC FT	FULL 1/1
Dades generals			
Ítem		Cabalímetre electromagnètic per aigua i serveis	
Proveïdor / fabricant		KROHNE	
Model		OPTIFLUX 4300	
Tags associats		FT-402	
Quantitat instal·lada		1 unitat	
Dades de disseny			
Material en contacte amb el fluid		Acer inoxidable 316L amb revestiment PTFE	
Connexió a procés		Brida DN80 PN16	
Rang nominal seleccionat		0–100 m³/h	
Grau de protecció		IP66 / IP67	
Certificat ATEX		Execució ATEX només si l'instrument s'instal·la en zona classificada	
Condicions operatives			
Variable mesurada		Cabal volumètric	
Fluid		Aigua de procés, aigua de serveis i líquids conductius	
Rang de temperatura		-20 a 120 °C	
Rang de pressió		0–10 bar(g)	
Rang de mesura		0–100 m³/h	
Tipus de senyal		4-20 mA / HART	
Alimentació		24 V DC	
Fotografia			
			

3.5.5 Resum de sensors escollits

Taula 3.5.14. Resum de sensors i transmissors escollits

Família	Tags	Tecnologia	Model seleccionat	Senyal	Certificació	Aplicació
LT	LT-101/102/103, LT-401, LT-402, LT-501/502/503/504, LT-601 i LT-602	Radar sense contacte	Endress+Hauser Micropilot FMR62	4-20 mA / HART	ATEX per a zona classificada	Tancs, columna, torre i tanc pulmó TE-601.
LSHH/LSLL	A-100 i A-500	Forquilla vibratòria	Endress+Hauser Liquiphant FTL51B	NAMUR / DI	ATEX per a zona classificada	Protecció alt-alt i baix-baix.
TT no crítica	Tancs, serveis i línies auxiliars	Pt100 classe A	Siemens SITRANS TS500	4-20 mA / HART amb TH320	ATEX per a zona classificada	Temperatura moderada.
TT crítica	TT-201/202/203/204, TT-301/302, TT-401/403, TT-602	Pt100 / termoparell amb termopou	Siemens SITRANS TS500 amb termopou	4-20 mA / HART amb TH320	ATEX per a zona classificada	Procés, reactors, columna i CL-601.
PT general	PT-101/102/103, PT-201, PT-301/302, PT-401/402, PT-501/502/503/504, PT-601 i PT-602	Transmissor electrònic de pressió	Siemens SITRANS P320	4-20 mA / HART	ATEX per a zona classificada	Pressió general de procés i serveis auxiliars.
PT segell químic	Formol/formaldehid, producte calent i Therminol	Membrana separadora	Endress+Hauser Cerabar PMP71B	4-20 mA / HART	ATEX per a zona classificada	Formol, producte calent i Therminol.
FT Coriolis	FT-101, FT-301, FT-302, FT-401	Coriolis	Emerson Micro Motion ELITE CMF300A HT + 5700	4-20 mA / HART i Modbus	ATEX per a zona classificada	Metanol, formol i procés.
FT aire	FT-201	Màssic tèrmic	Endress+Hauser Proline t-mass I 300	4-20 mA / HART	ATEX per a zona classificada	Aire de procés.
FT servei	FT-402	Electromagnètic	KROHNE OPTIFLUX 4300	4-20 mA / HART i Modbus	ATEX per a zona classificada	Aigua i líquids conductius.

3.6 Instrumentació de la planta

La instrumentació de la planta de producció de formol s'ha definit a partir dels P&ID de les àrees A-100, A-200, A-300, A-400, A-500 i A-600. L'objectiu és identificar els instruments de camp, els controladors implementats al PLC/SCADA i els elements finals de control que intervenen en l'operació de la planta. El prefix TE s'utilitza en aquest projecte per identificar tancs d'emmagatzematge. Les mesures de temperatura es representen amb tags TT. També es manté la nomenclatura PSV per a les vàlvules de seguretat dels tancs, considerades proteccions mecàniques per sobrepressió independents del sistema de control.

A més de la compatibilitat química dels materials, s'ha considerat la necessitat d'execució ATEX en aquells equips i instruments situats en zones on poden aparèixer atmosferes explosives. Aquest criteri és especialment rellevant en l'emmagatzematge i impulsio de metanol, així com en la preparació de la mescla aire/metanol. En les zones amb formol/formaldehid, l'aplicació d'ATEX queda condicionada a la classificació de zona i a la possible presència de vapors inflamables o metanol residual. Per tant, no es considera tota la planta com a ATEX de forma general, sinó únicament els equips, instruments, bombes, actuadors, VFD, vàlvules automàtiques i elements elèctrics instal·lats dins de zones classificades amb risc d'atmosfera explosiva, que han de disposar de certificació ATEX compatible a la zona.

Taula 3.6.1. Resum general de la instrumentació de camp

RESUM GENERAL DE LA INSTRUMENTACIÓ DE CAMP			
Variable	Instrument adoptat	Senyal	Aplicació principal
Temperatura	Sensor Pt100 o termopar + transmissor TT	4-20 mA / HART	Tancs, bescanviadors, reactors, columna i serveis auxiliars
Pressió	Transmissor PT	4-20 mA / HART	Tancs, mescla, reactors, columna i circuit auxiliar
Nivell continu	Transmissor radar LT sense contacte	4-20 mA / HART	Tancs, fons de columna, torre de refrigeració i tanc pulmó de Therminol
Nivell límit	Interruptors LSHH/LSLL o alarma LAH	Digital DI / alarma PLC	Protecció contra sobrecompliment i alarmes de nivell
Cabal	Coriolis, tèrmic màssic o electromagnètic segons fluid	4-20 mA / HART	Metanol, aire, línies de reactor i absorció
Elements finals	PCV, TCV, LCV, FCV, KV, VFD i PSV	AO, DO, comunicació o acció mecànica	Regulació, tall automàtic, control de motors i protecció mecànica

3.6.1 Sensors i transmissors

Els sensors i transmissors constitueixen el nivell de camp del sistema de control. Transformen la magnitud mesurada en un senyal normalitzat que el PLC pot escalar, registrar i utilitzar en els llaços de control o en la generació d'alarmes.

L'àrea A-100 correspon a l'emmagatzematge i alimentació de metanol cap al pretractament. La instrumentació d'aquesta zona es concentra en els tancs TE-101, TE-102 i TE-103, on es mesuren temperatura, pressió i nivell, i en la línia de sortida cap a A-200, on es controla el cabal de metanol. Aquests instruments permeten mantenir l'inventari dels tancs, comprovar el sistema de blanketing i evitar operacions insegures com el sobreompliment o l'aspiració en sec de les bombes. Els instruments, actuadors, bombes, vàlvules automàtiques i elements elèctrics situats en zona classificada d'aquesta àrea s'han d'especificar amb certificació ATEX compatible, especialment als tancs, venteigs, línies de càrrega/descàrrega i bombes de metanol.

Taula 3.6.2. Sensors i transmissors de l'àrea A-100

SENSORS I TRANSMISSORS ÀREA 100						
Equip/línia	Variable	TAG	Instrument	Senyal	Funció	P&ID
TE-101	Temperatura	TT-101	Transmissor TT amb sensor Pt100	4-20 mA / HART	Seguiment tèrmic i alarma TAH-101 del tanc de metanol	A-100
TE-101	Alarma temperatura	TAH-101	Alarma de temperatura alta	Visual / PLC	Alarma operativa per temperatura elevada en tanc	A-100
TE-101	Pressió	PT-101	Transmissor de pressió	4-20 mA / HART	Control de blanketing, venteig i alarma de pressió	A-100
TE-101	Nivell continu	LT-101	Transmissor radar de nivell	4-20 mA / HART	Inventari de tanc i supervisió de nivell	A-100
TE-101	Nivell alt/baix	LSHH-101 i LSLL-101	Interruptors de nivell	Digital DI	Protecció contra sobreompliment i aspiració en sec	A-100
TE-102	Temperatura	TT-102	Transmissor TT amb sensor Pt100	4-20 mA / HART	Seguiment tèrmic i alarma TAH-102 del tanc de metanol	A-100

TE-102	Alarma temperatura	TAH-102	Alarma de temperatura alta	Visual / PLC	Alarma operativa per temperatura elevada en tanc	A-100
TE-102	Pressió	PT-102	Transmissor de pressió	4-20 mA / HART	Control de blanketing, venteig i alarma de pressió	A-100
TE-102	Nivell continu	LT-102	Transmissor radar de nivell	4-20 mA / HART	Inventari de tanc i supervisió de nivell	A-100
TE-102	Nivell alt/baix	LSHH-102 i LSLL-102	Interruptors de nivell	Digital DI	Protecció contra sobrecompliment i aspiració en sec	A-100
TE-103	Temperatura	TT-103	Transmissor TT amb sensor Pt100	4-20 mA / HART	Seguiment tèrmic i alarma TAH-103 del tanc de metanol	A-100
TE-103	Alarma temperatura	TAH-103	Alarma de temperatura alta	Visual / PLC	Alarma operativa per temperatura elevada en tanc	A-100
TE-103	Pressió	PT-103	Transmissor de pressió	4-20 mA / HART	Control de blanketing, venteig i alarma de pressió	A-100
TE-103	Nivell continu	LT-103	Transmissor radar de nivell	4-20 mA / HART	Inventari de tanc i supervisió de nivell	A-100
TE-103	Nivell alt/baix	LSHH-103 i LSLL-103	Interruptors de nivell	Digital DI	Protecció contra sobrecompliment i aspiració en sec	A-100
Línia metanol A-200	Cabal metanol	FT-101	Cabalímetre de metanol	4-20 mA / HART	Mesura del cabal d'alimentació i referència de control	A-100

L'àrea A-200 inclou el pretractament dels reactius i la preparació de la mescla d'aire i metanol abans de la reacció. La instrumentació recollida en aquesta taula mesura el cabal d'aire, la pressió de la mescla i les temperatures dels equips de condicionament tèrmic. La seva funció principal és assegurar que l'alimentació cap als reactors arribi amb una relació aire/metanol i unes condicions de temperatura adequades. En aquesta àrea, els instruments i elements finals associats a la mescla aire/metanol han de ser aptes per zona classificada quan estiguin instal·lats en camp dins d'una zona amb risc d'atmosfera explosiva.

Taula 3.6.3. Sensors i transmissors de l'àrea A-200

SENSORS I TRANSMISSORS ÀREA 200						
Equip/línia	Variable	TAG	Instrument	Senyal	Funció	P&ID
C-201A/B	Cabal aire	FT-201	Cabalímetre d'aire	4-20 mA / HART	Mesura del cabal d'aire de procés	A-200
	Control cabal aire	FIC-201	Funció de control de cabal	PLC/SCADA	Regulació del cabal d'aire associat a la mescla	A-200
E-201	Pressió	PT-201	Transmissor de pressió	4-20 mA / HART	Supervisió de la pressió de l'evaporador de metanol	A-200
E-201	Alarma pressió alta	PAH-201	Alarma de pressió alta	Visual / PLC	Avís per pressió elevada a l'evaporador de metanol	A-200
ME-201	Temperatura	TT-201	Transmissor TT	4-20 mA / HART	Seguiment tèrmic de la mescla aire/metanol	A-200
ME-201	Alarma temperatura baixa	TAL-201	Alarma de temperatura baixa	Visual / PLC	Avís per temperatura baixa al corrent aire/metanol de ME-201	A-200
BC-201	Temperatura	TT-202	Transmissor TT	4-20 mA / HART	Mesura de temperatura associada a BC-201	A-200
BC-202	Temperatura	TT-203	Transmissor TT	4-20 mA / HART	Mesura de temperatura associada a BC-202	A-200
BC-203	Temperatura	TT-204	Transmissor TT	4-20 mA / HART	Mesura de temperatura associada a BC-203	A-200

L'àrea A-300 agrupa els reactors R-301 i R-302. Segons els P&ID, el control es basa en la temperatura, la pressió i els cabals associats a cada reactor, sense incorporar llaç de nivell perquè el servei es considera gasós. La instrumentació d'aquesta àrea és crítica per estabilitzar la reacció i per generar avís quan la variable supera el límit de pressió o temperatura que puguin afectar el catalitzador i la seguretat del procés.

Taula 3.6.4. Sensors i transmissors de l'àrea A-300

SENSORS I TRANSMISSORS ÀREA 300						
Equip/línia	Variable	TAG	Instrument	Senyal	Funció	P&ID
R-301	Temperatura	TT-301	Transmissor TT	4-20 mA / HART	Control tèrmic del reactor R-301	A-300
	Pressió	PT-301	Transmissor de pressió	4-20 mA / HART	Control de pressió del reactor R-301	A-300
	Cabal	FT-301	Cabalímetre de procés	4-20 mA / HART	Mesura de cabal associada al reactor R-301	A-300
R-302	Temperatura	TT-302	Transmissor TT	4-20 mA / HART	Control tèrmic del reactor R-302	A-300
	Pressió	PT-302	Transmissor de pressió	4-20 mA / HART	Control de pressió del reactor R-302	A-300
	Cabal	FT-302	Cabalímetre de procés	4-20 mA / HART	Mesura de cabal associada al reactor R-302	A-300

L'àrea A-400 correspon a l'absorció i condicionament del producte. En aquesta zona es mesuren el nivell de fons de la columna CA-401, la pressió de columna, la temperatura dels serveis associats i els cabals de les línies de producte i servei. La instrumentació permet mantenir l'estabilitat hidràulica de la columna i controlar les condicions de sortida del formol cap a l'emmagatzematge. En les línies i equips amb presència de formaldehid/formol es considera la compatibilitat química i la toxicitat; l'execució ATEX s'avalua segons la classificació de zona i la possible presència de vapors inflamables o metanol residual.

Taula 3.6.5. Sensors i transmissors de l'àrea A-400

SENSORS I TRANSMISSORS ÀREA 400						
Equip/línia	Variable	TAG	Instrument	Senyal	Funció	P&ID
CA-401	Nivell de fons	LT-401	Transmissor de nivell	4-20 mA / HART	Inventari líquid al fons de columna	A-400
ME-401	Nivell	LT-402	Transmissor de nivell	4-20 mA / HART	Supervisió del nivell de ME-401	A-400
ME-401	Alarma nivell alt	LAH-402	Alarma de nivell alt	Visual / PLC	Avís de nivell alt a ME-401	A-400
ME-401	Alarma nivell baix	LAL-402	Alarma de nivell baix	Visual / PLC	Avís de nivell baix a ME-401	A-400
CA-401	Pressió	PT-401 / PT-402	Transmissors de pressió	4-20 mA / HART	Control i supervisió de la pressió de columna	A-400
CA-401	Alarma pressió alta	PAH-401	Alarma de pressió alta	Visual / PLC	Avís per pressió elevada a la columna	A-400
CA-401	Temperatura	TT-401	Transmissor TT	4-20 mA / HART	Seguiment tèrmic de la columna	A-400
CA-401	Alarma temperatura alta	TAH-401	Alarma de temperatura alta	Visual / PLC	Avís per temperatura elevada a la columna	A-400
Línia formol	Cabal	FT-401	Cabalímetre de procés	4-20 mA / HART	Mesura de cabal de línia de producte	A-400
BC-401	Temperatura	TT-403	Transmissor TT	4-20 mA / HART	Control tèrmic del servei associat a BC-401	A-400
Línia servei	Cabal	FT-402	Cabalímetre de servei	4-20 mA / HART	Mesura de cabal de servei a l'àrea 400	A-400

L'àrea A-500 comprèn els tancs d'emmagatzematge de formol TE-501, TE-502, TE-503 i TE-504. La instrumentació es dedica a la supervisió de temperatura, pressió i nivell de cada tanc, juntament amb alarmes de pressió i temperatura i interruptors de nivell alt-alt i baix-baix. Aquest conjunt permet gestionar l'inventari de producte i protegir els tancs durant les operacions d'entrada i expedició. Els tancs de formol requereixen materials compatibles amb formaldehid i verificació de zona classificada; si existeixen vapors inflamables o metanol residual, els instruments i actuadors de camp han de ser ATEX segons la classificació de zona.

Taula 3.6.6. Sensors i transmissors de l'àrea A-500

SENSORS I TRANSMISSORS ÀREA 500						
Equip/línia	Variable	TAG	Instrument	Senyal	Funció	P&ID
TE-501	Temperatura	TT-501	Transmissor TT amb sensor Pt100	4-20 mA / HART	Seguiment tèrmic del tanc de formol	A-500
TE-501	Alarma temperatura	TAH-501	Alarma de temperatura alta	Visual / PLC	Avís per temperatura elevada en tanc	A-500
TE-501	Temperatura baixa	TAL-501	Alarma de temperatura baixa	Visual / PLC	Avís per temperatura baixa al tanc de formol TE-501	A-500
TE-501	Pressió	PT-501	Transmissor de pressió	4-20 mA / HART	Supervisió de pressió i venteig segur	A-500
TE-501	Alarma pressió alta	PAH-501	Alarma de pressió alta	Visual / PLC	Avís per pressió elevada en tanc	A-500
TE-501	Nivell continu	LT-501	Transmissor radar de nivell	4-20 mA / HART	Inventari del tanc de formol	A-500
TE-501	Nivell alt/baix	LSHH-501 i LSLL-501	Interruptors de nivell	Digital DI	Protecció contra sobrecompliment i aspiració en sec	A-500
TE-502	Temperatura	TT-502	Transmissor TT amb sensor Pt100	4-20 mA / HART	Seguiment tèrmic del tanc de formol	A-500

TE-502	Alarma temperatura	TAH-502	Alarma de temperatura alta	Visual / PLC	Avís per temperatura elevada en tanc	A-500
TE-502	Temperatura baixa	TAL-502	Alarma de temperatura baixa	Visual / PLC	Avís per temperatura baixa al tanc de formol TE-502	A-500
TE-502	Pressió	PT-502	Transmissor de pressió	4-20 mA / HART	Supervisió de pressió i venteig segur	A-500
TE-502	Alarma pressió alta	PAH-502	Alarma de pressió alta	Visual / PLC	Avís per pressió elevada en tanc	A-500
TE-502	Nivell continu	LT-502	Transmissor radar de nivell	4-20 mA / HART	Inventari del tanc de formol	A-500
TE-502	Nivell alt/baix	LSHH-502 i LSLL-502	Interruptors de nivell	Digital DI	Protecció contra sobrecompliment i aspiració en sec	A-500
TE-503	Temperatura	TT-503	Transmissor TT amb sensor Pt100	4-20 mA / HART	Seguiment tèrmic del tanc de formol	A-500
TE-503	Alarma temperatura	TAH-503	Alarma de temperatura alta	Visual / PLC	Avís per temperatura elevada en tanc	A-500
TE-503	Temperatura baixa	TAL-503	Alarma de temperatura baixa	Visual / PLC	Avís per temperatura baixa al tanc de formol TE-503	A-500
TE-503	Pressió	PT-503	Transmissor de pressió	4-20 mA / HART	Supervisió de pressió i venteig segur	A-500
TE-503	Alarma pressió alta	PAH-503	Alarma de pressió alta	Visual / PLC	Avís per pressió elevada en tanc	A-500
TE-503	Nivell continu	LT-503	Transmissor radar de nivell	4-20 mA / HART	Inventari del tanc de formol	A-500

TE-503	Nivell alt/baix	LSHH-503 i LSLL-503	Interruptors de nivell	Digital DI	Protecció contra sobrecompliment i aspiració en sec	A-500
TE-504	Temperatura	TT-504	Transmissor TT amb sensor Pt100	4-20 mA / HART	Seguiment tèrmic del tanc de formol	A-500
TE-504	Alarma temperatura	TAH-504	Alarma de temperatura alta	Visual / PLC	Avís per temperatura elevada en tanc	A-500
TE-504	Temperatura baixa	TAL-504	Alarma de temperatura baixa	Visual / PLC	Avís per temperatura baixa al tanc de formol TE-504	A-500
TE-504	Pressió	PT-504	Transmissor de pressió	4-20 mA / HART	Supervisió de pressió i venteg segur	A-500
TE-504	Alarma pressió alta	PAH-504	Alarma de pressió alta	Visual / PLC	Avís per pressió elevada en tanc	A-500
TE-504	Nivell continu	LT-504	Transmissor radar de nivell	4-20 mA / HART	Inventari del tanc de formol	A-500
TE-504	Nivell alt/baix	LSHH-504 i LSLL-504	Interruptors de nivell	Digital DI	Protecció contra sobrecompliment i aspiració en sec	A-500

La instrumentació inclou la torre TR-601 i la caldera CL-601, associada al circuit de Therminol. En aquesta zona es mesuren la temperatura i el nivell de la torre, la pressió del circuit i la temperatura del Therminol a la sortida de la caldera. El control tèrmic de CL-601 es duu a terme mitjançant TT-602/TIC-602 i l'actuació directa sobre la potència dels cremadors de la caldera. En aquest llaç no es regula un cabal mitjançant una vàlvula de cabal, sinó la potència tèrmica dels burners que aporten calor al Therminol. La caldera CL-601 i els cremadors han de complir els requisits de seguretat del sistema de combustió. L'execució ATEX només aplica si la zona es classifica com a atmosfera explosiva pel combustible o per la normativa de la sala de calderes.

Taula 3.6.7. Sensors i transmissors de l'àrea A-600

SENSORS I TRANSMISSORS ÀREA 600						
Equip/línia	Variable	TAG	Instrument	Senyal	Funció	P&ID
TR-601	Temperatura	TT-601	Transmissor TT	4-20 mA / HART	Control de temperatura de l'aigua de refrigeració	A-600
	Nivell	LT-601	Transmissor de nivell	4-20 mA / HART	Supervisió de nivell de la torre	A-600
	Alarma nivell alt	LAH-601	Alarma de nivell alt	Digital DI / Visual	Alarma de nivell alt al PLC	A-600
CL-601	Pressió	PT-601	Transmissor de pressió	4-20 mA / HART	Supervisió de pressió del circuit de Therminol	A-600
	Alarma pressió alta	PAH-601	Alarma de pressió alta	Digital DI / Visual	Alarma de pressió alta al PLC	A-600
CL-601	Temperatura	TT-602	Transmissor TT	4-20 mA / HART	Control de temperatura de la caldera / Therminol	A-600
TE-601	Nivell	LT-602	Transmissor de nivell	4-20 mA / HART	Supervisió de nivell del tanc pulmó de Therminol	A-600
TE-601	Alarma nivell alt	LAH-602	Alarma de nivell alt	Visual / PLC	Avís de nivell alt del tanc pulmó de Therminol	A-600
TE-601	Pressió	PT-602	Transmissor de pressió	4-20 mA / HART	Supervisió de pressió del tanc pulmó de Therminol	A-600
TE-601	Alarma pressió alta	PAH-602	Alarma de pressió alta	Visual / PLC	Avís de pressió elevada del tanc pulmó de Therminol	A-600

3.6.1.1 Selecció tecnològica dels sensors

Per al nivell continu s'adopta radar sense contacte Micropilot FMR62; per al nivell límit, Liquiphant FTL51B; per a temperatura, Siemens SITRANS TS500 amb transmissor TH320; per a pressió, SITRANS P320 o Cerabar PMP71B amb segell químic; per al cabal de procés, Coriolis Micro Motion ELITE CMF300A HT; per al cabal d'aire, t-mass I 300, i per al cabal de servei, OPTIFLUX 4300.

Taula 3.6.8. Tecnologies de mesura seleccionades per servei

TECNOLOGIES DE MESURA SELECCIONADES PER SERVEI				
Servei	TAGs	Tecnologia seleccionada	Model comercial seleccionat	Característica principal
Temperatura	TT-101/102/103, TT-201/202/203/204, TT-301/302, TT-401/403, TT-501/502/503/504, TT-601/602	Pt100 o termoparell amb termopou i transmissor	Siemens SITRANS TS500 + SITRANS TH320	Servei moderat: -20 a 150 °C; servei crític/reactor: 0 a 400 °C. Sortida 4-20 mA / HART i execució ATEX només en zona classificada.
Pressió	PT-101/102/103, PT-201, PT-301/302, PT-401/402, PT-501/502/503/504, PT-601 i PT-602	Transmissor electrònic de pressió	Siemens SITRANS P320 / Endress+Hauser Cerabar PMP71B amb segell químic	Mesura de pressió general o punts amb formol, formaldehid o Thermanol amb sortida 4-20 mA / HART.
Nivell continu	LT-101/102/103, LT-401, LT-402, LT-501/502/503/504, LT-601 i LT-602	Radar sense contacte	Endress+Hauser Micropilot FMR62	Mesura de nivell per tancs, columna, torre i tanc pulmó de Thermanol amb execució ATEX en zona classificada.
Nivell límit	LSHH/LSLL A-100 i A-500; LAH-402, LAL-402, LAH-601 i LAH-602	Interruptor de nivell o funció d'alarma	Endress+Hauser Liquiphant FTL51B / funció PLC	Protecció de nivell alt-alt, baix-baix i alarma de nivell alt.

Cabal de metanol i procés	FT-101, FT-301, FT-302, FT-401	Coriolis màssic	Emerson Micro Motion ELITE CMF300A HT + transmissor 5700	Mesura de cabal màssic, densitat i temperatura en corrents líquids de procés.
Cabal d'aire	FT-201	Cabalímetre màssic tèrmic	Endress+Hauser Proline t-mass I 300	Mesura directa de cabal màssic d'aire de procés.
Cabal de servei	FT-402	Cabalímetre electromagnètic	KROHNE OPTIFLUX 4300	Aplicació a aigua i servei auxiliar amb baixa pèrdua de càrrega.

Taula 3.6.9. Criteris generals d'alarma dels sensors

Servei	Variable	Criteri general d'alarma	Objectiu
Tancs de metanol i formol	Nivell	Alarmes LSHH/LSLL quan hi ha interruptors físics de nivell extrem; LAH/LAL només si apareixen al P&ID.	Evitar sobreompliment i aspiració en sec.
Columna, torre i TE-601	Nivell	Alarmes LAH/LAL generades des del LT o des del PLC/SCADA segons el P&ID.	Comprovar desviacions de nivell sense inventar consignes numèriques.
Tancs, columna, reactors i TE-601	Pressió	Alarma PAH i protecció mecànica PSV quan estigui representada.	Evitar sobrepressions en equips i línies.
Reactor i equips tèrmics	Temperatura	Alarmes TAH/TAL segons els límits operatius definits pel procés.	Generar avís quan la variable supera el límit tèrmiques.
Mescla aire/metanol	Cabal	Alarma de desviació de relació mitjançant FT/FIC.	Mantenir una alimentació segura al reactor.

Taula 3.6.10. Fulls d'especificació resumits de sensors de temperatura, pressió i nivell

FULLS D'ESPECIFICACIÓ RESUMITS DE SENSORS ANALÒGICS					
Família TAG	Model seleccionat	Quantitat instal·lada	Senyal	Material / compatibilitat	Aplicació
TT	Siemens SITRANS TS500 + SITRANS TH320	17	4-20 mA / HART	Termopou 316L i materials compatibles amb el servei. Execució ATEX segons ubicació en zona classificada.	Tancs, bescanviadors, reactors, columna i serveis auxiliars
PT	Siemens SITRANS P320 / Cerabar PMP71B amb segell químic	14	4-20 mA / HART	316L i segell de procés quan el fluid ho requereix. Execució ATEX segons ubicació en zona classificada.	Tancs, reactors, columna, mescla, circuit auxiliar i tanc pulmó TE-601
LT	Endress+Hauser Micropilot FMR62	11	4-20 mA / HART	Antena PTFE/PEEK i brida compatible. Execució ATEX segons ubicació en zona classificada.	Tancs, fons de columna, torre de refrigeració i tanc pulmó TE-601

Taula 3.6.11. Fulls d'especificació resumits de nivells límit i cabalímetres

FULLS D'ESPECIFICACIÓ RESUMITS DE NIVELLS LÍMIT I CABALÍMETRES					
Família TAG	Model seleccionat	Quantitat instal·lada	Senyal	Material / compatibilitat	Aplicació
LSHH/LSLL	Endress+Hauser Liquiphant FTL51B	14	Digital DI / NAMUR	Forquilla vibratòria 316L. Execució ATEX segons ubicació en zona classificada.	Interruptor / alarma de nivell alt-alt i baix-baix en tancs
FT líquids/procés	Emerson Micro Motion ELITE CMF300A HT + 5700	4	4-20 mA / HART	316L o C-22 segons servei. Execució ATEX segons ubicació en zona classificada.	Metanol, formol i cabals de procés
FT aire	Endress+Hauser Proline t-mass I 300	1	4-20 mA / HART	Sonda d'acer inoxidable. Execució ATEX segons ubicació en zona classificada.	Cabal d'aire de procés
FT servei	KROHNE OPTIFLUX 4300	1	4-20 mA / HART	Revestiment i elèctrodes per aigua/servei. Execució ATEX segons ubicació en zona classificada.	Cabal de servei en A-400
Alarmes	Funció integrada al PLC/SCADA	20 funcions d'alarma	Visual / PLC	Contacte o dispositiu de camp amb execució ATEX quan estigui instal·lat en zona classificada	TAH, TAL, PAH i LAH associades a TT/PT/LT, incloent LAH-602 i PAH-602

3.6.2 Controladors

Els controladors de la planta es defineixen com a funcions internes del sistema PLC/SCADA. Els tags TIC, PIC, FIC i LIC no corresponen a equips independents de camp, sinó a blocs de control implementats al PLC. En el cas del control del cabal aire/metanol, la funció queda representada mitjançant FIC-201, implementada al PLC/SCADA segons el P&ID. Aquesta solució permet centralitzar les consignes, els històrics, les alarmes i els interbloquejos de procés.

La plataforma adoptada és Siemens SIMATIC PCS 7 AS 410H amb perifèria distribuïda ET 200SP i supervisió WinCC. El PLC executa els llaços de control, les seqüències d'arrencada i aturada i els enclavaments. El SCADA actua com a interfície d'operació, modificació de consignes, gestió d'alarmes i registre històric de variables.

Taula 3.6.12. Famílies de controladors utilitzades a la planta

FAMÍLIES DE CONTROLADORS UTILITZADES A LA PLANTA					
Família	Variable controlada	Senyals d'entrada	Sortida del controlador	Localització	Aplicació
TIC	Temperatura	TT	AO a TCV o consigna VFD	PLC/SCADA	Bescanviadors, reactors, columna i serveis auxiliars
PIC	Pressió	PT	AO a PCV o ordre de venteig	PLC/SCADA	Blanketing de tancs, reactors i columna
FIC	Cabal	FT	AO a FCV o consigna VFD	PLC/SCADA	Metanol, aire i cabals de procés
LIC	Nivell	LT	AO a LCV o ordre a KV	PLC/SCADA	Fons de columna i serveis auxiliars
FIC-201	Cabal aire/metanol	FT-201 i FT-101	Consigna a cabal d'aire o compressor	PLC/SCADA	Control del cabal d'aire/metanol implementat al PLC/SCADA
Alarmes internes	TAH, PAH, LAH	TT, PT, LT	Alarma SCADA o interbloqueig	PLC/SCADA	Protecció operativa i diagnòstic

Taula 3.6.13. Llaços principals de control i funcions associades

LLAÇOS PRINCIPALS DE CONTROL I FUNCIONS ASSOCIADES						
Llaç	Variable controlada	Sensor/transmissor	Controlador	Element final	Resposta davant desviació	Acció de seguretat
P-TE101/102/103	Pressió de tancs de metanol	PT-101/102/103	PIC-101/102/103	PCV N2 / PCV venteig	Ajusta blanketing i venteig	PSV independent
L-TE101/102/103	Nivell de tancs de metanol	LT + LSHH/LSLL	Funció PLC	KV càrrega / bombes	Actua sobre càrrega i bomba	LSHH tanca càrrega; LSLL atura bomba
F-P101	Cabal de metanol	FT-101	FIC-101	VFD-101/VFD-102	Regula cabal cap a A-200	Aturada per LSLL de tanc
R-C201	Ratio aire/metanol	FT-201 i FT-101	FIC-201	VFD-201	Manté relació d'alimentació	Bloqueig d'arrencada fora de ratio
T-R301/302	Temperatura reactors	TT-301/302	TIC-301/302	TCV-301/302	Modifica transferència de calor	alarma crítica configurada al PLC/SCADA
F-R301/302	Cabal reactors	FT-301/302	FIC-301/302	FCV-301/302	Ajusta cabal de procés	Bloqueig per cabal fora de rang
P-CA401	Pressió columna	PT-401/402	PIC-401	PCV-401	Venteig cap a tractament	PAH activa alarma
L-CA401	Nivell fons columna	LT-401	LIC-401	LCV-401	Regula sortida líquida	Alarma per nivell fora de rang
T-TR601	Temperatura TR-601	TT-601	TIC-601	VFD-601	Ajusta funcionament associat a la torre	Alarma de desviació tèrmica
T-CL601	Temperatura de Therminol a la sortida de CL-601	TT-602	TIC-602	BURNERS-601	Modula la potència dels cremadors	Interlock intern del sistema de control
L-TE601-602	Nivell del tanc pulmó de Therminol	LT-602	Funció PLC/SCADA	Alarma al PLC/SCADA	Avís de nivell alt mitjançant LAH-602	Monitoratge i alarma

P-TE601-602	Pressió del tanc pulmó de Thermanol	PT-602	Funció PLC/SCADA	PSV-602	Avís de pressió alta mitjançant PAH-602 i protecció per PSV-602	Monitoratge i protecció mecànica
-------------	-------------------------------------	--------	------------------	---------	---	----------------------------------

Taula 3.6.14. Equipament principal de control seleccionat

Element	Model seleccionat	Fabricant	Quantitat instal·lada	Funció
PLC principal	SIMATIC PCS 7 AS 410H	Siemens	1	Control de procés, alarmes i interbloquejos.
Perifèria distribuïda	SIMATIC ET 200SP HA	Siemens	Per àrees A-100 a A-600	Concentració de senyals de camp i comunicació amb el PLC.
SCADA	WinCC Unified	Siemens	1	Supervisió de procés, alarmes, històrics i tendències.
HMI	Siemens Comfort Panel	Siemens	1	Operació local i visualització d'estats.

El recompte de senyals utilitzat per al dimensionament del sistema és el de la *Taula 3.4.9*, de forma que no es duplica la mateixa informació en aquest apartat.

Taula 3.6.15. Capacitat instal·lada del sistema de control

CAPACITAT INSTAL·LADA DEL SISTEMA DE CONTROL			
Àrea	Total E/S	Capacitat amb reserva 20 %	Observacions
A-100	31	38	Tancs de metanol, bombes P-101/P-102, KV i PSV com a protecció mecànica
A-200	11	14	Ratio aire/metanol, mescla i bescanviadors de pretractament
A-300	12	15	Reactors gasosos sense nivell; cabal, pressió i temperatura
A-400	14	17	Columna, cabal de servei, cabal de línia i control tèrmic
A-500	28	34	Tancs de formol i KV de càrrega/descàrrega
A-600	12	15	Serveis auxiliars amb TR-601, CL-601, BC-601 i tanc pulmó TE-601
Total planta	108	133	La reserva és capacitat del PLC, no instruments addicionals

Taula 3.6.16. Tipus de senyal associat a cada família d'instrument

TIPUS DE SENYAL ASSOCIAT A CADA FAMÍLIA D'INSTRUMENT				
Família de senyal	Instruments associats	Tipus de connexió	Tractament al PLC	Comentari
AI	TT, PT, LT, FT	4-20 mA / HART	Entrada analògica escalada	Variable usada per control, alarma i registre
AO	PCV, TCV, LCV, FCV	4-20 mA cap a I/P	Sortida modulant	Govern de vàlvules pneumàtiques
DI	LSHH, LSLL, LAH, PAH i estats de KV	24 V DC	Entrada digital	Contactes de seguretat i estat
DO	KV i electrovàlvules	24 V DC	Sortida digital	Ordres d'obertura/tancament
Comunicació	VFD, BURNERS-601, SCADA i HMI	PROFINET / Ethernet industrial	Intercanvi de dades	Consignes, diagnòstic i alarmes

3.6.3 Elements finals de control

Els elements finals de control són els dispositius que executen l'acció calculada pel controlador. A la planta es fan servir vàlvules de control pneumàtiques per a regulació contínua, vàlvules automàtiques on/off per a maniobres de tall, variadors de freqüència per regular motors i vàlvules mecàniques PSV com a protecció independent per sobrepressió dels tancs.

Les vàlvules de control es defineixen amb actuador pneumàtic i transductor I/P. Això permet que el PLC envii un senyal elèctric 4-20 mA i que l'I/P el converteixi en una pressió pneumàtica de 3-15 psi per moure l'actuador. Les posicions de fallada es defineixen amb criteri de seguretat del servei.

Taula 3.6.17. Vàlvules, actuadors i elements finals de control

VÀLVULES, ACTUADORS I ELEMENTS FINALS DE CONTROL					
Servei	TAGs	Tipus de vàlvula/equip	Accionament	Posició de fallada	Senyal
Blanketing N2 tancs metanol	PCV-101/103/105	Vàlvula globus de control	Pneumàtic + I/P Versió ATEX segons zona classificada.	Fail-close	4-20 mA + I/P + 3-15 psi
Venteig tancs metanol	PCV-102/104/106	Vàlvula globus de control	Pneumàtic + I/P Versió ATEX segons zona classificada.	Fail-open cap a tractament	4-20 mA + I/P + 3-15 psi
Pretractament / bescanviadors	TCV-201/202/203	Vàlvules de control	Pneumàtic + I/P Versió ATEX segons zona classificada.	Fail-close en aportació tèrmica; fail-open en refrigeració crítica	4-20 mA + I/P + 3-15 psi
Reactors	TCV-301/302, PCV-301/302, FCV-301/302	Vàlvules de control	Pneumàtic + I/P Versió ATEX segons zona classificada.	Posició definida per la seguretat del reactor	4-20 mA + I/P + 3-15 psi
Columna i línies A-400	LCV-401, PCV-401, TCV-401 i FCV-401/402	Vàlvules de control	Pneumàtic + I/P Versió ATEX segons zona classificada.	Fail-open per mantenir capacitat de descàrrega o refrigeració	4-20 mA + I/P + 3-15 psi

Caldera CL-601 / Therminol	BURNERS-601	Cremadors de la caldera / sistema de combustió	Modulació de potència des del TIC-602 / PLC Seguretat de combustió segons normativa de caldera; ATEX si la sala es classifica.	Aturada segura	Elèctrica / PLC
Càrrega/descàrreg a tancs	KV- 101/102/103/104/105 /106 i KV- 501/502/503/504/505 /506/507/508, KV-601	Vàlvula de bola on/off	Actuador pneumàtic + electrovàlvula Actuador i electrovàlvula ATEX.	Fail-close	Digital DO
Motors amb variador	VFD-101, VFD-102, VFD-201, VFD-601	Variador de freqüència	Electrònic; armari fora de zona classificada o equip amb protecció ATEX compatible si s'instal·la en camp.	Aturada segura	PROFINET / 4-20 mA
Protecció tancs	PSV-101/102/103, PSV-501/502/503/504 i PSV-602	Vàlvula mecànica de seguretat	Mecànic	Protecció mecànica independent	Tancs de metanol, formol i tanc pulmó TE- 601.

Taula 3.6.18. Selecció comercial dels elements finals

SELECCIÓ COMERCIAL DELS ELEMENTS FINALS				
Família TAG	Model seleccionat	Fabricant	Característica principal	Aplicació
PCV/TCV/LCV/FCV	Type 3241	SAMSON	Vàlvula globus DN 15-300, PN 10-40	Control modulant de gasos, líquids i serveis. Actuador pneumàtic i accessoris en versió ATEX si estan en zona classificada.
I/P	Fisher i2P-100	Emerson Fisher	Conversió 4-20 mA a senyal pneumàtic	Accionament de vàlvules pneumàtiques. Versió Ex ia / ATEX segons ubicació.
KV	Type 8805	Bürkert	Vàlvula de bola amb actuador pneumàtic	Tall automàtic de càrrega i descàrrega. Actuador i electrovàlvula ATEX si estan en zona classificada.
VFD	SINAMICS G120	Siemens	Variador modular per motors industrials	Bombes, compressor i servei auxiliar. Instal·lació en armari fora de zona classificada o versió ATEX/protecció compatible si s'instal·la en camp.
PSV	PROTEGO / vàlvula PSV	PROTEGO	Vàlvula mecànica de seguretat per sobrepressió	Tancs de metanol i formol. Protecció mecànica per sobrepressió; materials compatibles amb el servei.

BURNERS-601 / cremadors	Sistema de combustió integrat a CL-601	Integrat a caldera	Regulació de potència tèrmica des del TIC-602	Caldera de Therminol. Requisits de seguretat de combustió; execució ATEX només si la zona de caldera es classifica.
-------------------------	--	--------------------	---	---

Taula 3.6.19. Compatibilitat i classificació de servei

Zona	Instruments afectats	Classificació considerada	Criteri de compatibilitat
A-100	TT, PT, LT, FT, LSHH/LSLL, PCV, KV, PSV	Zona classificada ATEX per metanol	Instruments compatibles amb metanol i execució ATEX en zona classificada.
A-200	FT, TT, PT, TAL, VFD	Zona classificada ATEX per mescla aire/metanol	Instruments compatibles amb mescla aire/metanol i execució ATEX.
A-300	TT, PT, FT, TCV, PCV, FCV	Possible zona classificada i alta temperatura	Instruments compatibles amb alta temperatura i possible zona classificada.
A-400	LT, PT, TT, FT, LCV, PCV, TCV, FCV	No ATEX general	Compatibilitat amb formol/formaldehid; prioritat a toxicitat i compatibilitat química.
A-500	TT, PT, LT, LSHH/LSLL, KV, PSV	No ATEX general	Compatibilitat amb formol; ATEX només si hi ha metanol residual o zona classificada.
A-600	TT, TIC, LT, LAH, KV, VFD, PT, PAH, PSV, BURNERS	No ATEX general	Compatibilitat amb Therminol i serveis auxiliars. Tren de combustible/caldera segons normativa aplicable.

3.7 Llistat dels llaços de control

En aquest apartat es recullen els llaços de control principals de la planta, ordenats per àrea de procés. El llistat s'ha elaborat a partir dels P&ID corregits i manté únicament els llaços i tags representats a la documentació gràfica. Els llaços de control no modifiquen la classificació de zona; tanmateix, els elements de camp associats a àrees amb risc d'atmosfera explosiva s'han d'especificar amb certificació ATEX quan estiguin instal·lats dins de zona classificada.

3.7.1 Àrea 100. Emmagatzematge de metanol

A l'àrea 100 es controlen les condicions d'emmagatzematge del metanol i la seva alimentació cap a pretractament. Els tancs TE-101, TE-102 i TE-103 disposen de monitoratge de temperatura, pressió i nivell, amb alarmes i interbloquejos associats al sobrecompliment i al baix nivell. La pressió es regula mitjançant els llaços de blanketing i venteig, mentre que el cabal cap a A-200 es controla a la línia d'alimentació. Aquesta àrea és necessari perquè el metanol és una matèria primera inflamable i cal garantir una operació estable dels tancs i de les bombes associades.

Taula 3.7.1. Llaços de control de l'àrea 100

LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL ÀREA 100						
Equip	Llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element final	Configuració
TE-101	T-TE101	Temperatura del tanc de metanol	N/A	TT-101; TAH-101	Alarma al PLC/SCADA	Monitoratge
	P-TE101	Pressió del tanc de metanol	Cabal de nitrogen / venteig	PT-101	PCV-101 / PCV-102; PSV-101	Feedback / interbloqueig
	L-TE101	Nivell del tanc de metanol	Càrrega de tanc / aturada de bomba	LT-101; LSHH-101; LSLL-101	KV-101 / KV-102; bombes associades	Monitoratge / interbloqueig
TE-102	T-TE102	Temperatura del tanc de metanol	N/A	TT-102; TAH-102	Alarma al PLC/SCADA	Monitoratge
	P-TE102	Pressió del tanc de metanol	Cabal de nitrogen / venteig	PT-102	PCV-103 / PCV-104; PSV-102	Feedback / interbloqueig
	L-TE102	Nivell del tanc de metanol	Càrrega de tanc / aturada de bomba	LT-102; LSHH-102; LSLL-102	KV-103 / KV-104; bombes associades	Monitoratge / interbloqueig

TE-103	T-TE103	Temperatura del tanc de metanol	N/A	TT-103; TAH-103	Alarma al PLC/SCADA	Monitoratge
	P-TE103	Pressió del tanc de metanol	Cabal de nitrogen / venteig	PT-103	PCV-105 / PCV-106; PSV-103	Feedback / interbloqueig
	L-TE103	Nivell del tanc de metanol	Càrrega de tanc / aturada de bomba	LT-103; LSHH-103; LSLL-103	KV-105 / KV-106; bombes associades	Monitoratge / interbloqueig
P-101A/B	F-P101	Cabal de metanol cap a A-200	Velocitat del grup de bombes	FT-101	VFD-101/VFD-102	Feedback
P-102A/B	F-P102	Suport de cabal de metanol cap a A-200	Velocitat del grup de bombes	FT-101	VFD-102	Monitoratge

3.7.2 Àrea 200. Pretractament de reactius

A l'àrea 200 es realitza el pretractament dels reactius i la preparació de la mescla aire/metanol. El control se centra en el cabal d'aire, el condicionament tèrmic dels bescanviadors i la supervisió de pressió del sistema de mescla. El llaç de cabal associat a FIC-201 permet mantenir la relació d'alimentació representada al P&ID. Els equips de condicionament tèrmic BC-201, BC-202 i BC-203 asseguren que la mescla arribi a l'àrea de reacció amb les condicions adequades.

Taula 3.7.2. Llaços de control de l'àrea 200

LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL ÀREA 200						
Equip	Llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element final	Configuració
C-201A/B	R-C201	Cabal / ratio aire/metanol	Cabal d'aire regulat per FIC-201	FT-201	VFD-201	Ratio
E-201	T-E201	Temperatura de l'evaporador del metanol	Alarma de temperatura baixa	TT-201; TAL-201	Alarma al PLC/SCADA	Monitoratge / interbloqueig
ME-201	P-ME201	Pressió de la mescla aire/metanol	Alarma de pressió del sistema	PT-201; PAH-201	Alarma al PLC/SCADA	Monitoratge / interbloqueig
BC-201	T-BC201	Temperatura del servei associat a BC-201	Cabal de servei tèrmic	TT-202	TIC-201; TCV-201	Feedback
BC-202	T-BC202	Temperatura del servei associat a BC-202	Cabal de servei tèrmic	TT-203	TIC-202; TCV-202	Feedback
BC-203	T-BC203	Temperatura del servei associat a BC-203	Cabal de servei tèrmic	TT-204	TIC-203; TCV-203	Feedback

3.7.3 Àrea 300. Reacció

A l'àrea 300 es troben els reactors R-301 i R-302, on es desenvolupen les condicions principals de reacció. Els P&ID mostren llaços de temperatura, pressió i cabal per a cada reactor, amb actuació sobre TCV, PCV i FCV segons el servei representat. No s'inclou cap llaç de nivell perquè no apareix als plànols i el reactor es tracta com un sistema gasós. La correcta regulació d'aquesta àrea permet estabilitzar la conversió i protegir els equips davant desviacions de temperatura o pressió.

Taula 3.7.3. Llaços de control de l'àrea 300

LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL ÀREA 300						
Equip	Llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element final	Configuració
R-301	T-R301	Temperatura del reactor R-301	Cabal de servei tèrmic	TT-301	TIC-301; TCV-301	Feedback
	P-R301	Pressió del reactor R-301	Venteig o regulació de pressió	PT-301	PIC-301; PCV-301	Feedback / interbloqueig
	F-R301	Cabal associat al reactor R-301	Obertura de vàlvula de cabal	FT-301	FIC-301; FCV-301	Feedback
R-302	T-R302	Temperatura del reactor R-302	Cabal de servei tèrmic	TT-302	TIC-302; TCV-302	Feedback
	P-R302	Pressió del reactor R-302	Venteig o regulació de pressió	PT-302	PIC-302; PCV-302	Feedback / interbloqueig
	F-R302	Cabal associat al reactor R-302	Obertura de vàlvula de cabal	FT-302	FIC-302; FCV-302	Feedback

3.7.4 Àrea 400. Absorció i condicionament del producte

A l'àrea 400 es duu a terme l'absorció i el condicionament del producte abans de l'emmagatzematge. El control inclou el nivell de fons de la columna CA-401, la pressió de l'equip, la temperatura del servei associat i els cabals de les línies de producte i servei. Els llaços de cabal FT-401 i FT-402, juntament amb les vàlvules FCV-401 i FCV-402, permeten ajustar el funcionament de l'àrea d'absorció. Aquesta instrumentació és necessària per mantenir l'estabilitat de la columna i evitar desviacions en la sortida de formol.

Taula 3.7.4. Llaços de control de l'àrea 400

LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL ÀREA 400						
Equip	Llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element final	Configuració
CA-401	L-CA401	Nivell de fons de columna	Sortida líquida de la columna	LT-401	LIC-401; LCV-401	Feedback
ME-401	L-ME401-402	Nivell de ME-401	Alarmes de nivell alt i baix	LT-402; LAH-402; LAL-402	Alarma al PLC/SCADA	Monitoratge / alarma
CA-401	P-CA401	Pressió de la columna	Venteig cap a tractament	PT-401; PT-402; PAH-401	PIC-401; PCV-401	Feedback / interbloqueig
CA-401	T-CA401	Temperatura de columna	Alarma de temperatura alta	TT-401; TAH-401	Alarma al PLC/SCADA	Monitoratge / interbloqueig
Línia formol	F-FT401	Cabal de línia de producte	Vàlvula de cabal associada	FT-401	FIC-401; FCV-401	Feedback
BC-401	T-BC401	Temperatura de servei associada a BC-401	Cabal de servei tèrmic	TT-403	TIC-401; TCV-401	Feedback
Línia servei	F-FT402	Cabal de servei a l'àrea 400	Vàlvula de control de cabal	FT-402	FIC-402; FCV-402	Feedback

3.7.5 Àrea 500. Emmagatzematge de formol

A l'àrea 500 es realitza l'emmagatzematge del formol en els tancs TE-501, TE-502, TE-503 i TE-504. Les vàlvules KV i les proteccions PSV formen part de la filosofia de seguretat de l'emmagatzematge, però no s'incorpora cap llaç de cabal d'expedició si no està representat als plànols. Per això, el llistat reflecteix únicament la instrumentació realment definida en els P&ID.

Taula 3.7.5. Llaços de control de l'àrea 500

LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL ÀREA 500						
Equip	Llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element final / alarma	Configuració
TE-501	T-TE501-501	Temperatura del tanc de formol	N/A	TT-501	TAH-501 / TAL-501	Monitoratge / alarma
	P-TE501	Pressió del tanc de formol TE-501	Protecció per sobrepressió	PT-501; PAH-501	PSV-501	Monitoratge / interbloqueig
	L-TE501	Nivell del tanc de formol TE-501	Càrrega de tanc / aturada de bomba	LT-501; LSHH-501; LSL-501	KV-501 / KV-502	Monitoratge / interbloqueig
TE-502	T-TE502-502	Temperatura del tanc de formol	N/A	TT-502	TAH-502 / TAL-502	Monitoratge / alarma
	P-TE502	Pressió del tanc de formol TE-502	Protecció per sobrepressió	PT-502; PAH-502	PSV-502	Monitoratge / interbloqueig
	L-TE502	Nivell del tanc de formol TE-502	Càrrega de tanc / aturada de bomba	LT-502; LSHH-502; LSL-502	KV-503 / KV-504	Monitoratge / interbloqueig
TE-503	T-TE503-503	Temperatura del tanc de formol	N/A	TT-503	TAH-503 / TAL-503	Monitoratge / alarma
	P-TE503	Pressió del tanc de formol TE-503	Protecció per sobrepressió	PT-503; PAH-503	PSV-503	Monitoratge / interbloqueig
	L-TE503	Nivell del tanc de formol TE-503	Càrrega de tanc / aturada de bomba	LT-503; LSHH-503; LSL-503	KV-505 / KV-506	Monitoratge / interbloqueig

TE-504	T-TE504-504	Temperatura del tanc de formol	N/A	TT-504	TAH-504 / TAL-504	Monitoratge / alarma
	P-TE504	Pressió del tanc de formol TE-504	Protecció per sobrepressió	PT-504; PAH-504	PSV-504	Monitoratge / interbloqueig
	L-TE504	Nivell del tanc de formol TE-504	Càrrega de tanc / aturada de bomba	LT-504; LSHH-504; LSL-504	KV-507 / KV-508	Monitoratge / interbloqueig

3.7.6 Àrea 600. Serveis auxiliars

L'àrea 600 agrupa serveis auxiliars amb instrumentació pròpia, especialment la torre TR-601, la caldera CL-601 i el tanc pulmó TE-601 associats al circuit de Therminol. Els llaços d'aquesta zona permeten controlar la temperatura de l'aigua de refrigeració, comprovar el nivell de la torre i vigilar la pressió del circuit auxiliar. El control tèrmic principal del Therminol es vincula a la caldera CL-601: el senyal TT-602 és tractat pel controlador TIC-602 i actua sobre la potència dels cremadors BURNERS-601, regulant l'aportació de calor al fluid tèrmic. No es considera un control de cabal en aquest llaç. Tot i que aquests serveis donen suport a les àrees de procés, es llisten com a àrea independent perquè els P&ID mostren tags propis d'instrumentació i control.

Taula 3.7.6. Llaços de control de l'àrea 600

LLISTAT DE LLAÇOS DE CONTROL ÀREA 600						
Equip	Llaç	Variable controlada	Variable manipulada	Element primari	Element final	Configuració
TR-601	T-TR601	Temperatura de l'aigua de refrigeració	Velocitat del ventilador o equip associat	TT-601	TIC-601; VFD-601	Feedback
	L-TR601	Nivell de la torre	Aportació d'aigua a la torre	LT-601; LAH-601	KV-601	Monitoratge / interbloqueig
CL-601	P-CL601	Pressió del circuit de Therminol	Alarma de pressió del circuit	PT-601; PAH-601	Alarma al PLC/SCADA	Monitoratge / interbloqueig

CL-601	T-CL601	Temperatura del Therminol a la sortida de la caldera	Potència dels cremadors	TT-602	BURNERS-601 (ordre TIC-602)	Feedback
TE-601	L-TE601-602	Nivell del tanc pulmó de Therminol	N/A	LT-602; LAH-602	Alarma al PLC/SCADA	Monitoratge / alarma
TE-601	P-TE601-602	Pressió del tanc pulmó de Therminol	N/A	PT-602; PAH-602	PSV-602	Monitoratge / protecció mecànica

Taula 3.7.7. Resum dels llaços de control de la planta

RESUM DELS LLAÇOS DE CONTROL DE LA PLANTA			
Àrea	Nombre de llaços principals	Variables controlades principals	Tipus de control predominant
Àrea 100. Emmagatzematge de metanol	11	Temperatura, pressió, nivell i cabal	Feedback / monitoratge / interbloqueig
Àrea 200. Pretractament de reactius	6	Cabal, temperatura i pressió	Ratio / feedback / monitoratge
Àrea 300. Reacció	6	Temperatura, pressió i cabal	Feedback / interbloqueig
Àrea 400. Absorció i condicionament del producte	7	Nivell, pressió, temperatura i cabal	Feedback / monitoratge
Àrea 500. Emmagatzematge de formol	12	Temperatura, pressió i nivell	Monitoratge / interbloqueig
Àrea 600. Serveis auxiliars	6	Temperatura, nivell i pressió	Feedback / monitoratge / alarma / interbloqueig
Total planta	48	Variables principals del procés i serveis	Control regulador, monitoratge i interbloquejos

3.8 Llistat d'instrumentació

S'hi recullen els instruments de mesura, controladors, alarmes i elements finals de control, ordenats per àrees i per equip. Els instruments i elements finals instal·lats dins de zones classificades s'han d'especificar amb certificació ATEX compatible, mentre que fora d'aquestes zones s'aplica la compatibilitat química i la protecció elèctrica corresponent.

3.8.1 Àrea 100. Emmagatzematge de metanol

La taula següent recull els instruments, controladors, alarmes i elements finals de control associats als equips d'aquesta àrea segons el P&ID corresponent.

Taula 3.8.1. Llistat d'instrumentació de l'àrea 100

LLISTAT INSTRUMENTACIÓ ÀREA 100				
Equip	ID Instrument	Descripció	Ubicació	Tipus de senyal
TE-101	TT-101	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
	TAH-101	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Visual
	PT-101	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
	PIC-101	Controlador de pressió	Sala de control	Elèctrica / PLC
	PCV-101	Vàlvula de control de nitrogen	En camp	Pneumàtica
	PCV-102	Vàlvula de control de venteig	En camp	Pneumàtica
	LT-101	Transmissor de nivell	En camp	Elèctrica
	LSHH-101	Interruptor de nivell alt-alt	En camp	Digital
	LSLL-101	Interruptor de nivell baix-baix	En camp	Digital
	KV-101	Vàlvula automàtica on/off	En camp	Digital
	KV-102	Vàlvula automàtica on/off	En camp	Digital
	PSV-101	Vàlvula de seguretat per sobrepressió	En camp	Mecànica

TE-102	TT-102	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
	TAH-102	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Visual
	PT-102	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
	PIC-102	Controlador de pressió	Sala de control	Elèctrica / PLC
	PCV-103	Vàlvula de control de nitrogen	En camp	Pneumàtica
	PCV-104	Vàlvula de control de venteig	En camp	Pneumàtica
	LT-102	Transmissor de nivell	En camp	Elèctrica
	LSHH-102	Interruptor de nivell alt-alt	En camp	Digital
	LSLL-102	Interruptor de nivell baix-baix	En camp	Digital
	KV-103	Vàlvula automàtica on/off	En camp	Digital
	KV-104	Vàlvula automàtica on/off	En camp	Digital
	PSV-102	Vàlvula de seguretat per sobrepressió	En camp	Mecànica
TE-103	TT-103	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
	TAH-103	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Visual
	PT-103	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
	PIC-103	Controlador de pressió	Sala de control	Elèctrica / PLC
	PCV-105	Vàlvula de control de nitrogen	En camp	Pneumàtica
	PCV-106	Vàlvula de control de venteig	En camp	Pneumàtica
	LT-103	Transmissor de nivell	En camp	Elèctrica

	LSHH-103	Interruptor de nivell alt-alt	En camp	Digital
	LSSL-103	Interruptor de nivell baix-baix	En camp	Digital
	KV-105	Vàlvula automàtica on/off	En camp	Digital
	KV-106	Vàlvula automàtica on/off	En camp	Digital
	PSV-103	Vàlvula de seguretat per sobrepressió	En camp	Mecànica
Línia metanol a A-200	FT-101	Transmissor de cabal de metanol	En camp	Elèctrica
	FIC-101	Controlador de cabal	Sala de control	Elèctrica / PLC
P-101A/B	VFD-101	Variador de freqüència del grup de bombes	En camp	Comunicació / Elèctrica
P-102A/B	VFD-102	Variador de freqüència del grup de bombes	En camp	Comunicació / Elèctrica

3.8.2 Àrea 200. Pretractament de reactius

La taula següent recull els instruments, controladors, alarmes i elements finals de control associats als equips d'aquesta àrea segons el P&ID corresponent.

Taula 3.8.2. Llistat d'instrumentació de l'àrea 200

LLISTAT INSTRUMENTACIÓ ÀREA 200				
Equip	ID Instrument	Descripció	Ubicació	Tipus de senyal
C-201A/B	VFD-201	Variador de freqüència del grup de compressors	En camp	Comunicació / Elèctrica
Línia aire/metanol	FT-201	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
	FIC-201	Controlador de cabal	Sala de control	Elèctrica / PLC
E-201	PT-201	Transmissor de pressió de l'evaporador	En camp	Elèctrica

E-201	PAH-201	Alarma de pressió alta associada a l'evaporador	Sala de control	Visual
ME-201	TT-201	Transmissor de temperatura de la mescla aire/metanol	En camp	Elèctrica
ME-201	TAL-201	Alarma de temperatura baixa del corrent aire/metanol de ME-201	Sala de control	Visual
BC-201	TT-202	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
	TIC-201	Controlador de temperatura	Sala de control	Elèctrica / PLC
	TCV-201	Vàlvula de control de temperatura	En camp	Pneumàtica
BC-202	TT-203	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
	TIC-202	Controlador de temperatura	Sala de control	Elèctrica / PLC
	TCV-202	Vàlvula de control de temperatura	En camp	Pneumàtica
BC-203	TT-204	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
	TIC-203	Controlador de temperatura	Sala de control	Elèctrica / PLC
	TCV-203	Vàlvula de control de temperatura	En camp	Pneumàtica

3.8.3 Àrea 300. Reacció

La taula següent recull els instruments, controladors, alarmes i elements finals de control associats als equips d'aquesta àrea segons el P&ID corresponent.

Taula 3.8.3. Llistat d'instrumentació de l'àrea 300

LLISTAT INSTRUMENTACIÓ ÀREA 300				
Equip	ID Instrument	Descripció	Ubicació	Tipus de senyal
R-301	TT-301	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
	TIC-301	Controlador de temperatura	Sala de control	Elèctrica / PLC
	TCV-301	Vàlvula de control de temperatura	En camp	Pneumàtica
	PT-301	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
	PIC-301	Controlador de pressió	Sala de control	Elèctrica / PLC
	PCV-301	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
	FT-301	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
	FIC-301	Controlador de cabal	Sala de control	Elèctrica / PLC
	FCV-301	Vàlvula de control de cabal	En camp	Pneumàtica
R-302	TT-302	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
	TIC-302	Controlador de temperatura	Sala de control	Elèctrica / PLC
	TCV-302	Vàlvula de control de temperatura	En camp	Pneumàtica
	PT-302	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
	PIC-302	Controlador de pressió	Sala de control	Elèctrica / PLC
	PCV-302	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
	FT-302	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
	FIC-302	Controlador de cabal	Sala de control	Elèctrica / PLC
	FCV-302	Vàlvula de control de cabal	En camp	Pneumàtica

3.8.4 Àrea 400. Absorció i condicionament del producte

La taula següent recull els instruments, controladors, alarmes i elements finals de control associats als equips d'aquesta àrea segons el P&ID corresponent.

Taula 3.8.4. Llistat d'instrumentació de l'àrea 400

LLISTAT INSTRUMENTACIÓ ÀREA 400				
Equip	ID Instrument	Descripció	Ubicació	Tipus de senyal
CA-401	LT-401	Transmissor de nivell	En camp	Elèctrica
ME-401	LT-402	Transmissor de nivell complementari	En camp	Elèctrica
ME-401	LAH-402	Alarma de nivell alt	Sala de control / PLC	Visual / PLC
ME-401	LAL-402	Alarma de nivell baix	Sala de control / PLC	Visual / PLC
CA-401	LIC-401	Controlador de nivell	Sala de control	Elèctrica / PLC
CA-401	LCV-401	Vàlvula de control de nivell	En camp	Pneumàtica
CA-401	PT-401	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
CA-401	PT-402	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
CA-401	PIC-401	Controlador de pressió	Sala de control	Elèctrica / PLC
CA-401	PCV-401	Vàlvula de control de pressió	En camp	Pneumàtica
CA-401	PAH-401	Alarma de pressió alta	Sala de control	Visual
CA-401	TT-401	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
CA-401	TAH-401	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Visual
Línia formol	FT-401	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
Línia formol	FIC-401	Controlador de cabal	Sala de control	Elèctrica / PLC

BC-401	TT-403	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
BC-401	TIC-401	Controlador de temperatura	Sala de control	Elèctrica / PLC
BC-401	TCV-401	Vàlvula de control de temperatura	En camp	Pneumàtica
Servei d'aigua / absorció	FT-402	Transmissor de cabal	En camp	Elèctrica
Servei d'aigua / absorció	FIC-402	Controlador de cabal	Sala de control	Elèctrica / PLC
Línia formol	FCV-401	Vàlvula de control de cabal	En camp	Pneumàtica
Servei d'aigua / absorció	FCV-402	Vàlvula de control de cabal	En camp	Pneumàtica

3.8.5 Àrea 500. Emmagatzematge de formol

La taula següent recull els instruments, controladors, alarmes i elements finals de control associats als equips d'aquesta àrea segons el P&ID corresponent.

Taula 3.8.5. Llistat d'instrumentació de l'àrea 500

LLISTAT INSTRUMENTACIÓ ÀREA 500				
Equip	ID Instrument	Descripció	Ubicació	Tipus de senyal
TE-501	TT-501	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
	TAH-501	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Visual
	TAL-501	Alarma de temperatura baixa	Sala de control / PLC	Visual / PLC
	PT-501	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
	PAH-501	Alarma de pressió alta	Sala de control	Visual
	LT-501	Transmissor de nivell	En camp	Elèctrica

	LSHH-501	Interruptor de nivell alt-alt	En camp	Digital
	LSLL-501	Interruptor de nivell baix-baix	En camp	Digital
	KV-501	Vàlvula automàtica on/off	En camp	Digital
	KV-502	Vàlvula automàtica on/off	En camp	Digital
	PSV-501	Vàlvula de seguretat per sobrepressió	En camp	Mecànica
TE-502	TT-502	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
	TAH-502	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Visual
	TAL-502	Alarma de temperatura baixa	Sala de control / PLC	Visual / PLC
	PT-502	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
	PAH-502	Alarma de pressió alta	Sala de control	Visual
	LT-502	Transmissor de nivell	En camp	Elèctrica
	LSHH-502	Interruptor de nivell alt-alt	En camp	Digital
	LSLL-502	Interruptor de nivell baix-baix	En camp	Digital
	KV-503	Vàlvula automàtica on/off	En camp	Digital
	KV-504	Vàlvula automàtica on/off	En camp	Digital
	PSV-502	Vàlvula de seguretat per sobrepressió	En camp	Mecànica
TE-503	TT-503	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
	TAH-503	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Visual
	TAL-503	Alarma de temperatura baixa	Sala de control / PLC	Visual / PLC

	PT-503	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
	PAH-503	Alarma de pressió alta	Sala de control	Visual
	LT-503	Transmissor de nivell	En camp	Elèctrica
	LSHH-503	Interruptor de nivell alt-alt	En camp	Digital
	LSSL-503	Interruptor de nivell baix-baix	En camp	Digital
	KV-505	Vàlvula automàtica on/off	En camp	Digital
	KV-506	Vàlvula automàtica on/off	En camp	Digital
	PSV-503	Vàlvula de seguretat per sobrepressió	En camp	Mecànica
TE-504	TT-504	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
	TAH-504	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Visual
	TAL-504	Alarma de temperatura baixa	Sala de control / PLC	Visual / PLC
	PT-504	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
	PAH-504	Alarma de pressió alta	Sala de control	Visual
	LT-504	Transmissor de nivell	En camp	Elèctrica
	LSHH-504	Interruptor de nivell alt-alt	En camp	Digital
	LSSL-504	Interruptor de nivell baix-baix	En camp	Digital
	KV-507	Vàlvula automàtica on/off	En camp	Digital
	KV-508	Vàlvula automàtica on/off	En camp	Digital
	PSV-504	Vàlvula de seguretat per sobrepressió	En camp	Mecànica

3.8.6 Àrea 600. Serveis auxiliars

El llistat de l'àrea 600 incorpora la instrumentació pròpia dels serveis auxiliars representada al P&ID de l'àrea, sense incloure motors de bombes com a instruments independents.

Taula 3.8.6. Llistat d'instrumentació de l'àrea 600

LLISTAT INSTRUMENTACIÓ ÀREA 600				
Equip	ID Instrument	Descripció	Ubicació	Tipus de senyal
TR-601	TT-601	Transmissor de temperatura	En camp	Elèctrica
	TIC-601	Controlador de temperatura	Sala de control	Elèctrica / PLC
	LT-601	Transmissor de nivell	En camp	Elèctrica
	LAH-601	Alarma de nivell alt	Sala de control	Visual
	KV-601	Vàlvula automàtica on/off	En camp	Digital
	VFD-601	Variador de freqüència associat a TR-601	En camp	Comunicació / Elèctrica
CL-601	PT-601	Transmissor de pressió	En camp	Elèctrica
	PAH-601	Alarma de pressió alta	Sala de control	Visual
CL-601	TT-602	Transmissor de temperatura de Thermanol	En camp	Elèctrica
	TIC-602	Controlador de temperatura del Thermanol a la sortida de CL-601	Sala de control	Elèctrica / PLC
CL-601	BURNERS-601 / Cremadors	Cremadors de la caldera; potència regulada pel TIC-602	En camp	Elèctrica / PLC; seguretat de combustió i ATEX segons classificació de zona

TE-601	LT-602	Transmissor de nivell del tanc pulmó	En camp	Elèctrica
TE-601	LAH-602	Alarma de nivell alt	Sala de control / PLC	Visual / PLC
TE-601	PT-602	Transmissor de pressió del tanc pulmó	En camp	Elèctrica
TE-601	PAH-602	Alarma de pressió alta	Sala de control / PLC	Visual / PLC
TE-601	PSV-602	Vàlvula de seguretat per sobrepressió del tanc pulmó	En camp	Mecànica

3.9 Descripció dels llaços de control

En aquest apartat es detalla la lògica de funcionament, l'estratègia de regulació i la configuració de cadascun dels llaços de control que asseguren l'operació de la planta sota condicions d'estabilitat, eficiència i seguretat. L'anàlisi es realitza de forma seqüencial per cadascuna de les àrees operatives del procés.

3.9.1 Tancs d'emmagatzematge

L'objectiu principal d'aquesta àrea és la recepció de metanol líquid procedent de l'exterior, el seu emmagatzematge segur en condicions controlades i el subministrament d'un flux d'alimentació constant i precís cap a l'etapa de reacció (Àrea 200). Atès que el metanol és una substància altament inflamable, tòxica i amb tendència a la volatilitat, els sistemes d'instrumentació d'aquesta zona estan fortament orientats a la prevenció de riscos operatius i ambientals.

A continuació, es descriuen de forma detallada els llaços de control que configuren aquesta primera àrea del procés.

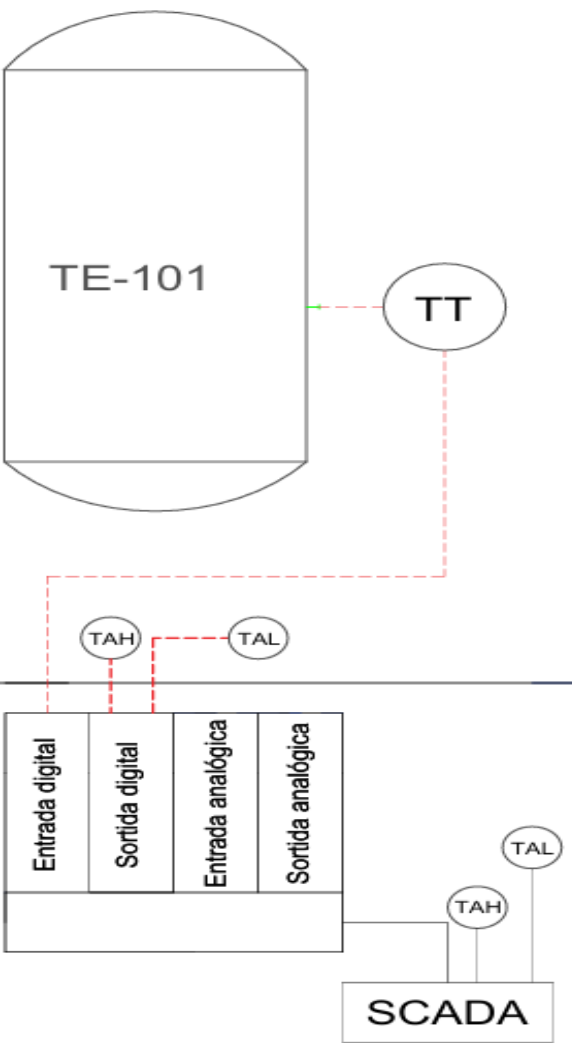
- **Llaç de control alarma de temperatura**

Els tancs d'emmagatzematge de metanol i de formaldehid requereixen un control de temperatura a l'interior per tal de garantir no traspassar uns valors crítics que podrien afectar els materials. Per això, els tancs TE-101 a TE-103, que contenen metanol, i TE-501 a TE-504, que guarden el formaldehid, disposen d'un llaç de control de la temperatura.

El sensor de temperatura mesura la temperatura actual del metanol i del formol en el tanc i envia un senyal proporcional d'aquest al controlador del sistema central. El controlador compara la temperatura mesurada amb la temperatura de consigna de seguretat i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar protocols manuals de refrigeració, on els operaris utilitzen aquest avís per obrir l'element final. En el cas dels tancs de formaldehid en ser un producte que polimeritza a temperatures baixes consta d'un llaç de control de la temperatura amb alarmes per a valors de temperatura inferiors als 35°. Si aquest fet ocorre, es regularia el cabal de bescanviador per deixar el producte més calent i aportar un increment de la temperatura.

A la *Taula 3.9.1* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç del tanc TE-101 sent anàleg per a la resta de tancs.

Taula 3.9.1. Full d'especificacions del llaç de control de la temperatura dels tancs d'emmagatzematge

	LLAÇ DE CONTROL		
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	100	Llaç	L-TE101
Llaços anàlegs		Components del llaç	
L-TE 102 L-TE 103 L-TE 501 L-TE 502 T-TE 503 L-TE 504		TT-101 TAH	Sensor de temperatura Alarma de temperatura alta
ESQUEMA			
EN CAMP A SALA DE CONTROL			

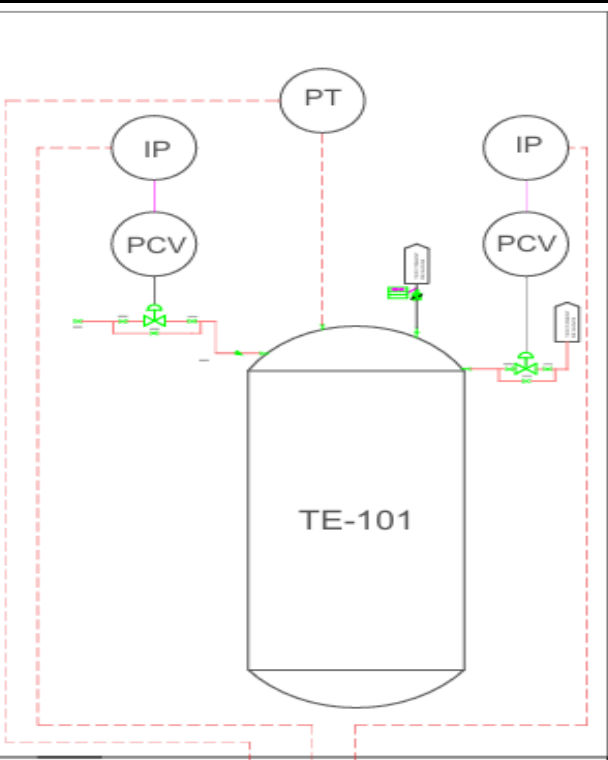
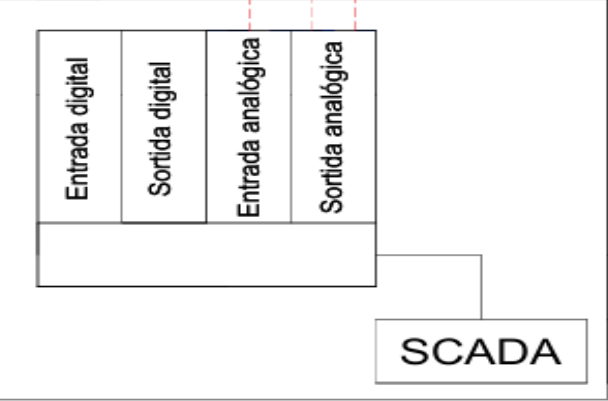
- **Llaç de control de pressió**

Els tancs d'emmagatzematge de metanol requereixen un control de pressió a l'interior per a garantir no traspasar uns valors crítics que podrien afectar la integritat mecànica dels equips. Els tancs d'aquest producte requereixen una inertització per controlar i assegurar la seguretat dels treballadors així com de la planta, és per això que els tancs TE-101 a TE-103, que contenen metanol, disposen d'un llaç de control de la pressió.

El sensor de pressió mesura la pressió actual del gas en el tanc i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara la pressió mesurada amb la pressió de consigna de seguretat i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar protocols manuals de despressurització o d'inertització, on els operaris utilitzen aquest avís per obrir l'element final, el qual regula directament el cabal de nitrogen d'entrada i sortida, així com el cabal de gasos que van a tractament. Segons l'operació que s'estigui realitzant, les vàlvules es regulen automàticament per tal d'obrir el pas de nitrogen o tancar-lo. Per això treballa amb un control feedback per tal de regular el cabal segons la informació rebuda.

A la *Taula 3.9.2* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç del tanc TE-101 sent anàleg per a la resta de tancs.

Taula 3.9.2. Full d'especificacions del llaç de control de la temperatura dels tancs d'emmagatzematge

	LLAÇ DE CONTROL		
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	100	Llaç	P-TE101
Llaços anàlegs		Components del llaç	
P-TE 102 P-TE 103		PT-101	Sensor de pressió
		PCV-101	Vàlvula de control de pressió 101
		PCV-102	Vàlvula de control de pressió 102
ESQUEMA			
EN CAMP A SALA DE CONTROL			
			

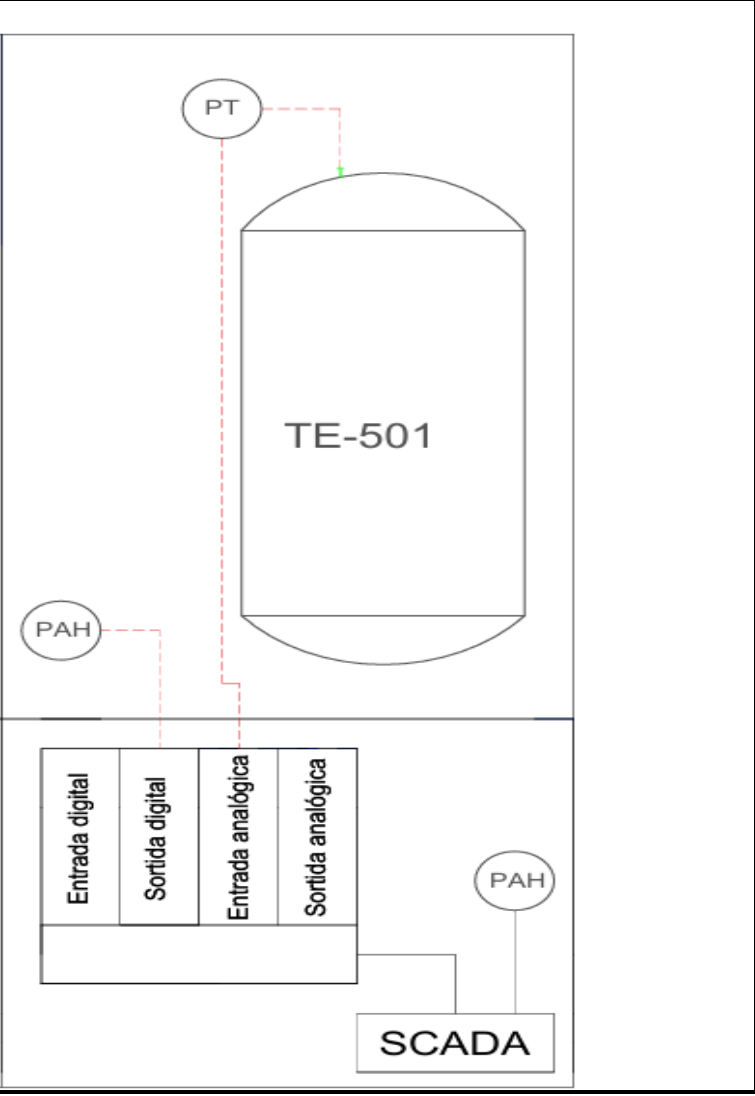
- **Llaç de control de l'alarma de pressió**

Els tancs d'emmagatzematge de formaldehid requereixen un control de pressió a l'interior per a garantir no traspasar uns valors crítics que podrien comprometre la seguretat de les instal·lacions. Per aquest motiu, els tancs TE-501 a TE-504, que guarden el formaldehid, disposen d'un llaç de control de l'alarma de pressió.

El sensor de pressió mesura la pressió actual de la fase gas en el tanc i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara la pressió mesurada amb els valors de consigna de seguretat d'alta o baixa pressió i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar protocols d'alarma en cas de desviació, on els operaris utilitzen aquest avís per comprovar el tanc o actuar sobre l'element final, el qual en situació crítica alertaria els operaris mitjançant una alarma i es durien a terme les operacions correctores corresponents.

A la *Taula 3.9.3* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç del tanc TE-501 sent anàleg per a la resta de tancs.

Taula 3.9.3. Full d'especificacions del llaç de control de l'alarma de pressió dels tancs d'emmagatzematge

	LLAÇ DE CONTROL		
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	500	Llaç	P-TE501
Llaços anàlegs		Components del llaç	
P-TE 502 P-TE 503 P-TE 504		PT-501 PAH-501	Sensor de pressió Alarma de pressió alta
ESQUEMA			
EN CAMP A SALA DE CONTROL			

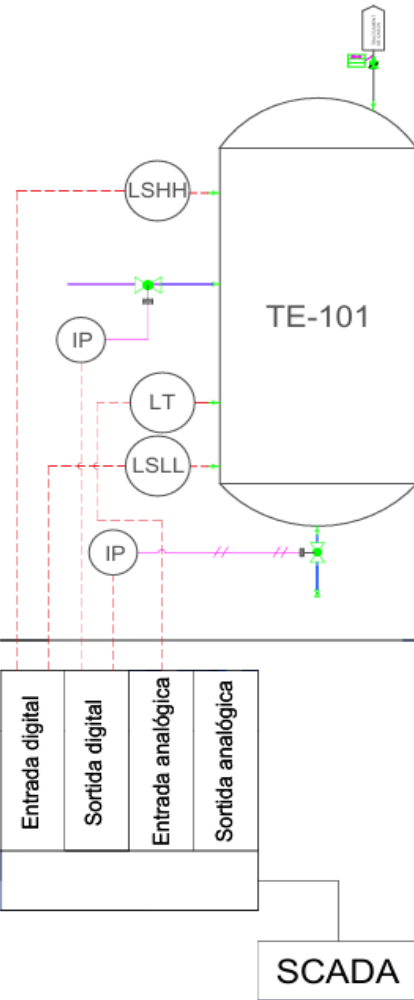
- **Llaç de control de nivell**

Els tancs d'emmagatzematge de metanol i de formaldehid requereixen un control de nivell a l'interior per a garantir no traspassar uns valors crítics que podrien provocar un sobreiximent o un buidatge total dels equips. Així, els tancs TE-101 a TE-103, que contenen metanol, i TE-501 a TE-504, que guarden el formaldehid, disposen d'un llaç de control del nivell.

El sensor de nivell mesura la quantitat actual de líquid en el tanc i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara el nivell mesurat amb el nivell de consigna de seguretat i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar protocols manuals d'ompliment o de buidatge, on els operaris utilitzen aquest avís per actuar sobre l'element final, el qual regula directament el cabal. Per això treballa amb un control feedback per regular el cabal segons la informació rebuda.

A la *Taula 3.9.4* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç del tanc TE-101 sent anàleg per a la resta de tancs.

Taula 3.9.4. Full d'especificacions del llaç de control de nivell dels tancs d'emmagatzematge

	LLAÇ DE CONTROL		
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	100	Llaç	L-TE101
Llaços anàlegs		Components del llaç	
L-TE 102 L-TE 103 L-TE 501 L-TE 502 T-TE 503 L-TE 504		LT-101 LSHH-101 LSLL-101	Transmissor de cabal Nivell límit alt Nivell límit baix
ESQUEMA			
EN CAMP A SALA DE CONTROL			

3.9.2 Bombes i compressors

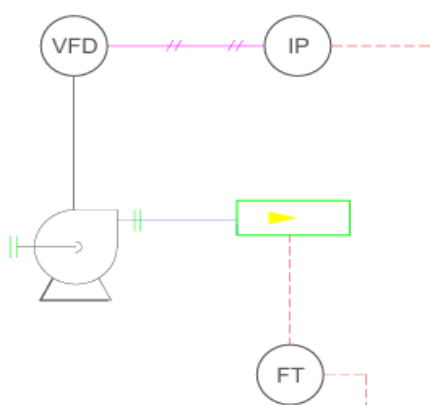
- **Llaç de control del cabal en línies d'impulsió**

Les línies d'impulsió dels tancs d'emmagatzematge, així com del circuit que ho requereixi, ha de disposar d'un control de cabal en el seu recorregut per a garantir l'abastament correcte i segur del producte cap a les següents etapes del procés. Per això, les línies d'impulsió associades als tancs de metanol i de formaldehid disposen d'un llaç de control del cabal, indicat com a F-P101.

El sensor de cabal, integrat pel transmissor FT-101, mesura el cabal actual del fluid en la línia d'impulsió i envia un senyal analògic proporcional a aquest a l'entrada analògica del controlador del sistema central (SCADA / PLC). El controlador compara el cabal mesurat amb el cabal de consigna requerit i genera un senyal de control en funció de la diferència d'aquests valors. Aquest senyal de control s'envia des de la sortida analògica cap a l'element final, el variador de freqüència VFD-101 (actuant a través del convertidor IP), el qual regula directament la velocitat de rotació de la bomba per tal d'ajustar el cabal aportat a la línia. Per això treballa amb un control feedback per regular el cabal segons la informació rebuda.

A la *Taula 3.9.5* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En la figura es fa una representació de l'esquema d'aquest llaç per al cas F-P101, sent anàleg per a la resta de línies d'impulsió.

Taula 3.9.5. Full d'especificacions del llaç de control de cabal de les línies d'impulsió

	LLAÇ DE CONTROL		
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	100	Llaç	F-P101
Llaços anàlegs		Components del llaç	
F-P102		FT-101	Transmissor de cabal
		VFD-101	Variador de freqüència
ESQUEMA			
EN CAMP			
		A SALA DE CONTROL SCADA Entrada digital Sortida digital Entrada analògica Sortida analògica	

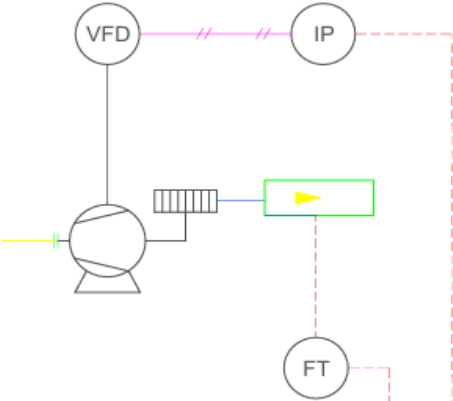
- **Llaç de control en línies de compressió i d'impulsió de gasos**

Les línies de compressió i d'impulsió de gasos requereixen un control del seu funcionament per a garantir no traspasar uns valors crítics que podrien afectar els materials o comprometre l'estabilitat dels equips així com assegurar el cabal correcte del reactiu per a entrar en la ràtio desitjat. Per aquest motiu, les línies provinents de l'aire passen pel compressor.

El sensor de cabal mesura les condicions actuals del gas en la línia i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara el valor mesurat amb el valor de consigna de seguretat i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar protocols de regulació o d'aturada d'emergència, on els operaris utilitzen aquest avís per actuar sobre l'element final, el qual regula directament el cabal de gas. D'aquesta forma treballa amb un control feedback per tal de regular el cabal segons la informació rebuda.

A la *Taula 3.9.6* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat.

Taula 3.9.6. Full d'especificacions del llaç de control de cabal de les línies de compressió i impulsó de gasos

	LLAÇ DE CONTROL				
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026		
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026		
Zona planta	200	Llaç	F-C201		
Llaços anàlegs		Components del llaç			
F-C202		FT-201	Transmissor de cabal		
		VFD-201	Variador de freqüència		
ESQUEMA					
		EN CAMP 			
		A SALA DE CONTROL SCADA <table border="1"> <tr> <td>Entrada digital</td> <td>Sortida digital</td> <td>Entrada analògica</td> <td>Sortida analògica</td> </tr> </table>		Entrada digital	Sortida digital
Entrada digital	Sortida digital	Entrada analògica	Sortida analògica		

3.9.3 Evaporadors i bescanviadors de calor

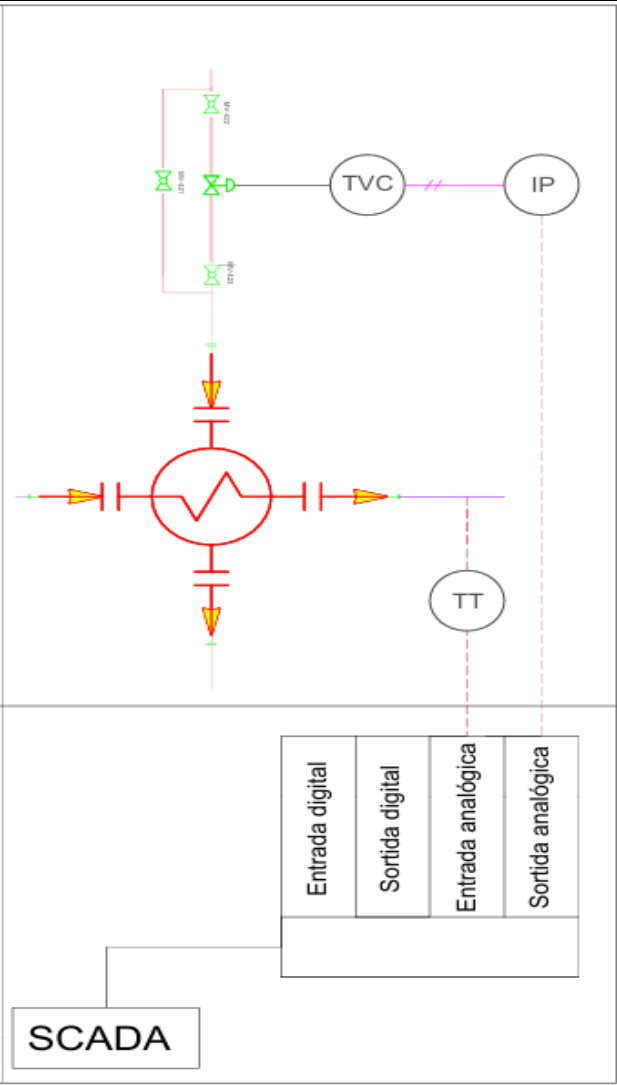
- **Llaç de control de temperatura dels bescanviadors**

Els bescanviadors de calor requereixen un control de temperatura per a garantir que s'assoleix la temperatura desitjada i necessitada per a dur a terme el procés. A tots els bescanviadors, s'afegeix un control a la sortida per a assegurar tenir els paràmetres controlats i correctes. Per això, el bescanviador BC-201 i els seus equips anàlegs disposen d'un llaç de control de la temperatura, identificat com a T-BC201.

El sensor de temperatura (TT) mesura la temperatura actual del fluid a la sortida del bescanviador i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara la temperatura mesurada amb la temperatura de consigna de seguretat i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar protocols de regulació, on el sistema o els operaris utilitzen aquest avís per actuar sobre l'element final, el variador de control de temperatura TCV, el qual regula directament el cabal del fluid de servei per ajustar l'intercanvi tèrmic de l'equip. D'aquesta forma treballa amb un control feedback per regular el cabal segons la informació rebuda.

A la *Taula 3.9.7* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç del bescanviador BC-201 sent anàleg per a la resta d'equips com el BC202, BC203 i BC401.

Taula 3.9.7. Full d'especificacions del llaç de control de temperatura dels bescanviadors de calor

	LLAÇ DE CONTROL		
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	200	Llaç	T-BC201
Llaços anàlegs		Components del llaç	
T-BC202 T-BC203 T-BC401		TT-201 TCV-201	Transmissor de temperatura Variador de control de temperatura 201
ESQUEMA			
EN CAMP A SALA DE CONTROL			

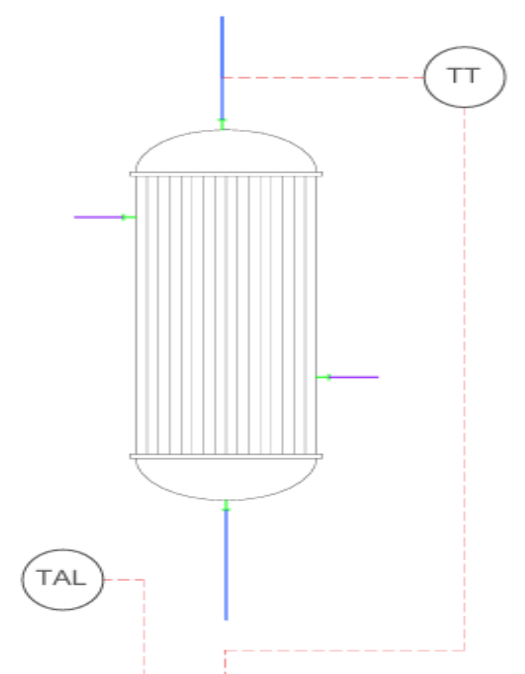
- **Llaç de control de temperatura de l'evaporador**

Els evaporadors requereixen un control de temperatura a l'interior per a garantir no traspasar uns valors crítics que podrien afectar el rendiment del procés o les propietats dels materials. Així com per assegurar que s'assoleixen els valors necessaris de temperatura del metanol per al procés, ja que ha d'assolir l'estat gas (completament evaporat) per tal de realitzar el procés. Per aquest motiu, l'evaporador E-201 disposa d'un llaç de control de l'alarma de temperatura baixa, identificat com a T-E201.

El sensor de temperatura (TT) mesura la temperatura actual del fluid a l'interior o a la sortida de l'evaporador i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara la temperatura mesurada amb la temperatura de consigna de seguretat de baixa temperatura i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar els protocols corresponents, on es genera una alarma de temperatura baixa (TAL) perquè els operaris utilitzin aquest avís per comprovar el correcte funcionament de l'equip o actuar sobre el sistema d'aportació de calor, realitzat amb l'aprofitament de calor del formaldehid generat en el reactor en el cas del llaç T-E201. Per això actua per mitjà d'un control feedback i es regula automàticament el cabal que ha de passar per aquest punt.

A la *Taula 3.9.8* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç de l'evaporador E-201.

Taula 3.9.8. Full d'especificacions del llaç de control de temperatura de l'evaporador

		LLAÇ DE CONTROL	
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	200	Llaç	T-E201
Llaços anàlegs		Components del llaç	
		TT-202	Transmissor de temperatura
		TAL-202	Alarma de temperatura baixa
ESQUEMA			
EN CAMP  A SALA DE CONTROL 			

3.9.4 Reactor

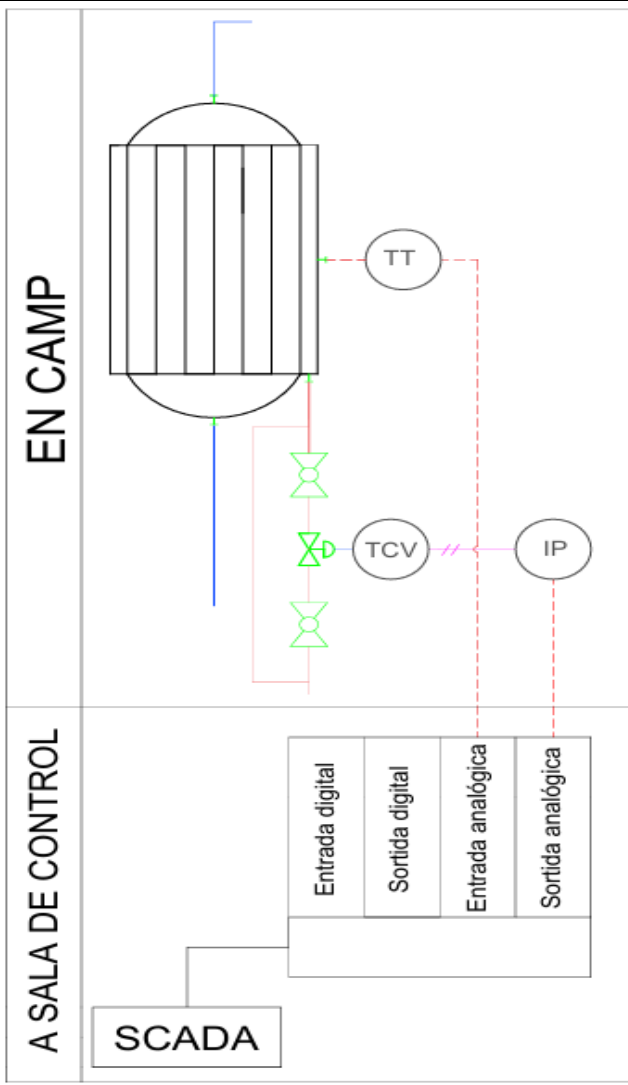
- **Llaç de control de temperatura**

Els reactors requereixen un control de temperatura a l'interior per a garantir no traspasar uns valors crítics que podrien afectar especialment a la cinètica de la reacció, la seguretat de l'operació o els materials de l'equip. Per això, el reactor R-301 i el seu equip anàleg disposen d'un llaç de control de la temperatura, identificat com a T-R301.

El sensor de temperatura (TT) mesura la temperatura actual a l'interior o a la sortida del reactor i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara la temperatura mesurada amb la temperatura de consigna de seguretat i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar protocols de regulació, on el sistema o els operaris utilitzen aquest avís per actuar sobre l'element final, la vàlvula de control de temperatura (TCV), la qual regula directament el cabal del fluid de servei a la jaqueta o carcassa del reactor per ajustar el perfil tèrmic de la reacció. D'aquesta forma treballa amb un control feedback per tal de regular el cabal segons la informació rebuda i mantenir una temperatura constant per a conservar la cinètica de la reacció.

A la *Taula 3.9.9* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç del reactor R-301 sent anàleg per al reactor R-302.

Taula 3.9.9. Full d'especificacions del llaç de control de la temperatura del reactor

	LLAÇ DE CONTROL		
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	300	Llaç	T-R301
Llaços anàlegs		Components del llaç	
T-R302		TT-301 TCV-301	Transmissor de temperatura Variador de control de temperatura 301
ESQUEMA			
EN CAMP A SALA DE CONTROL			

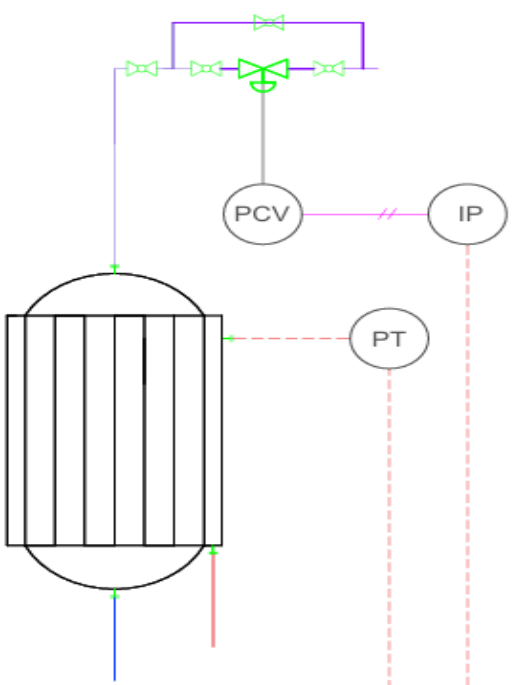
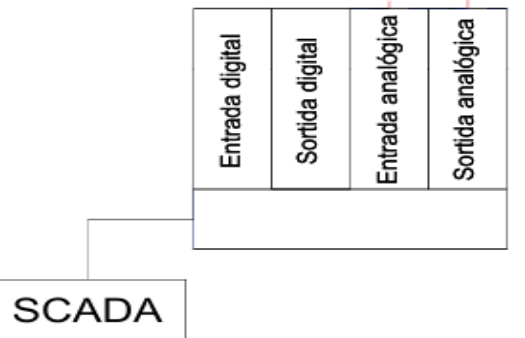
- **Llaç de control de pressió**

Els reactors requereixen un control de pressió a l'interior per a garantir no traspasar uns valors crítics que podrien afectar la integritat mecànica de l'equip o el correcte desenvolupament de la reacció química. Per aquest motiu, el reactor R-301 i el seu equip anàleg disposen d'un llaç de control de la pressió, identificat com a P-R301 amb els seus elements corresponents.

El sensor de pressió (PT) mesura la pressió actual a la part superior o a l'interior del reactor i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara la pressió mesurada amb la pressió de consigna de seguretat i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar protocols de regulació, on el sistema o els operaris utilitzen aquest avís per actuar sobre l'element final, el variador de control de pressió o vàlvula de control PCV, el qual regula directament l'alleugeriment o l'aportació de gas per ajustar i mantenir l'estabilitat de la pressió dins de l'equip. D'aquesta forma treballa amb un control feedback per tal de regular el cabal segons la informació rebuda i mantenir una temperatura constant per a conservar la cinètica de la reacció.

A la *Taula 3.9.10* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç del reactor R-301 sent anàleg per al reactor R-302.

Taula 3.9.10. Full d'especificacions del llaç de control de la pressió del reactor

	LLAÇ DE CONTROL		
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	300	Llaç	P-R301
Llaços anàlegs		Components del llaç	
P-R302		PT-301 PVC-301	Transmissor de pressió Variador de control de pressió 301
ESQUEMA			
EN CAMP A SALA DE CONTROL			
			

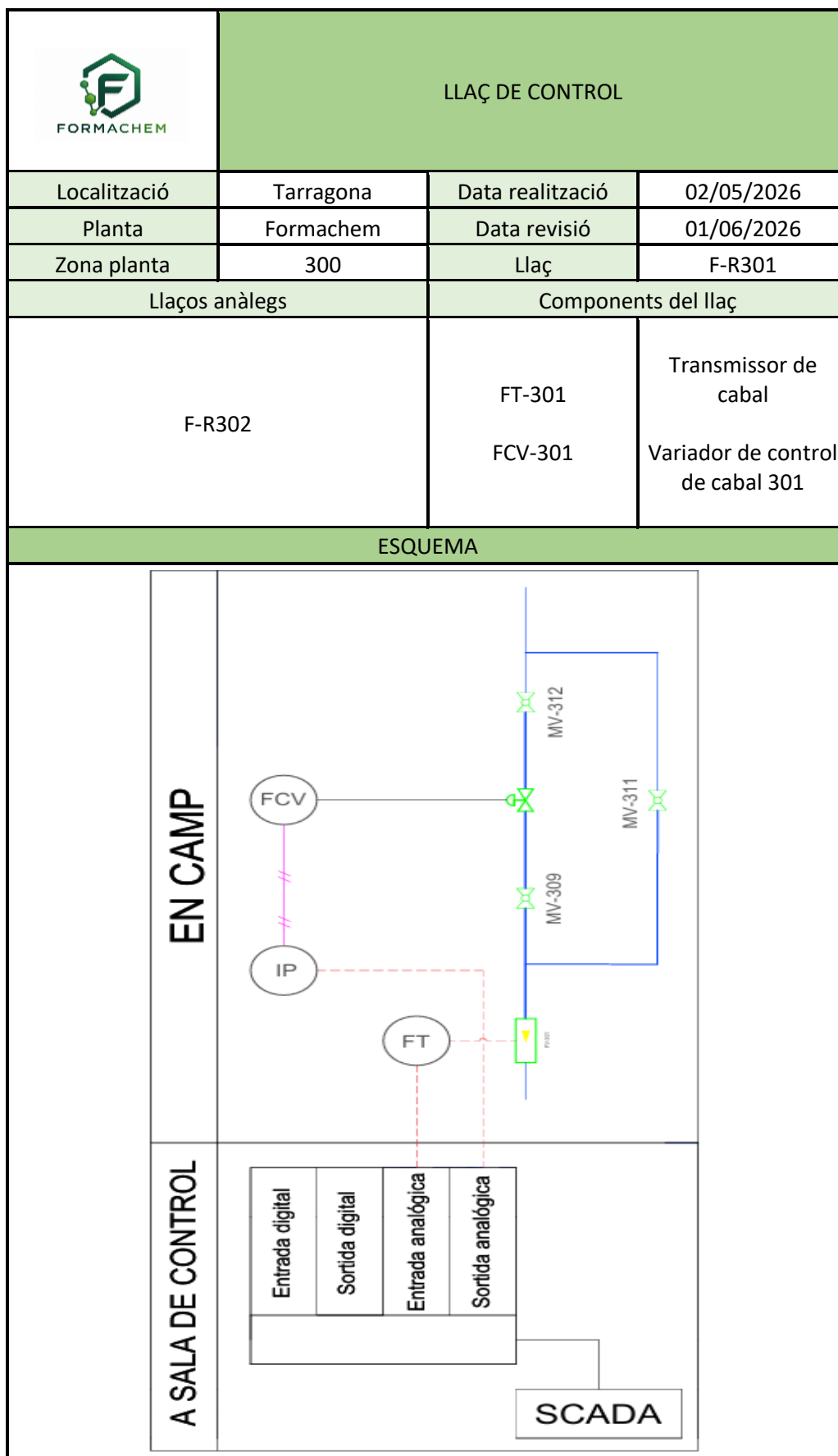
- **Llaç de control de cabal**

Les línies de procés requereixen un control de cabal al seu pas, per a garantir no traspasar uns valors crítics que podrien afectar l'eficiència de la producció, el balanç de matèria o la seguretat de l'operació. Per això, les línies associades als equips R-301 i R-302 disposen d'un llaç de control del cabal, identificat com a F-R301 i F-R302.

El sensor de cabal (FT) mesura el cabal actual del fluid que circula per la canonada i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara el cabal mesurat amb el cabal de consigna d'operació o de seguretat i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar protocols de regulació, on el sistema o els operaris utilitzen aquest avís per actuar sobre l'element final, la vàlvula de control de cabal o el variador de la bomba FCV, el qual regula directament el pas del fluid per ajustar i mantenir el flux requerit en el procés. D'aquesta forma treballa amb un control feedback per tal de regular el cabal segons la informació rebuda i mantenir una temperatura constant per a conservar la cinètica de la reacció.

A la *Taula 3.9.11* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç de la línia F-R301 sent anàleg per a la resta de línies de la mateixa àrea.

Taula 3.9.11. Full d'especificacions del llaç de control del cabal del reactor



3.9.5 Columna d'absorció

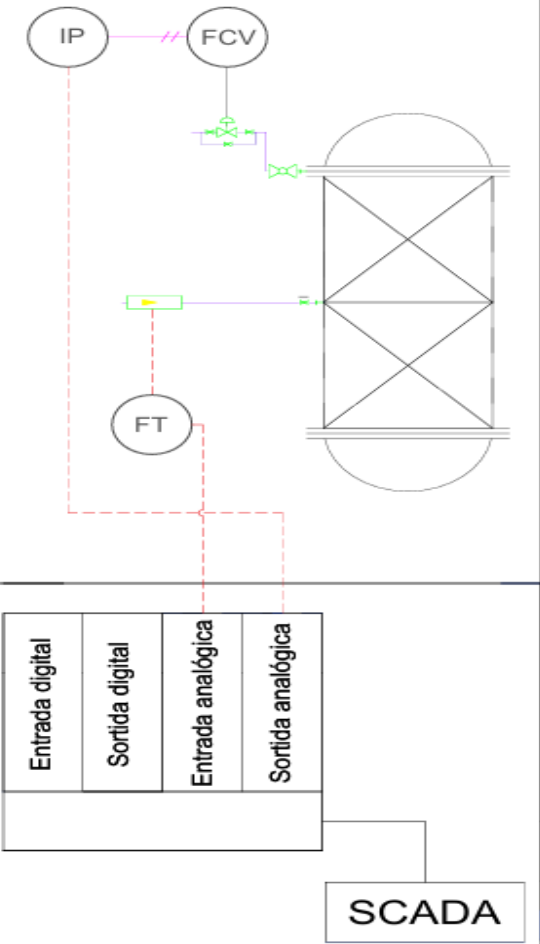
- **Llaç de control de cabal**

Les columnes d'absorció requereixen un control de cabal a les seves línies d'alimentació per a garantir no traspasar uns valors crítics que podrien afectar l'eficiència de la transferència de matèria, el rendiment de l'operació o l'estabilitat de la columna. Per aquest motiu, la columna d'absorció, columna situada a la zona 400, disposa d'un llaç de control del cabal, identificat com a F-FT401.

El sensor de cabal (FT) mesura el cabal actual del fluid que s'introdueix o circula per la columna i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara el cabal mesurat amb el cabal de consigna de seguretat i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar protocols de regulació, on el sistema o els operaris utilitzen aquest avís per actuar sobre l'element final, el variador de control de cabal o vàlvula de control (FCV), el qual regula d'una forma directa la línia d'entrada per tal d'ajustar el flux òptim del procés. Per això treballa amb un control feedback per tal de regular el cabal segons la informació rebuda i mantenir una temperatura constant per a conservar la cinètica de la reacció.

A la *Taula 3.9.12* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç de la columna d'absorció associada al codi F-FT401 sent anàleg per al llaç F-FT402. Ja que, tot i no ser per a l'entrada d'un equip com la columna d'absorció, està situat de tal forma que una línia de cabal és controlada en funció de la càrrega volumètrica d'un altre corrent.

Taula 3.9.11. Full d'especificacions del llaç de control del cabal de la columna d'absorció

	LLAÇ DE CONTROL		
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	400	Llaç	F-FT401
Llaços anàlegs		Components del llaç	
F-FT402		FT-401	Transmissor de cabal
		FCV-401	Variador de control de cabal 401
ESQUEMA			
EN CAMP A SALA DE CONTROL			

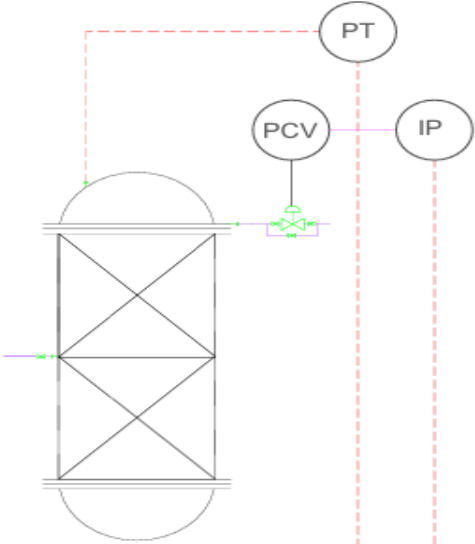
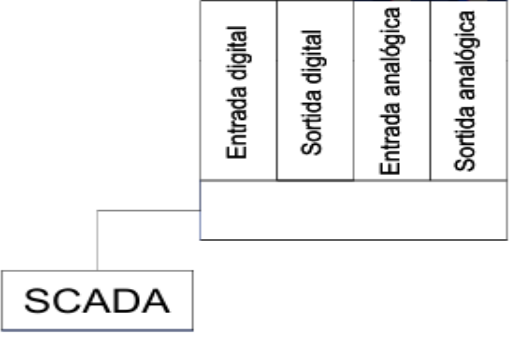
- **Llaç de control de pressió**

Les columnes d'absorció requereixen un control de pressió a l'interior per a garantir no traspasar uns valors crítics que podrien afectar l'equilibri de fases, l'eficiència de l'operació o la integritat mecànica de l'equip. Per aquest motiu, la columna d'absorció, columna situada a la zona 400, disposa d'un llaç de control de la pressió, identificat com a P-CA401.

El sensor de pressió (PT) mesura la pressió actual a la part superior de la columna i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara la pressió mesurada amb la pressió de consigna de seguretat i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar protocols de regulació, on el sistema o els operaris utilitzen aquest avís per actuar sobre l'element final, el variador de control de pressió o vàlvula de control (PCV), el qual regula directament la sortida o alleugeriment de gasos de la part superior per ajustar i mantenir l'estabilitat de la pressió dins de l'equip. D'aquesta forma treballa amb un control feedback per tal de regular el cabal segons la informació rebuda i mantenir una temperatura constant per a conservar la cinètica de la reacció.

A la *Taula 3.9.13* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç de la columna d'absorció associada al codi P-CA401.

Taula 3.9.12. Full d'especificacions del llaç de control de la pressió de la columna d'absorció

	LLAÇ DE CONTROL		
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	400	Llaç	P-CA401
Llaços anàlegs		Components del llaç	
		PT-401	Transmissor de pressió
		PCV-401	Variador de control de pressió 401
ESQUEMA			
	EN CAMP		
			

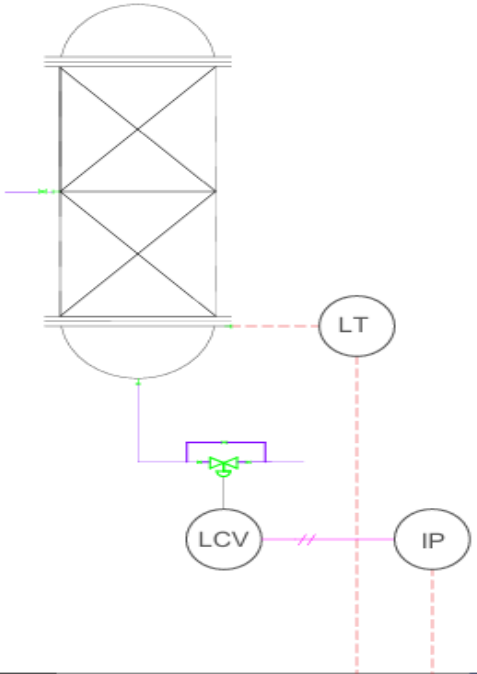
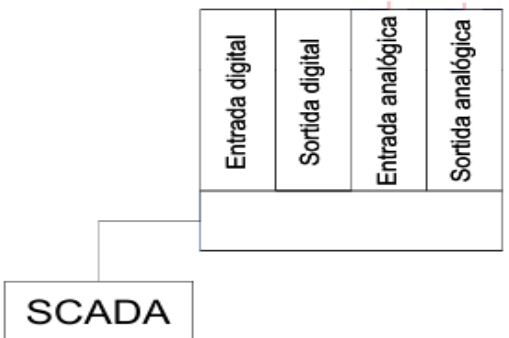
- **Llaç de control de nivell**

Les columnes d'absorció requereixen un control de nivell a l'interior per a garantir no traspasar uns valors crítics que podrien provocar un sobreiximent o afectar el balanç hidràulic i l'eficiència de l'equip. Per aquest motiu, la columna d'absorció, columna situada a la zona 400, disposa d'un llaç de control del nivell, identificat com a L-CA401.

El sensor de nivell (LT) mesura la quantitat actual de líquid acumulada a la part inferior de la columna i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara el nivell mesurat amb el nivell de consigna de seguretat i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar protocols de regulació, on el sistema o els operaris utilitzen aquest avís per actuar sobre l'element final, la vàlvula de control de nivell (LCV), la qual regula directament el cabal de sortida de líquid del fons per tal de mantenir l'estabilitat del nivell requerit dins de l'equip. Per això treballa amb un control feedback per tal de regular el cabal segons la informació rebuda i mantenir una temperatura constant per a conservar la cinètica de la reacció.

A la *Taula 3.9.14* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç de la columna d'absorció associada al codi L-CA401 sent anàleg per a la resta de columnes d'aquest tipus.

Taula 3.9.13. Full d'especificacions del llaç de control de nivell de la columna d'absorció

			
LLAÇ DE CONTROL			
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	400	Llaç	L-CA401
Llaços anàlegs		Components del llaç	
-		LT-401	Sensor de nivell
		LCV-401	Vàlvula de control de nivell
ESQUEMA			
EN CAMP			
			

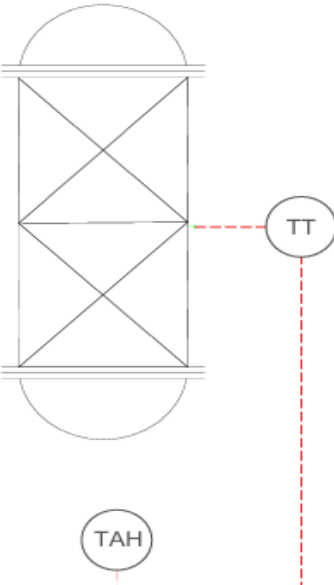
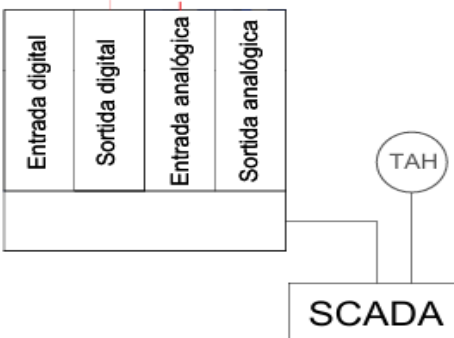
- **Llaç de control de l'alarma de temperatura**

Les columnes d'absorció requereixen un control de temperatura a l'interior per a garantir no traspasar uns valors crítics que podrien afectar l'eficiència del procés de transferència de matèria o comprometre la seguretat dels equips. Per aquest motiu, la columna d'absorció [columna de la zona 400] disposa d'un llaç de control de l'alarma de temperatura alta, identificat com a T-CA401.

El sensor de temperatura (TT) mesura la temperatura actual en el cos o llit de la columna i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara la temperatura mesurada amb la temperatura de consigna de seguretat d'alta temperatura i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar els protocols corresponents, on es genera una alarma de temperatura alta (TAH) perquè els operaris utilitzin aquest avís per comprovar el correcte funcionament del sistema o intervenir manualment en la regulació tèrmica de l'equip. D'aquesta forma es treballa amb un sistema d'avís mitjançant una alarma per tal d'alertar els operaris.

A la *Taula 3.9.15* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç de la columna d'absorció associada al codi T-CA401.

Taula 3.9. 14 Full d'especificacions del llaç de control de l'alarma de temperatura de la columna d'absorció

	LLAÇ DE CONTROL		
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	400	Llaç	T-CA401
Llaços anàlegs		Components del llaç	
-		TT-401	Sensor de temperatura
		TAH-401	Alarma de temperatura alta
ESQUEMA			
EN CAMP			
	A SALA DE CONTROL		

3.9.6 Mescladors

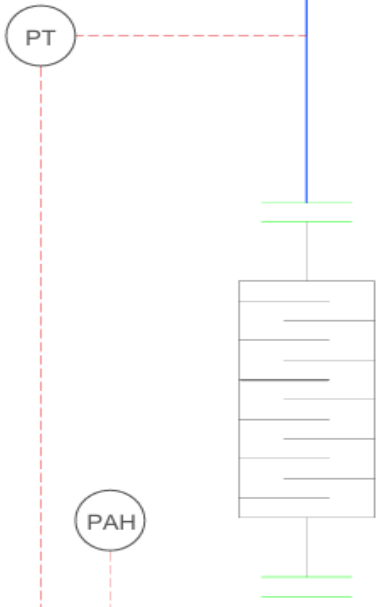
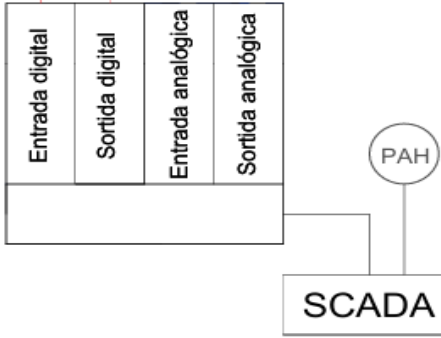
- **Llaç de control de pressió del mesclador**

Els mescladors requereixen un control de pressió a l'interior per a garantir no traspasar uns valors crítics que podrien afectar el procés de mescla, provocar pèrdues de producte o comprometre la integritat mecànica de l'equip. Per aquest motiu, el mesclador ME-201 disposa d'un llaç de control de l'alarma de pressió elevada, identificat com a P-ME201.

El sensor de pressió (PT) mesura la pressió actual a la línia o cos del mesclador i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara la pressió mesurada amb la pressió de consigna de seguretat de pressió alta i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar els protocols corresponents, on es genera una alarma de pressió elevada (PAH) perquè els operaris utilitzin aquest avís per comprovar el correcte funcionament de l'equip o activar línies alternatives de procés i d'alleugeriment. D'aquesta forma es treballa amb un sistema d'avís mitjançant una alarma per tal d'alertar els operaris.

A la *Taula 3.9.16* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç del mesclador associat al codi P-ME201.

Taula 3.9.15. Full d'especificacions del llaç de control de l'alarma de pressió del mesclador

	LLAÇ DE CONTROL		
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	200	Llaç	P-ME201
Llaços anàlegs		Components del llaç	
-		PT-201	Transmissor de pressió
		PAH-201	Alarma de pressió elevada
ESQUEMA			
EN CAMP 			
A SALA DE CONTROL 			

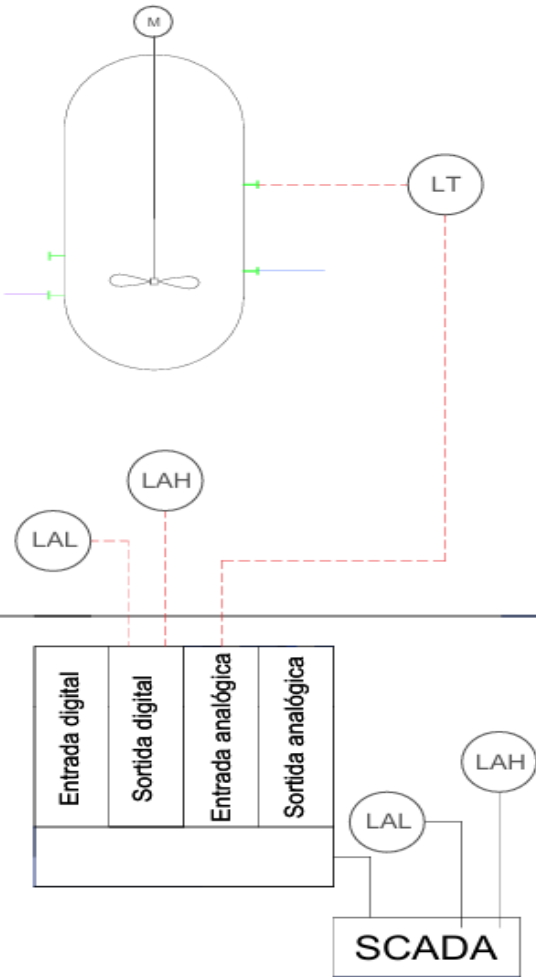
- **Llaç de control de nivell del mesclador estàtic**

Els mescladors requereixen un control de nivell a l'interior per a garantir no traspasar uns valors crítics que podrien provocar un sobreiximent de producte o un buidatge total que afectés el sistema d'agitació. Per aquest motiu, el mesclador ME-401 disposa d'un llaç de control de les alarmes de nivell, identificat com a L-ME401.

El sensor de nivell (LT) mesura la quantitat actual de líquid a l'interior del mesclador i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara el nivell mesurat amb els valors de consigna de seguretat d'alta i baixa pressió o capacitat i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar els protocols corresponents, on es generen les alarmes de nivell alt (LAH) o de nivell baix (LAL) perquè els operaris utilitzin aquest avís per comprovar el correcte funcionament de l'equip o intervenir manualment en la regulació dels cabals d'alimentació i descàrrega. D'aquesta forma es treballa amb un sistema d'avís mitjançant una alarma per tal d'alertar els operaris.

A la *Taula 3.9.17* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç del mesclador associat al codi L-ME401.

Taula 3.9.16. Full d'especificacions del llaç de control de nivell del mesclador estàtic

	LLAÇ DE CONTROL		
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	400	Llaç	L-ME401
Llaços anàlegs		Components del llaç	
-		LT-401 LAH-401 LAL-401	Sensor de cabal Alarma de nivell alt Alarma de nivell baix
ESQUEMA			
EN CAMP A SALA DE CONTROL			

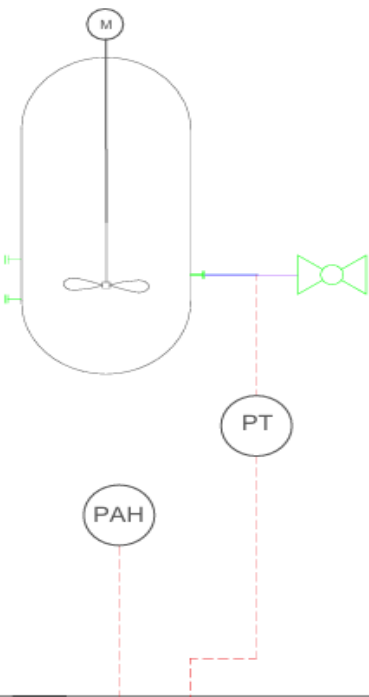
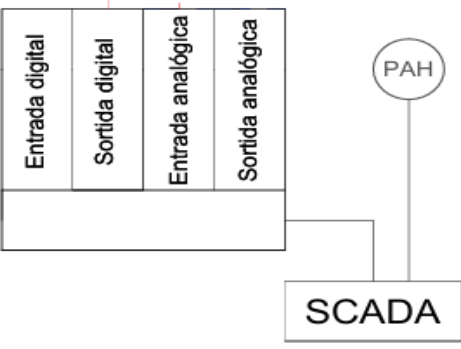
- **Llaç de control de l'alarma de pressió del mesclador estàtic**

Els mescladors estàtics requereixen un control de pressió a l'interior o a la seva línia per a garantir no traspasar uns valors crítics que podrien afectar l'eficiència de la mescla, provocar pèrdues de càrrega excessives o comprometre la integritat mecànica de les línies de procés. Per aquest motiu, el mesclador estàtic ME-401 disposa d'un llaç de control de l'alarma de pressió elevada, identificat com a P-ME401.

El sensor de pressió (PT) mesura la pressió actual a la línia d'entrada o al cos del mesclador i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara la pressió mesurada amb la pressió de consigna de seguretat de pressió alta i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar els protocols de seguretat corresponents, on es genera una alarma de pressió elevada (PAH) perquè els operaris utilitzin aquest avís per comprovar el correcte funcionament del sistema o actuar de forma manual per desviar el flux o regular la línia d'alimentació. D'aquesta forma es treballa amb un sistema d'avís mitjançant una alarma per tal d'alertar els operaris.

A la *Taula 3.9.18* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç del mesclador estàtic associat al codi P-ME401.

Taula 3.9.17. Full d'especificacions del llaç de control de l'alarma de pressió del mesclador estàtic

	LLAÇ DE CONTROL		
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	400	Llaç	P-ME401
Llaços anàlegs		Components del llaç	
-		PT-402	Transmissor de pressió
		PAH-402	Alarma de pressió elevada
ESQUEMA			
		EN CAMP  A SALA DE CONTROL 	

3.9.7 Serveis auxiliars

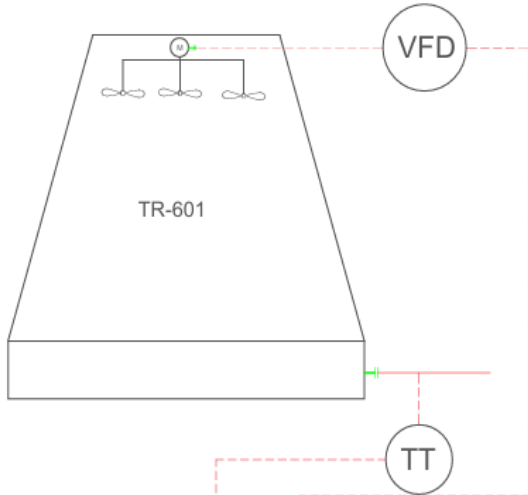
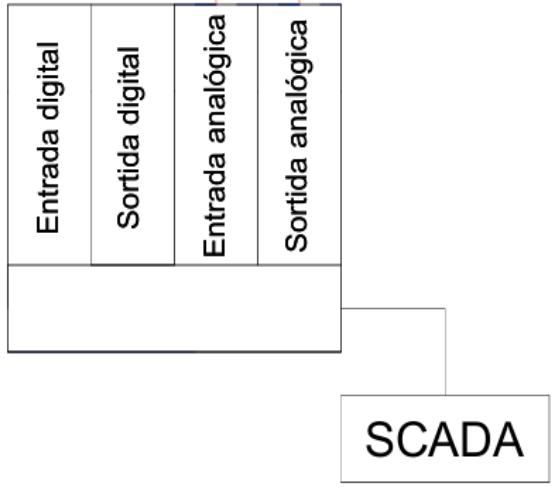
- **Llaç de control de temperatura de la torre de refrigeració**

Les torres de refrigeració requereixen un control de temperatura a l'interior o a la seva sortida de fluid per a garantir no traspasar uns valors crítics que podrien afectar l'eficiència global del sistema d'intercanvi tèrmic de la planta o els materials dels equips de processos. Per aquest motiu, la torre de refrigeració TR-601 disposa d'un llaç de control de la temperatura, identificat com a T-TR601.

El sensor de temperatura (TT) mesura la temperatura actual del fluid a la sortida de la torre de refrigeració i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara la temperatura mesurada amb la temperatura de consigna de seguretat i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar protocols de regulació, on el sistema o els operaris utilitzen aquest avís per actuar sobre l'element final, el variador de freqüència (VFD), el qual regula directament la velocitat dels ventiladors de la torre per tal d'ajustar el cabal d'aire i aconseguir el refredament òptim requerit en el procés. D'aquesta forma treballa amb un control feedback per tal de regular el cabal segons la informació rebuda i mantenir una temperatura constant per a conservar la cinètica de la reacció.

A la *Taula 3.9.19* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç de la torre de refrigeració associada al codi T-TR601.

Taula 3.9.18. Full d'especificacions del llaç de control de la temperatura de la torre de refrigeració

		LLAÇ DE CONTROL	
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	600	Llaç	T-TR601
Llaços anàlegs		Components del llaç	
-		TT-601	Transmissor de temperatura
		VFD-601	Variador de freqüència
ESQUEMA			
EN CAMP			
			

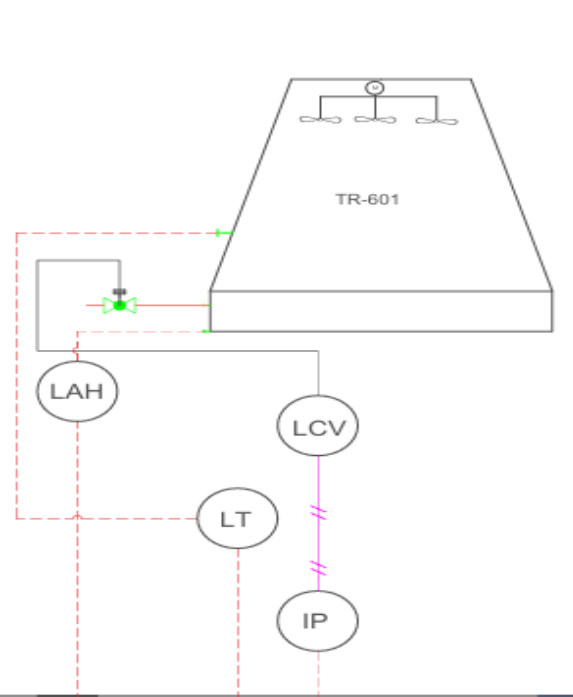
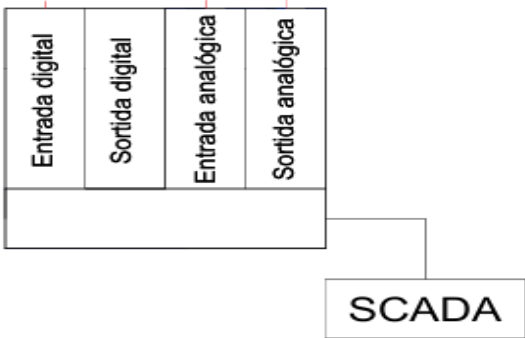
- **Llaç de control de nivell de la torre de refrigeració**

Les torres de refrigeració requereixen un control de nivell a la seva bassa inferior per a garantir no traspasar uns valors crítics que podrien provocar un sobreeiximent d'aigua o un buidatge total que fes entrar en cavitació les bombes de distribució. Així com per assegurar que hi ha prou volum de matèria refrigerant per a abastir a tota la planta i disposar del servei de refrigeració actiu, la torre de refrigeració TR-601 disposa d'un llaç de control del nivell, identificat com a L-TR601.

El sensor de nivell (LT) mesura la quantitat actual d'aigua acumulada a la bassa de la torre i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara el nivell mesurat amb el nivell de consigna de seguretat i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar protocols de regulació i seguretat, actuant en cas de desviació sobre l'alarma de nivell alt (LAH) perquè els operaris o el mateix sistema utilitzin aquest avís per obrir o tancar l'element final, la vàlvula de control de nivell (LCV), la qual regula directament l'aportació d'aigua de xarxa o de reposició per mantenir l'estabilitat del sistema. D'aquesta forma treballa amb un control feedback per tal de regular el cabal segons la informació rebuda i mantenir una temperatura constant per a conservar la cinètica de la reacció. A més d'incloure també una alarma de nivell per a avisar els operaris i corregir amb les mesures oportunes les desviacions patides en la torre de refrigeració.

A la *Taula 3.9.20* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç de la torre de refrigeració associada al codi L-TR601.

Taula 3.9.19. Full d'especificacions del llaç de control de nivell de la torre de refrigeració

			
LLAÇ DE CONTROL			
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	600	Llaç	L-TR601
Llaços anàlegs		Components del llaç	
		LT-601 LAH-601	Sensor de cabal Alarma de nivell alt
		LCV-601	Vàlvula de control de nivell
ESQUEMA			
EN CAMP  A SALA DE CONTROL 			

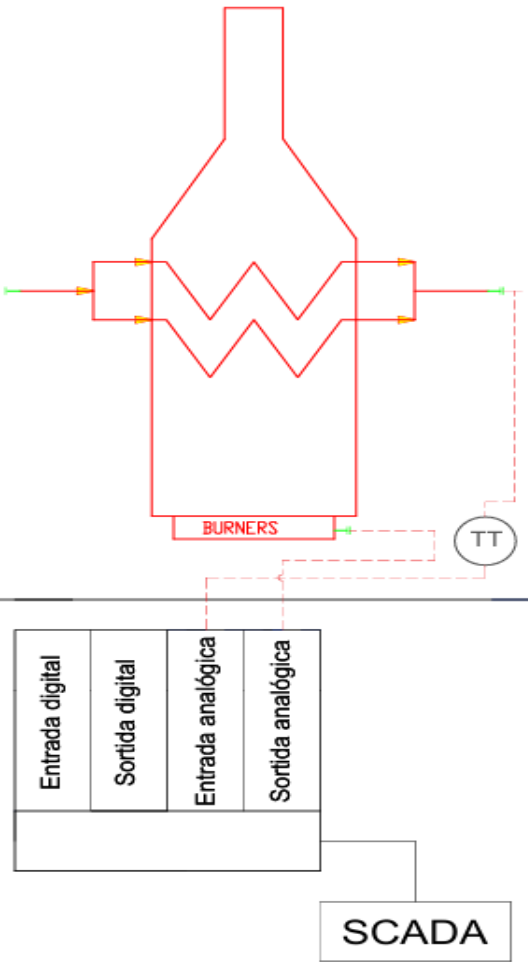
- **Llaç de control de temperatura de la caldera**

Les calderes requereixen un control de temperatura a l'interior per a garantir no traspassar uns valors crítics que podrien comprometre la integritat mecànica de l'equip, l'eficiència de la combustió o la seguretat del procés tèrmic. Així com per tal d'assegurar que s'arriba als valors desitjats i necessaris per al transport d'energia i l'aportació d'aquesta a les zones necessitades d'escalfament. Per aquest motiu, la caldera CL-601 disposa d'un llaç de control de la temperatura, identificat com a T-CL601.

El sensor de temperatura (TT) mesura la temperatura actual de la zona de radiació o de la sortida de gasos de la caldera i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara la temperatura mesurada amb la temperatura de consigna de seguretat i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar protocols de regulació, on el sistema o els operaris utilitzen aquest avís per actuar directament sobre l'element final, el qual regula el cabal de combustible o d'aire de comburent cap als cremadors (BURNERS) per tal d'ajustar la potència tèrmica i mantenir la temperatura en els valors de consigna segurs. D'aquesta forma treballa amb un control feedback per tal de regular el cabal segons la informació rebuda i mantenir una temperatura constant per a conservar la cinètica de la reacció.

A la *Taula 3.9.21* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç de la caldera associada al codi T-CL601.

Taula 3.9.20. Full d'especificacions del llaç de control de la temperatura de la caldera

	LLAÇ DE CONTROL		
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	600	Llaç	T-CL601
Llaços anàlegs		Components del llaç	
-		TT	Transmissor de temperatura
ESQUEMA			
EN CAMP A SALA DE CONTROL			

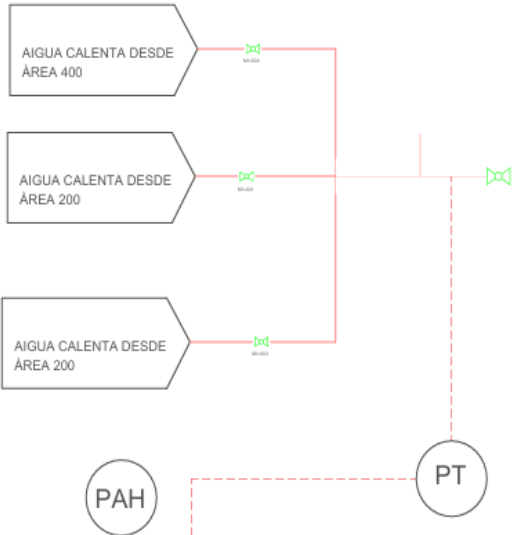
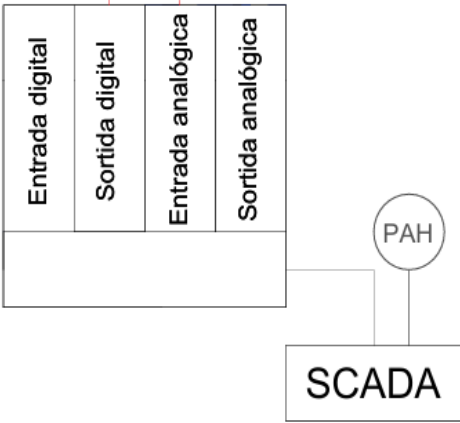
- **Llaç de control de pressió de la unió de corrents**

Les línies de retorn de la zona mixta requereixen un control de pressió al seu col·lector de distribució per a garantir no traspassar uns valors crítics que podrien provocar contrapressions en els equips d'origen, pèrdues de càrrega o compromisos estructurals en les canonades de servei. Per aquest motiu, el col·lector de la zona mixta (Aigua calenta des de l'Àrea 200 / 400) disposa d'un llaç de control de l'alarma de pressió elevada, identificat com a P-TR601 amb la nomenclatura corresponent a aquesta línia.

El sensor de pressió (PT) mesura la pressió actual en el punt de confluència de les línies de retorn d'aigua calenta i envia un senyal proporcional a aquest al controlador del sistema central. El controlador compara la pressió mesurada amb la pressió de consigna de seguretat de pressió alta i genera un senyal d'avís en funció de la diferència d'aquests valors. El senyal de control s'envia al panell d'operació per tal d'activar els protocols de seguretat corresponents, on es genera una alarma de pressió elevada (PAH) perquè els operaris utilitzin aquest avís per comprovar el correcte balanç hidràulic de les diferents àrees o regular el pas general del fluid cap a la reincorporació del sistema. D'aquesta forma es treballa amb un sistema d'avís mitjançant una alarma per tal d'alertar els operaris.

A la *Taula 3.9.22* es pot observar un resum del funcionament d'aquest tipus de llaç de control, les diferents àrees en les quals hi és present i els equips als quals està controlat. En aquesta figura es fa una representació del llaç de la línia de la zona mixta sent anàleg per a la resta de col·lectors de servei similars.

Taula 3.9.22. Full d'especificacions del llaç de control de la pressió de la zona de confluència de corrents

	LLAÇ DE CONTROL		
Localització	Tarragona	Data realització	02/05/2026
Planta	Formachem	Data revisió	01/06/2026
Zona planta	600	Llaç	P-TR601
Llaços anàlegs		Components del llaç	
-		PT-601	Transmissor de pressió
		PAH-601	Alarma de pressió elevada
ESQUEMA			
EN CAMP A SALA DE CONTROL			
			

3.10 Bibliografia

Les fonts bibliogràfiques utilitzades corresponen a documentació tècnica oficial de fabricants industrials. Aquestes fonts s'han emprat per seleccionar models comercials reals, validar rangs de temperatura, pressió i cabal, definir els senyals de sortida i justificar l'ús d'equips amb certificació ATEX únicament en zones classificades.

[1] Siemens AG. (s. f.). *Process automation with the SIMATIC PCS 7 CPU 410-5H*. Siemens Industry Online Support. https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/96839331/96839331_PCS7_CPU_4105H_V10_0_en.pdf

[2] Siemens AG. (s. f.). *CPU 410 Process Automation*. Siemens Industry Online Support. https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109748473/CPU_410_en_en-US.pdf

[3] Siemens AG. (s. f.). *SIMATIC ET 200SP HA: The high performance I/O for the process automation*. Siemens. https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:d7090da2-9137-4a19-8c74-997887dd0b09/SIMATIC-PCS-7-V91-ET200SP-HA-EN_original.pdf

[4] Siemens AG. (s. f.). *Interface Module IM 155-6 PN HA (6DL1155-6AU00-0PM0)*. Siemens Industry Online Support. https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109761536/et200ha_im_155_6_pn_ha_manual_en-US_en-US.pdf

[5] Siemens AG. (s. f.). *Ex I/O modules*. Siemens SiePortal. <https://sieportal.siemens.com/es-es/products-services/10617687>

[6] Endress+Hauser AG. (s. f.). *Micropilot FMR62*. Endress+Hauser. <https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/level-measurement/Radar-Micropilot-FMR62>

[7] Endress+Hauser AG. (s. f.). *Liquiphant FTL51B point level switch*. Endress+Hauser. <https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/level-measurement/Liquiphant-FTL51B>

[8] Siemens AG. (s. f.). *SITRANS TS500 universal temperature sensor*. Siemens. <https://www.siemens.com/en-us/products/sitrans/ts500/>

[9] Siemens AG. (s. f.). *SITRANS TH320/TH420 temperature transmitters*. Siemens. <https://www.siemens.com/en-us/products/sitrans/th320-th420/>

[10] Siemens AG. (s. f.). *SITRANS P320/P420 digital pressure transmitters*. Siemens. <https://www.siemens.com/en-us/products/sitrans/p320-p420/>

[11] Endress+Hauser AG. (s. f.). *Cerabar PMP71B pressure transmitter*. Endress+Hauser. <https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/pressure/pressure-transmitter-cerabar-pmp71b>

[12] Emerson Electric Co.. (2024). *Micro Motion ELITE Coriolis flow and density meters*. Emerson. <https://www.emerson.com/documents/automation/product-data-sheet-micro-motion-elite-coriolis-flow-density-meters-en-66748.pdf>

[13] Endress+Hauser AG. (s. f.). *Proline t-mass I 300 thermal mass flowmeter*. Endress+Hauser. <https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/flow-measurement-product-overview/thermal-mass-flowmeter-t-mass-i300-6i3b>

[14] KROHNE Messtechnik GmbH. (s. f.). *OPTIFLUX 4300 electromagnetic flowmeter*. KROHNE. <https://www.krohne.com/en-es/products/flow-measurement/flowmeters/electromagnetic-flowmeters/optiflux-4300>