



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI



Aprofitament vapor 1.4 bar MDI per escalfar Sosa càustica 30%ELO

TREBALL DE FINAL DE GRAU

Identificador: TFGEQ_2518

Membres: Nicole Caro La Torre

Siyi Zheng

Anais Rodríguez González

Grau: Enginyeria Química

Tutor: Joan Codina

Supervisor extern: Esteve Obis

Tarragona, 11 juny del 2025

11/06/2025

Departament d'Enginyeria Química. Universitat Rovira i Virgili.

Vist i plau pel lliurament i defensa del TFG del grau d'Enginyeria Química.

TÍTOL DEL TFGEQ: Aprofitament vapor 1.4 bar MDI per escalfar Sosa càustica 30%ELO

SUBTÍTOL.....

AUTOR: Nicole Geraldinne Caro La Torre

CURS ACADÈMIC: 2024-2025

VIST I PLAU DEL TUTOR ACADÈMIC

En Joan Codina Jornet

en la seva capacitat de tutor acadèmic fa constar que considera que el TFGEQ

és adequat i en conseqüència recomana la seva defensa

no en recomana la defensa per presentar les mancances exposades en el document annex

Signatura:

Data: 11/06/2025

DECLARACIÓ D'ABSÈNCIA DE CONFLICTES DE CONFIDENCIALITAT

En Esteve Obis Torruella, en la seva capacitat de supervisor extern^(*) del treball fa constar que ha revisat el contingut del TFGEQ i que no conté cap informació que pugui ser considerada com confidencial per part de l'empresa COVESTRO, S.L.

(*) Cas que el TFGEQ no sigui extern serà el professor tutor qui emplenarà aquesta secció

Signatura:

Data: 11/06/2025

A continuació, es mostra el codi de colors pel repartiment de les tasques.

● Nicole Caro La Torre

● Siyi Zheng

● Anais Rodríguez González

| Símbol | Significat | Unitat |
|-----------------|---|----------------------|
| Q | Calor bescanviat | kW |
| m_c | Cabal màssic del flux calent | kg/h |
| $h_{1,c}$ | Entalpia específica de l'entrada del flux calent | kJ/kg |
| $h_{2,c}$ | Entalpia específica de la sortida del flux calent | kJ/kg |
| U | Coefficient global de transferència de calor | W/(m ² K) |
| A_s | Àrea d'intercanvi | m ² |
| F | Factor de correcció de la temperatura logarítmica | - |
| ΔT_{LM} | Temperatura mitjana logarítmica | K |
| k | Conductivitat tèrmica | W/mK |
| C_p | Capacitat calorífica | J/kgK |
| N_t | Nombre de tubs | - |
| L_t | Longitud del tub | - |
| D | Diàmetre extern del tub | m |
| D_i | Diàmetre intern del tub | m |
| P_t | Distància entre centres de tubs | m |
| C | Mínima distància entre tubs | m |
| n | Nombre de passos por tub | - |
| a_{pt} | Àrea de pas por tubs | m ² |
| V | Velocitat | m/s |
| ρ | Densitat | kg/m ³ |
| μ | Viscositat | Ns/m ² |
| Re | Número de Reynolds | - |
| Pr | Número de Prandtl | - |
| Nu | Número de Nusselt | - |
| h_{io} | Coefficient de convecció del costat tubs | W/m ² K |
| ΔP_t | Pèrdua de càrrega en els tubs | Pa |
| ΔP_r | Pèrdua de càrrega en el canvi de pas | Pa |
| ΔP | Pèrdua de càrrega total | Pa |
| s | Espessor | mm |
| C | Factor de disseny | - |
| D_1 | Diàmetre de disseny del condensador | mm |
| p_i | Pressió de disseny en l'interior | bar |
| p_u | Pressió de disseny en l'exterior | bar |
| S | Coefficient de seguretat | - |
| K | Factor de resistència del material | N/mm ² |
| v | Coefficient de la junta | - |
| C_1 | Sobreessessor par a compensar las toleràncies | mm |
| C_2 | Sobreessessor de corrosió | mm |
| D_0 | Diàmetre exterior de la canonada | mm |
| Q_v | Cabla volumètric | m ³ /h |
| K_v | Coefficient de cabal en unitats mètriques | m ³ /h |
| C_v | Coefficient de cabal en unitats imperials | gmc |
| K_{vs} | Coefficient de caudal per carrera nominal del 100% (H_{100}) | m ³ /h |
| Q_t | Cabal en les canonades | m ³ /s |

| | | |
|----------------|---|-------------------|
| A | Àrea de la canonada | m ² |
| <i>f</i> | Factor de fricció | - |
| ε | Espessor de la canonada | mm |
| H <i>f</i> | Pèrdua de carga | bar |
| Di | Diàmetre interior de la canonada | mm |
| Q _v | Cabal volumètric | m ³ /h |
| K _v | Coeficients de cabal en unitats mètrics | m ³ /h |

ÍNDEX

| | |
|---|----|
| 1. Introducció | 1 |
| 2. Etapa preliminar | 1 |
| 2.1. Descripció del projecte..... | 1 |
| 2.2. Abast del projecte..... | 1 |
| 2.3. Antecedents històrics | 2 |
| 2.4. Alternatives del procés..... | 2 |
| 2.4.1. Selecció del tipus de bescanviador de calor | 3 |
| 2.4.2. Selecció de la configuració del bescanviador | 4 |
| 2.4.3. Fluid a transportar | 5 |
| 2.5. Planificació inicial del projecte (Diagrama de Gantt)..... | 7 |
| 3. Bases de disseny..... | 8 |
| 3.1.1. Especificació d'alimentacions..... | 8 |
| 3.1.2. Especificacions dels productes..... | 9 |
| 3.2. Factor de servei i capacitat operativa | 9 |
| 3.3. Normes i codis de disseny | 9 |
| 3.3.1. Recipients..... | 9 |
| 3.3.2. Canonades i instrumentació | 9 |
| 3.4. Especificació dels serveis disponibles | 9 |
| 3.5. Localització | 10 |
| 3.5.1. Dades climàtiques, pluviomètriques i sísmiques | 11 |
| 4. Desenvolupament de l'enginyeria bàsica..... | 13 |
| 4.1. Diagrama de blocs..... | 13 |
| 4.2. Taula de simbologia | 13 |
| 4.3. Diagrama del flux del procés (PFD) | 13 |
| 4.4. Diagrama de canonades i instrumentació..... | 13 |
| 4.5. Diagrama d'implantació (<i>Plot Plan</i>)..... | 14 |
| 4.6. Llistats | 15 |
| 4.6.1. Llistat d'equips..... | 15 |
| 4.6.2. Llistat de canonades | 15 |
| 4.6.3. Llistat de la instrumentació | 16 |
| 4.6.4. Llistat de vàlvules | 17 |
| 4.7. Disseny del bescanviador | 20 |
| 4.7.1. Condicions de disseny..... | 20 |
| 4.7.2. Estudi energètic | 22 |

| | |
|--|----|
| 4.7.3. Proposta de millora: la nova tecnologia Vahterus | 23 |
| 4.7.4. Comparació de l'eficiència: Vahterus vs Tubulars | 23 |
| 4.7.5. Full d'especificació Vahterus del primer bescanviador | 27 |
| 4.7.6. Disseny del segon bescanviador | 28 |
| 4.7.7. Full d'especificació Vahterus del segon bescanviador | 31 |
| 4.8. Disseny de canonades | 32 |
| 4.8.1. Criteris pel dimensionament de canonades | 32 |
| 4.8.2. Dimensionament de canonades | 32 |
| 4.8.3. Pèrdues de càrrega | 33 |
| 4.8.4. Material | 34 |
| 4.8.4.1. Canonada de vapor | 34 |
| 4.8.4.2. Canonada de sosa càustica | 35 |
| 4.8.5. Aïllament tèrmic | 35 |
| 4.8.6. Disseny d'accessoris | 36 |
| 4.9. Disseny de la vàlvula de control | 40 |
| 4.9.1.1. Full d'especificacions per a la vàlvula de control | 42 |
| 4.10. Disseny de la vàlvula de seguretat | 43 |
| 4.10.1.1. Full d'especificacions per a la vàlvula de seguretat | 44 |
| 4.11. Caracterització de les estratègies de control | 45 |
| 4.12. Descripció funcional del projecte | 46 |
| 4.13. Descripció de la instal·lació | 46 |
| 5. Seguretat en el disseny de les instal·lacions | 47 |
| 5.1. Seguretat de processos | 47 |
| 5.2. Anàlisi de Risc | 47 |
| 5.3. Control de vàlvules i possibles fallades | 51 |
| 5.4. Estudi de seguretat (HAZOP) | 51 |
| 5.5. Plans d'emergència | 56 |
| 5.6. Definició de zones ATEX | 56 |
| 6. Estudi medioambiental del procés | 58 |
| 6.1. Emissions a l'atmosfera | 58 |
| 6.2. Emissions al sòl | 58 |
| 6.3. Emissions líquides | 59 |
| 6.4. Residus | 59 |
| 6.5. Altres impactes | 59 |
| 6.5.1. Contaminació acústica per sorolls | 59 |
| 6.5.2. Contaminació acústica per vibracions | 59 |

| | |
|---|----|
| 6.5.3. Contaminació per mal olor..... | 59 |
| 6.5.4. Contaminació lumínica | 59 |
| 7. Estudi del manteniment del procés | 61 |
| 7.1. Filosofia de manteniment..... | 61 |
| 7.2. Inventari d'equips..... | 61 |
| 7.3. Estratègies de manteniment | 62 |
| 7.3.1. Manteniment correctiu | 62 |
| 7.3.2. Manteniment preventiu | 63 |
| 7.3.3. Manteniment predictiu | 64 |
| 7.4. Organigrama de manteniment | 65 |
| 7.5. Categorització, inspeccions i proves dels equips a pressió | 66 |
| 7.5.1. Classificació de la categoria i grup dels equips a pressió | 66 |
| 7.5.2. Nivell d'inspecció dels equips a pressió | 72 |
| 7.5.3. Agent i periodicitat..... | 72 |
| 7.5.4. Inspeccions de la instrumentació | 73 |
| 8. Manual | 74 |
| 8.1. Manual d'operació | 74 |
| 8.1.1. Manual de posada en marxa (<i>Start up</i>) | 74 |
| 8.1.2. Comprovació abans de la posada en marxa | 74 |
| 8.1.3. Procés d'arrancada | 74 |
| 8.1.4. Inici del procés d'intercanvi de calor (WVO10)..... | 74 |
| 8.1.5. Inici del procés d'intercanvi de calor (WVO11)..... | 74 |
| 8.1.6. Manual de parada (programada/ d'emergència) (WVO10) | 74 |
| 8.1.7. Manual de parada (programada/ d'emergència) (WVO11) | 75 |
| 8.2. Manual de neteja | 75 |
| 8.2.1. Retroreatat..... | 75 |
| 8.2.2. Neteja química | 76 |
| 8.2.3. Anàlisi després de la neteja | 78 |
| 8.3. Manual de detecció i solució de possibles errors operatius | 79 |
| 8.3.1. Pèrdua interna..... | 79 |
| 8.3.2. Declivi gradual del rendiment de la transferència de calor..... | 79 |
| 9. Avaluació econòmica | 80 |
| 9.1. Inversió en capital fix..... | 80 |
| 9.2. Costos variables | 81 |
| 9.3. Costos generals | 81 |
| 9.4. Ingressos..... | 81 |

| | |
|--|----|
| 9.5. Estudi de viabilitat | 82 |
| 9.6. Certificat d'Estalvi Energètic..... | 84 |
| 10. Conclusions..... | 85 |
| 11. Bibliografia | 86 |

1. INTRODUCCIÓ

| | | |
|-------------------|---|----------------|
| Títol | Aprofitament vapor 1.4 bar MDI per escalfar Sosa càustica 30%ELO | |
| Identificador | TFGEQ_2518 | |
| Tutor | Joan Codina Jornet | |
| Supervisor extern | Esteve | Obis Torruella |
| Data | 11/06/25 | |
| Localització | Tarragona | |
| Autors | Nicole Geraldinne Caro La Torre Siyi Zheng Anaïs Rodríguez González | |

2. ETAPA PRELIMINAR

2.1. Descripció del projecte

El projecte es basa en l'aprofitament energètic del vapor sobresaturat de baixa pressió sobrant en la planta MDI/MDA, el qual actualment s'expansiona a l'atmosfera, per conèixer amb més detall la procedència del vapor, es consulta en l'apartat d'antecedents històrics (2.3).

L'estratègia d'estalvi d'energia consta de dues etapes, la primera es basa en la configuració d'una canonada d'enviament del vapor des de la planta MDI a la planta d'ELO, la segona etapa consta de la configuració de dos bescanviadors de calor per tal d'escalfar la sosa càustica fins a 120°C.

En la primera etapa del projecte, la canonada es dissenyarà tenint en compte les pèrdues de càrrega, les condensacions, així com la qualitat i quantitat de vapor per tal d'aconseguir que arribi a les condicions adequades a l'entrada del primer bescanviador de calor.

El disseny del primer bescanviador de calor es dissenyarà per tal de ser capaç d'escalfar la sosa càustica al 30% de concentració des de 79°C fins a una temperatura de 100°C, així mateix el segon bescanviador de calor aconseguirà que la sosa càustica arribi a una temperatura de 120°C. La configuració inicial dels bescanviadors de calor es portarà a terme amb el *software Aspen HYSYS*, després es compararà amb els bescanviadors de l'empresa J. Negre.

Així mateix, es contemplen estudis de seguretat, medi ambient i manteniment. Es calcularà el CO₂ *foodprint* per tal de comprovar que es redueixen les emissions a l'atmosfera. Respecte a la seguretat del procés, es realitzarà un estudi HAZOP i es definiran plans d'emergència. Pel manteniment del procés, es classificaren i definiran els temps d'inspecció dels equips i canonades per tal de garantir la seguretat i el bon funcionament de la instal·lació.

Finalment, es fa un estudi econòmic i es calculen el VAN i el *Payback Period* per comprovar que el projecte és econòmicament viable.

2.2. Abast del projecte

El projecte inclou la caracterització del vapor generat en el condensador de MCB i les diferents millores. Es dissenya l'etapa de vapor de baixa pressió de la planta MDI/MDA i l'etapa de la sosa càustica de la planta d'ELO. S'inclou, estratègia d'instrumentació i control, estudi de seguretat, operativa, estudi ambiental, manteniments i avaluació econòmica.

2.3. Antecedents històrics

Covestro compta amb una planta MDI (diisocianat de metilendifenil)/MDA (diaminodifenilmetà) per a la principal producció d'escumes rígides de poliuretà. També disposa d'una planta per a la producció del clor i sosa càustica.

Des de la planta MDI/MDA es produeix una reacció de MDA amb fosc, utilitzant MCB (monoclorobenzè). Més tard, el monoclorobenzè es recupera i passa per un intercanviador on es refreda mitjançant condensat. En aquest procés, el MCB condensa i el condensat es vaporitza. Aquesta generació de vapor implica una gran alliberació de calor, que es pot aprofitar per millorar l'eficiència energètica del sistema. Concretament, aquest vapor s'utilitza per escalfar la solució de sosa càustica provinent de la planta d'ELO. El vapor saturat de baixa pressió només arriba a una temperatura de 110 °C.

Actualment, la planta d'ELO disposa d'un bescanviador de calor que escalfa la sosa càustica fins al 120°C, per aconseguir-ho utilitza vapor saturat de 7 bar. Específicament circula un cabal de 5.46 t/h de vapor.

2.3.1. Caracterització del Vapor

La caracterització per aprofitar el vapor de la planta de MDI és essencial per garantir un control òptim del procés de producció. A continuació es presenten les condicions operatives, la composició i les propietats termodinàmiques del vapor, aspectes claus per al disseny i la gestió eficient dels sistemes de transport i condensació.

Les condicions operatives del vapor en la planta poden incloure la pressió i la temperatura de sortida del vapor.

Taula 1. Condicions operatives a la planta MDI.

| Paràmetres | Valor | Unitats |
|------------------------|-------|---------|
| Pressió d'operació | 1.40 | bar |
| Temperatura d'operació | 110 | °C |

Per altra part, s'ha de tenir en compte el flux màssic i volumètric del vapor de MDI que són paràmetres importants per dimensionar els sistemes de transport. Aquests factors depenen de diversos factors operatius, com la pressió, la temperatura i, especialment, la posició de la vàlvula de control VAG102.

Quan la vàlvula VAG102 està més oberta, es permet el pas d'un major volum de vapor, cosa que incrementa el flux màssic i volumètric en el sistema. A més, en les èpoques d'estiu, és habitual que el vapor s'expandeixi més a l'exterior (a l'ambient) per les condicions de temperatura més elevades. Aquesta expansió a l'exterior pot provocar una lleugera variació en els fluxos, ja que el sistema pot estar més pressionat per compensar les diferències de temperatura, afectant així el vapor.

2.4. Alternatives del procés

En aquest apartat, es té en compte diferents alternatives per poder analitzar quina és la que s'adapta millor a la planta.

1. Instal·lació d'un bescanviador de calor (tubs i carcassa) tradicional.
2. Instal·lació de bescanviador de plaques tradicional.

La primera alternativa és la instal·lació dels bescanviadors tubs i carcassa, ja que ofereixen grans avantatges com la seva alta eficiència de transferència de calor, flexibilitat en el disseny i facilitat de neteja i manteniment.

La segona alternativa, és la instal·lació de bescanviadors de plaques tradicionals. Aquests proporcionen una alta eficiència tèrmica gràcies a la gran superfície de contacte entre fluids i ocupen menys espai que els tubs i carcassa. Són fàcils de desmuntar per la seva neteja i permeten adaptar la capacitat mitjançant l'afegit o retirada de plaques.

2.4.1. Selecció del tipus de bescanviador de calor

Es realitza un estudi per determinar quina configuració del bescanviador de calor és la òptima, s'ha d'avaluar els diferents models de bescanviadors de calor presents en el mercat que poden satisfer els requeriments indicats que es mostren en la següent taula:

Taula 2. Condicions operatives del bescanviador al primer bescanviador

| Paràmetres | Valors | Unitats |
|---|----------|---------|
| Pressió d'operació | 1.40 | bar |
| Temperatura d'entrada (sosa) pels tubs | 79.0 | °C |
| Temperatura de sortida (sosa) pels tubs | 85.0-100 | °C |

Els diferents models de bescanviador típics existents són:

1. Bescanviadors de calor amb tubs en U.
2. Bescanviadors de calor de carcassa i tubs.
3. Bescanviador de plaques.
4. Bescanviador bobinat.

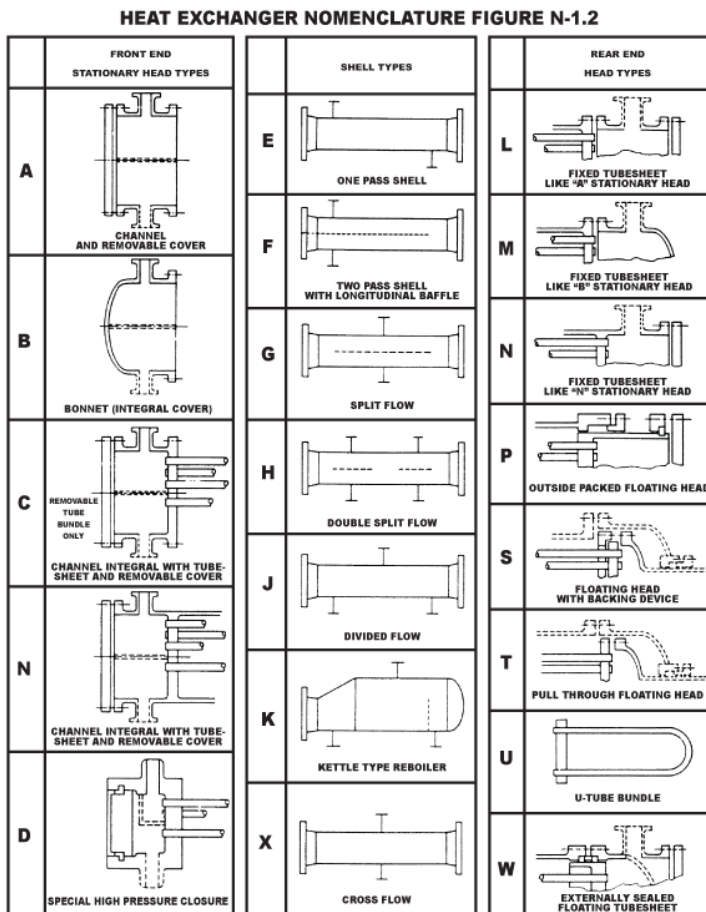
Taula 3. Comparació de diferents bescanviadors. (ref.1)

| Paràmetres | Bescanviadors de calor amb tubs en U | Bescanviadors de calor de carcassa i tubs | Bescanviadors de plaques | Bescanviador bobinat |
|-----------------------------|---------------------------------------|---|--------------------------|----------------------|
| Disseny | Tubs en forma d'U dins de la carcassa | Feixos de tubs dins de la carcassa | Plaques apilades | Tubs enrotllats |
| Eficiència tèrmica | Elevada | Moderada-Elevada | Elevada | Moderada-Elevada |
| Expansió tèrmica | Excel·lent | Limitat | Bona | Limitat |
| Manteniment i inspecció | Fàcil | Requereix eliminació | Fàcil | Moderada |
| Espai | Moderat | Requereix menys espai | Compacte | Compacte |
| Tolerància a la P i la T | Elevat | Moderat-Elevat | Moderat-Elevat | Moderat-Elevat |
| Fouling | Moderat | Moderat-Elevat | Baix-Moderat | Moderat |
| Vibracions i estrès | Generalment bo | Adequat | Sensible | Sensible |
| Flexibilitat d'instal·lació | Bona | Moderat | Limitat | Bona |

Tal com es mostra a la taula anterior, la millor opció està entre les plaques i els tubs i carcassa.

2.4.2. Selecció de la configuració del bescanviador

Una vegada seleccionat el tipus de bescanviador de calor, és necessari decidir quin tipus de capçal frontal, de retorn i carcassa. Per això, s'agafa com a referència la normativa TEMA (1999) (ref.2)



Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association

Figura 1. Tipus de capçals frontals, de retorn i els tipus de carcassa de la normativa TEMA (1999)

- Selecció dels capçals i carcassa:

S'ha realitzat l'estudi per la selecció del millor capçal dels existents que són:

Els capçals fixos són (TEMA A, B, N), aquests són ideals per a fluids nets i quan no es requereix una neteja freqüent dels tubs.

Els capçals desmuntables (TEMA C, D, M), aquests permeten l'accés als tubs per a manteniment i neteja. Útil per fluids amb incrustacions.

Els capçals flotant (TEMA P, S, T, W), aquests és ideal per diferències tèrmiques grans, ja que permet l'expansió dels tubs sense generar tensions mecàniques.

Per aquesta aplicació específica on es vol aplicar el vapor de baixa pressió d'una planta MDI per escalfar sosa càustica, el millor tipus de capçal seria un del tipus flotant TEMA T o W.

Aquest disseny permet compensar l'expansió tèrmica, evitant tensions causades per la diferència de temperatura entre els fluids. A més, facilita la neteja i el manteniment, ja que la sosa càustica pot generar incrustacions i residus sòlids i minimitza la pèrdua de càrrega en condicions de baixa pressió. Tot i que un capçal fix podria reduir costos, dificultaria el manteniment i no compensaria la dilatació tèrmica.

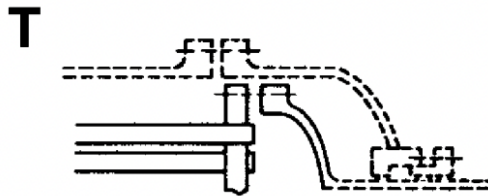


Figura 2. Capçal escollit del tipus T.

Per part de la carcassa pot ser una bona opció una fixa o desmuntable. Ja que totes dues són bones opcions s'optarà per una carcassa fixa que és més econòmica i pot gestionar bé els fluxos de vapors i condensats. Així que pel disseny preliminar s'utilitzarà la carcassa E que és la més típica i s'avaluarà la pèrdua de càrrega.

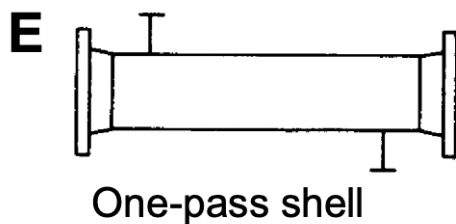


Figura 3. Esquematització de la carcassa escollida.

Per la part de capçal de retorn podria haver-hi dues possibilitats que seria la instal·lació d'un capçal del tipus U que sol ser molt útil per a sistemes de major pressió, però com la planta treballa a baixes pressions es pot optar també amb un capçal de retorn TEMA T.

- Neteja del bescanviador TET:

Com s'ha mencionat anteriorment, la sosa càustica té la perillositat de possibles incrustacions en els tubs, per tant, s'optarà per una neteja química a la carcassa amb àcid lleuger per eliminar i per la part de tubs amb una petita solució de sosa càustica per eliminar greixos o impureses per contrarestar.

Finalment, aquest és un estudi bibliogràfic el qual pot variar segons si les diferents eines del disseny del bescanviador (*Aspen HYHS*), si ens proporcionen una proposta molt més enriquidora i justificada es seleccionarà.

2.4.3. Fluid a transportar

Per aprofitar el vapor que prové de la planta d'MDI/MDA es poden seguir dos camins, per una banda, es pot transportar el vapor cap al bescanviador WVO11 situat a la planta d'ELO. Una altra metodologia és transportar la sosa càustica a la planta d'MDI, escalfar-la i una vegada aconseguir l'objectiu, retornar la sosa càustica a la planta d'ELO.

Per comparar aquestes alternatives es realitzarà un estudi tenint en compte els paràmetres tècnics, econòmics i de seguretat més importants.

A continuació es presenten les condicions d'operació d'ambdues línies a transportar.

Taula 4. Condicions d'operació dels fluids.

| Paràmetre | Fluid | |
|------------------------|---------------|-----------------|
| | Vapor saturat | Sosa càustica |
| Cabal màssic (t/h) | 2.50 | 41.0-54.0 |
| Pressió de línia (bar) | 1.40 | 4.50 |
| Temperatura (°C) | 110 | 79.0-120°C |
| Sistema de bombeig | No requereix | Requereix bomba |

- **Risc degut la temperatura d'operació:**

El vapor saturat en les condicions esmentades presenta un risc per cremada tèrmica al contacte directe amb la pell, així mateix, la sosa càustica presenta un risc per cremada tèrmica i química, les quals són més greus, ja que pot penetrar en capes més profundes de la pell. (ref.3)

En cas de fuga, el vapor saturat pot produir una visibilitat reduïda en l'ambient, però es pot dissipar ràpidament si hi ha una bona ventilació a la instal·lació. A més a més, el vapor saturat en entrar en contacte amb l'ambient pot perdre temperatura i pressió i condensar.

- **Risc degut la pressió d'operació:**

El vapor circula a baixa pressió, en canvi, la sosa càustica circula a alta pressió, el qual es tradueix a una major energia acumulada en la canonada, en cas de fuga la sosa sortirà a alta velocitat.

El vapor és autolimitant, ja que a l'expandir-se i formar un núvol perd pressió ràpidament i condensa. En canvi, la sosa pot mantenir pressió, depenent de la temperatura, perquè la sosa càustica no pot arribar a una temperatura superior de 120°C, segons les condicions del procés (ref.4).

- **Risc degut la toxicitat:**

El vapor saturat no està classificat com a substància tòxica. En cas d'inhalació pot causar irritació respiratòria lleugera.

Per altra banda, la sosa càustica si es considera una substància altament tòxica. Pot causar irritació respiratòria severa i cremades químiques en el nas, vies respiratòries i pulmons. En cas de contacte amb els ulls, pot causar ceguera.

- **Risc degut corrosió:**

El vapor no és corrosiu, però si condensa pot generar un medi amb oxigen dissolt, el qual pot provocar una corrosió per oxidació de l'oxigen dissolt. Aquest tipus de corrosió és fàcilment controlable amb un bon disseny i un bon sistema de drenatge del condensat.

Per altra banda, la sosa càustica és altament corrosiva per a molts materials, és el cas de l'alumini, el coure i el plom. Per aquest motiu la canonada requereix materials específics d'acer inoxidable, que resisteixen millor a la corrosió per evitar possibles fallades del sistema.

- **Manteniment i neteja de la canonada:**

La canonada de vapor requereix un manteniment intern baix, ja que el vapor no deixa residus sòlids, però genera condensats. En canvi, la sosa càustica requereix neteja periòdica, ja que es pot produir carbonatació en reaccionar amb CO₂. L'augment en la freqüència de les tasques de manteniment comporta una major recurrència de parades tècniques, amb l'impacte corresponent sobre la disponibilitat de la instal·lació, els costos operatius i la planificació dels recursos.

- **Rellevància econòmica:**

En cas de transportar el vapor, es dissenyarà la canonada des de la sortida del condensador 12WO1 i arribarà al primer bescanviador del procés situat a la planta d'ELO, a la sortida del primer bescanviador passa a ser condensat. Aquest condensat estarà destinat a un tanc d'emmagatzematge ubicat a la planta d'ELO.

Per altra banda, en cas de transportar la sosa càustica des de la planta d'ELO a la planta d'MDI, s'ha de dissenyar una canonada per transportar la sosa, i altra canonada per tal de retornar-la a la temperatura desitjada a 120°C.

Des del punt de vista econòmic, encara que el diàmetre de la canonada de sosa càustica sigui inferior que el diàmetre d'una canonada de vapor, resultarà més car dissenyar, instal·lar i mantenir dues canonades que no pas una.

Finalment, després d'analitzar les dues opcions de transport tenint en compte els diferents paràmetres, es decideix transportar el vapor resultant de la planta MDI cap a la planta d'ELO.

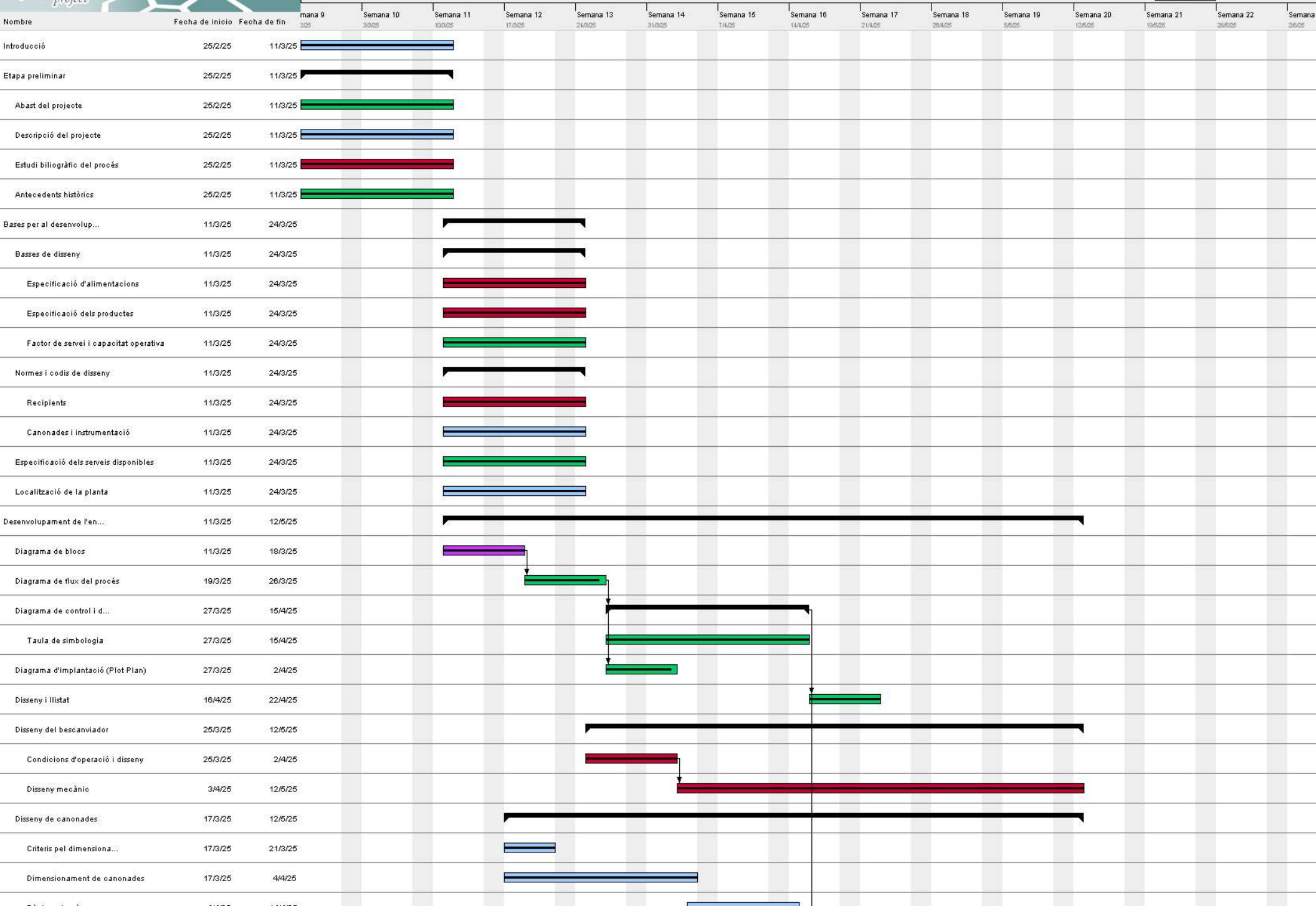
2.5. Planificació inicial del projecte (Diagrama de Gantt)

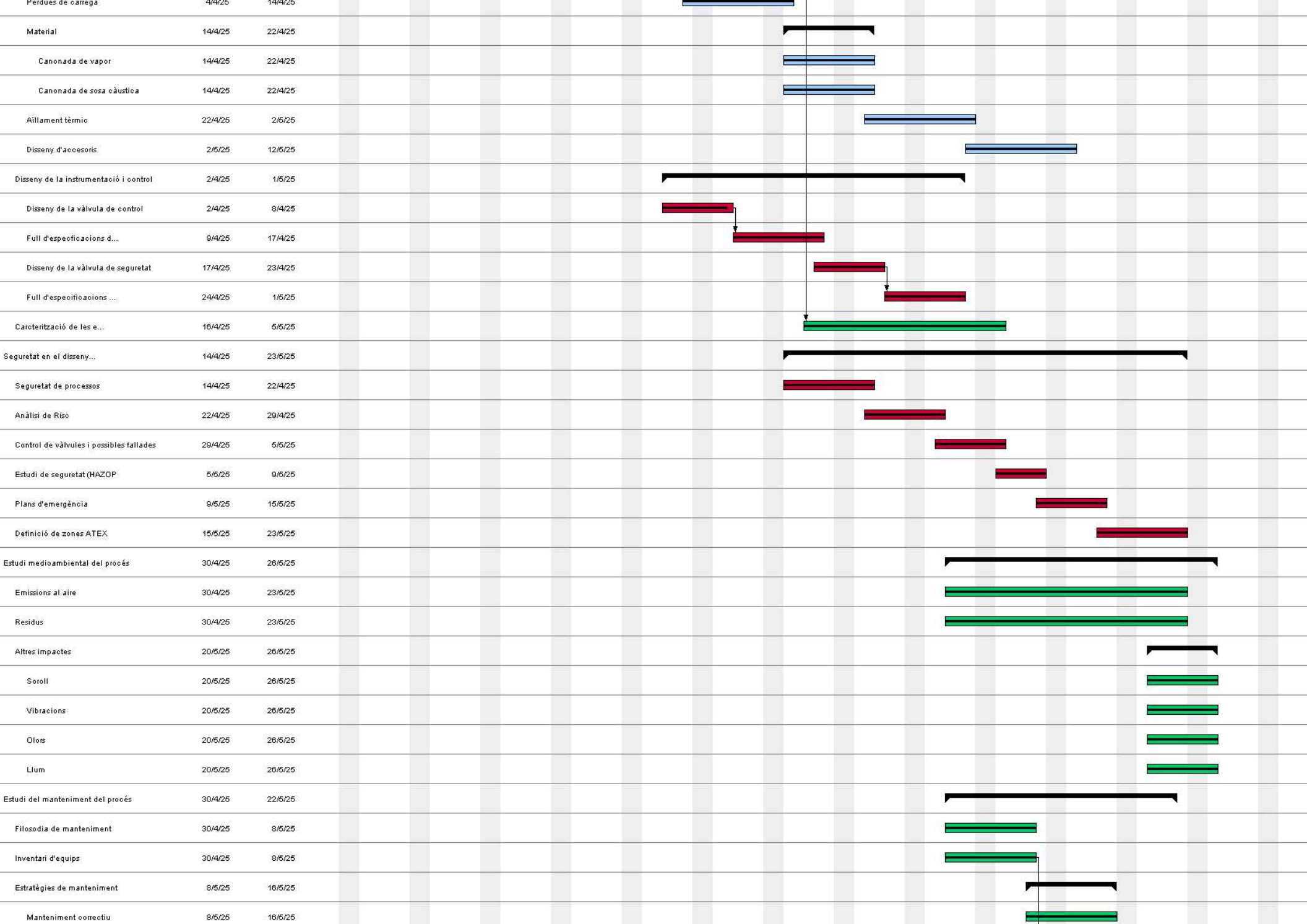
A continuació, es presenta el diagrama de Gantt corresponent al projecte, on s'especifiquen les fases principals, el calendari previst i les dependències entre tasques



2025

Altres impactes





| | | | |
|--|---------|---------|--|
| Manteniment preventiu | 8/5/25 | 16/5/25 | |
| Manteniment predictiu | 8/5/25 | 16/5/25 | |
| Organigrama de manteniment | 9/5/25 | 15/5/25 | |
| Tècniques per al manteniment | 16/5/25 | 22/5/25 | |
| Manuais | 30/4/25 | 22/5/25 | |
| Manuais d'operació | 30/4/25 | 13/5/25 | |
| Manual de posada en marxa | 30/4/25 | 13/5/25 | |
| Comprovació abans de la... | 30/4/25 | 13/5/25 | |
| Procés d'arrancada | 30/4/25 | 13/5/25 | |
| Inici del procés d'intercanvi de calor | 30/4/25 | 13/5/25 | |
| Manual de parada | 30/4/25 | 13/5/25 | |
| Manual de neteja | 13/5/25 | 16/5/25 | |
| Retroentat | 13/5/25 | 16/5/25 | |
| Neteja química | 13/5/25 | 16/5/25 | |
| Anàlisi després de la neteja | 13/5/25 | 16/5/25 | |
| Manual de detecció i so... | 16/5/25 | 22/5/25 | |
| Pèrdua interna | 16/5/25 | 21/5/25 | |
| Declivi gradual del ren... | 16/5/25 | 22/5/25 | |
| Avaluació econòmica | 30/4/25 | 26/5/25 | |
| Inversió en capital fix | 30/4/25 | 5/5/25 | |
| Costos variables | 6/5/25 | 9/5/25 | |
| Costos generals | 12/5/25 | 15/5/25 | |
| Ingressos | 15/5/25 | 20/5/25 | |
| Estudi de viabilitat | 20/5/25 | 26/5/25 | |
| Certificat d'Estalvi Energètic | 20/5/25 | 26/5/25 | |
| Conclusions | 26/5/25 | 26/5/25 | |
| Bibliografia | 26/5/25 | 26/5/25 | |
| Presentació PowerPoint | 26/5/25 | 3/6/25 | |

3. BASES DE DISSENY

3.1.1. Especificació d'alimentacions

El bescanviador de calor rebrà dos corrents d'alimentació principals: vapor procedent de la planta de MDI i sosa càustica. L'objectiu d'aquest estudi és aconseguir escalfar la sosa càustica amb una temperatura de sortida adequada pel sistema. Aquests fluids presenten característiques específiques que han de ser considerades per garantir un funcionament òptim.

Per una part, tenim les condicions d'entrada de la sosa càustica que provenen de la planta d'ELO. A continuació es mostra les condicions en la següent taula:

Taula 5. Paràmetres, valors i unitats inicials de la sosa càustica.

| Paràmetres de l'estudi | Valors | Unitats |
|-------------------------|--------|---------|
| Concentració de la sosa | 30 | % |
| Cabal de la sosa | 41-54 | t/h |
| Pressió de la sosa | 4.5 | bar |
| Temperatura d'entrada | 79 | °C |

D'altra banda, el vapor de MDI provinent de la planta de producció, arriba a l'intercanviador a una pressió i temperatura determinades.

És important considerar que arriba a l'intercanviador amb condicions variables en funció de l'obertura de la vàlvula de regulació VAG102. Per aquest motiu, es realitza un estudi considerant tres escenaris diferents:

- Obertura mínima (15%)
- Obertura mitjana (40%)
- Obertura màxima (60%)

Per tant, es realitza una taula on es mostra les condicions del vapor MDI corresponents a les tres obertures diferents:

Taula 6. Paràmetres inicials del vapor procedent de la planta de MDI.

| Paràmetres de l'estudi | Obertura al 15% | Obertura al 40% | Obertura al 60% | Unitats |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|
| Cabal del vapor | 1.5 | 2.9 | 5.9 | t/h |
| Pressió d'entrada | 1.4 | 1.4 | 1.4 | bar |
| Temperatura d'entrada | 110 | 110 | 110 | °C |

Aquesta és una primera estimació del vapor disponible d'1.4 bar provinent de la planta MDI/MDA. Més endavant, en l'estudi dels intercanviadors, només s'utilitza una obertura de 35-40%, ja que més enllà del d'aquest rang, entrarà més vapor necessari i la sosa no s'escalfarà més i els resultats seran els mateixos.

3.1.2. Especificacions dels productes

Després del procés d'intercanvi de calor, els fluids de sortida presenten característiques modificades en comparació amb les condicions d'entrada.

Una vegada que el vapor cedeix l'energia a la sosa càustica, es condensa totalment.

D'altra banda, la sosa càustica surt de l'intercanviador WVO10 amb una temperatura superior a la de l'entrada, amb uns rangs de temperatura d'entre 79-100 °C que serien adequats per garantir l'eficiència del sistema.

3.2. Factor de servei i capacitat operativa

L'intercanviador WVO10 i WVO11 tenen un factor de servei de 8660 h/any, treballa 360 dies a l'any.

El WVO10 ofereix una flexibilitat operativa, amb un cabal màxim d'entrada de vapor 1.4 bar de 2620 kg/h, prou per a escalfar 54000 kg/h de sosa càustica.

El WVO11 ofereix una flexibilitat operativa, amb un cabal màxim d'entrada de vapor 7 bar de 1580 kg/h, prou per a escalfar 54000 kg/h de sosa càustica.

3.3. Normes i codis de disseny

3.3.1. Recipients

En aquesta part, es tenen en compte la normativa tant pel disseny tèrmic com pel disseny mecànic.

Pel disseny tèrmic es troba:

- *Tubular Exchanger Manufacturers Association, Inc (TEMA)* (ref. 2)
- *Heat Exchanger Design Handbook (HEDH)* (ref. 2)

Pel disseny mecànic es troba:

- *Tubular Exchanger Manufacturers Association, Inc (TEMA)* (ref. 2)

3.3.2. Canonades i instrumentació

- Normes DIN (ref. 5)

3.4. Especificació dels serveis disponibles

- Aire industrial:** Emprat com a gas inert en diverses operacions per a garantir la seguretat del procés.
- Electricitat:** Subministrada per Covestro per al funcionament i control dels equips.
- Aire d'instruments:** Subministrat per a garantir el bon funcionament de les vàlvules i els equips pneumàtics de la planta.
- Aigua desmineralitzada:** Emprat en els processos on requereixen una alta puresa per a evitar incrustacions, corrosió o contaminació.

Taula 7. Valors i unitats dels serveis disponibles a la planta.

| Servei | Valors | Unitats |
|-------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Aire industrial | | |
| Cabal | No limitat | Nm ³ /h |
| Pressió | 8 | bar |
| Temperatura | Ambient | °C |
| Qualitat | Contingut d'aigua (< 20) | ppm |
| | Contingut d'oxigen (<1) | ppm |
| Electricitat | | |
| Voltatge | 380 | V |
| Potència màxima | 1200 | kW |
| Aire d'instruments | | |
| Cabal | No limitat | Nm ³ /h |
| Pressió | 5.5 | bar |
| Temperatura | Ambient | °C |
| Qualitat | Contingut d'aigua (< 200) | ppm |
| Aigua desmineralitzada | | |
| Cabal | 1 | m ³ /h |
| Temperatura(min./màx.) | 12-35 | °C |
| Pressió | 7 | bar |

3.5. Localització

La instal·lació de l'empresa Covestro està ubicada en el Polígon Químic Sud, Accés Vial dels Prats, en la localitat de La Canonja, Tarragona . A continuació, es mostra la ubicació de la planta de Covestro.

Es pretén instal·lar dos bescanviadors de calor en la planta d'ELO amb la finalitat d'aprofitar el vapor per escalfar sosa càustica al 30%.

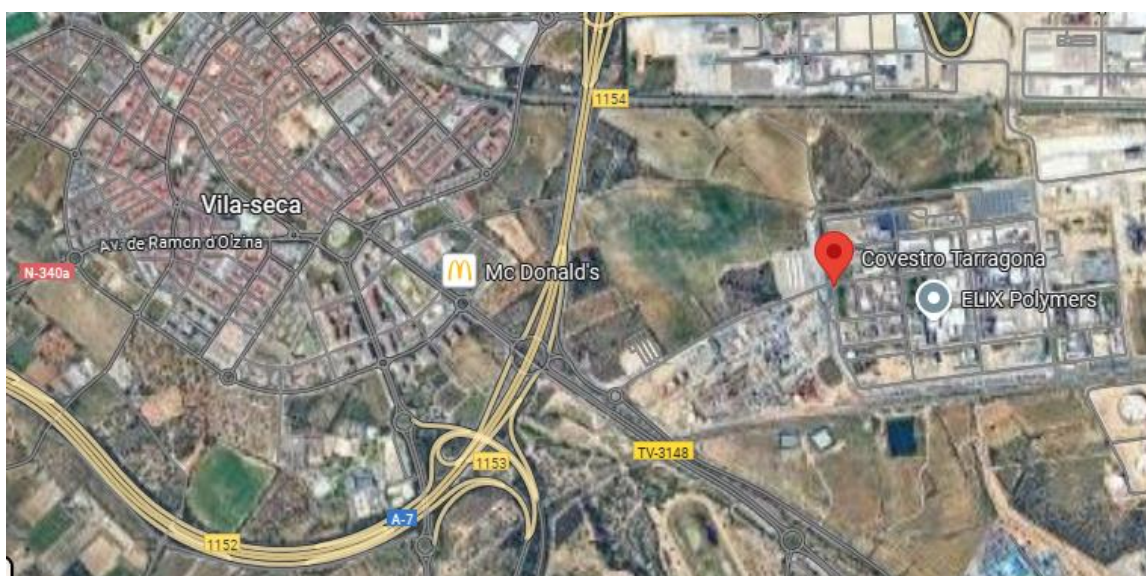


Figura 4. Vista aèria de la ubicació de l'empresa Covestro (ref. 6)

3.5.1. Dades climàtiques, pluviomètriques i sísmiques

La província de Tarragona presenta un clima Mediterrani Costa Litoral del Sud, aquest clima mediterrani és caracteritzat per hiverns suaus i estius calorosos, en trobar-se a prop del mar fa que presenti una alta humitat, amb una mitjana anual del 76%.

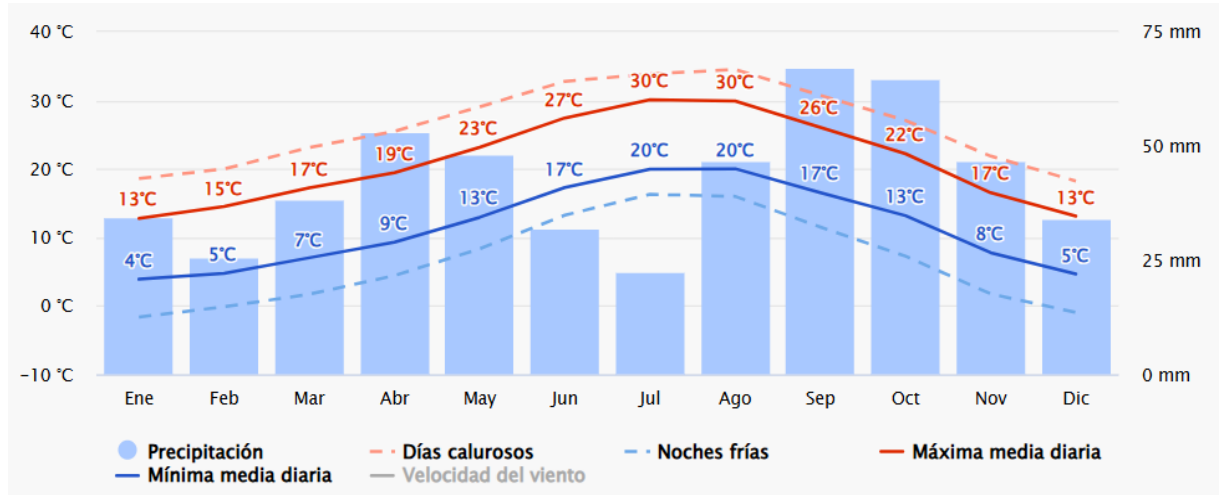


Figura 5. Temperatura mitjana i humitat relativa en la província de Tarragona dels últims 30 anys (ref. 7)

A la figura 5 s'observa que a Tarragona la temperatura màxima durant l'estiu no sol superar als 30°C i, respecte a l'hivern, la temperatura mínima generalment no baixa dels 4°C. Les precipitacions màximes es presenten en primavera i en la tardor, no superen els 65 mm.

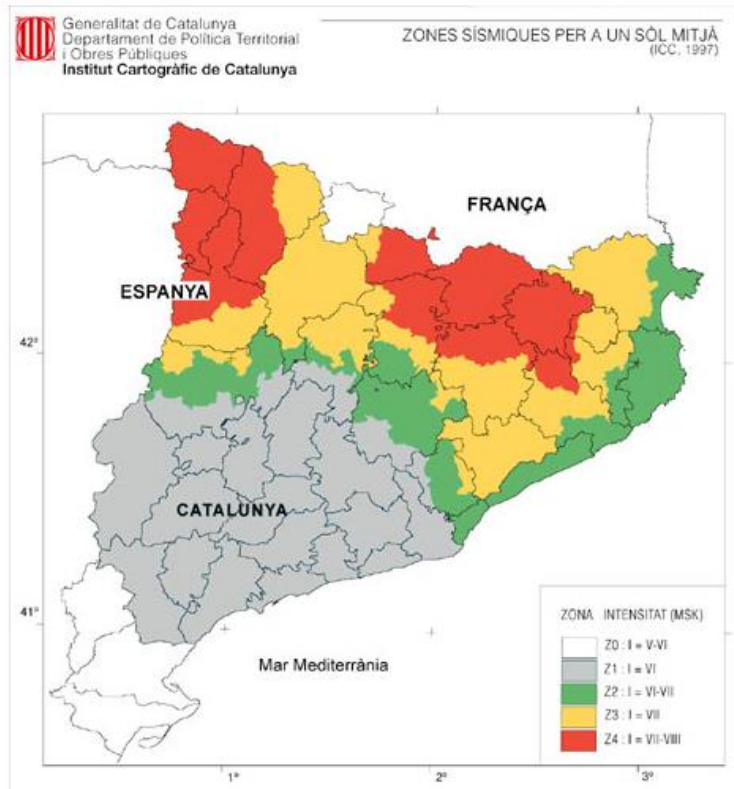


Figura 6. Mapes de zones sísmiques per a un sòl mitjà de Catalunya (ref. 8)

Tal com s'observa, Tarragona es troba sobre la falla de llevant i el municipi pertany a la zona ZI, segons aquestes dades el terreny presenta un risc de sismologia baix, existeix un sismògraf ubicat a Reus que no ha detectat cap moviment sísmic considerable des de la seva posada en marxa.

4. DESENVOLUPAMENT DE L'ENGINYERIA BÀSICA

4.1. Diagrama de blocs

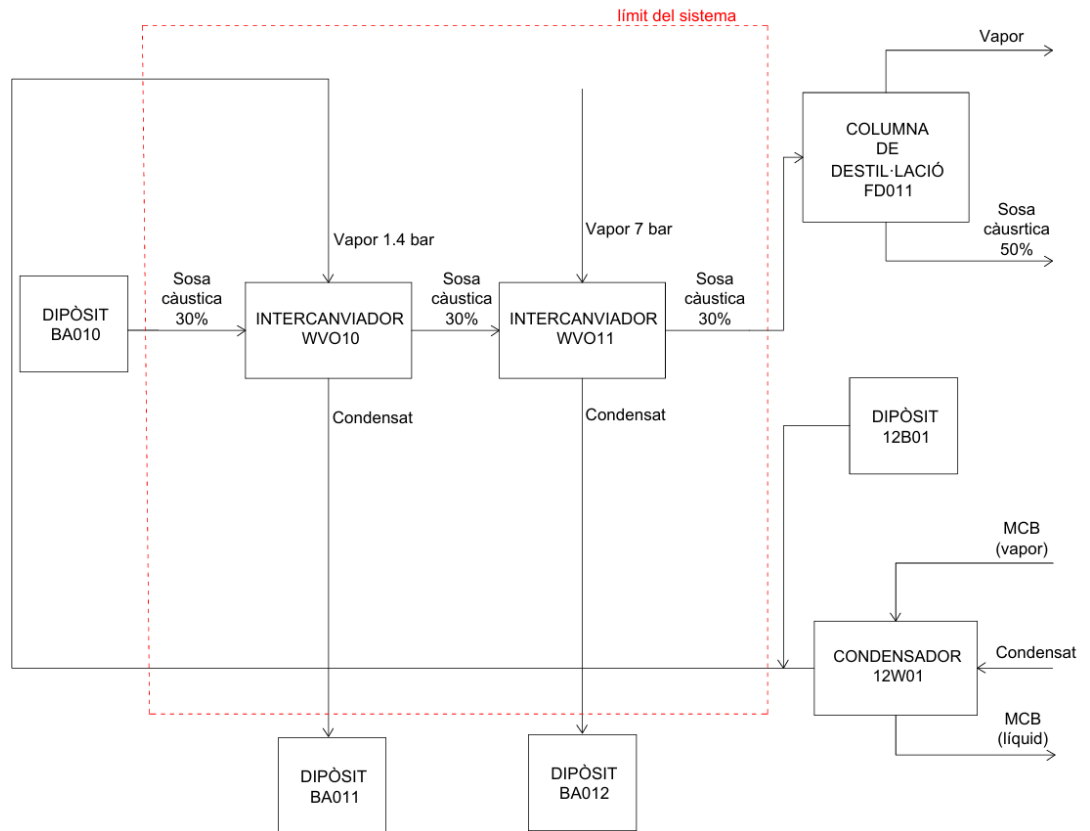


Figura 7. Diagrama de blocs

4.2. Taula de simbologia

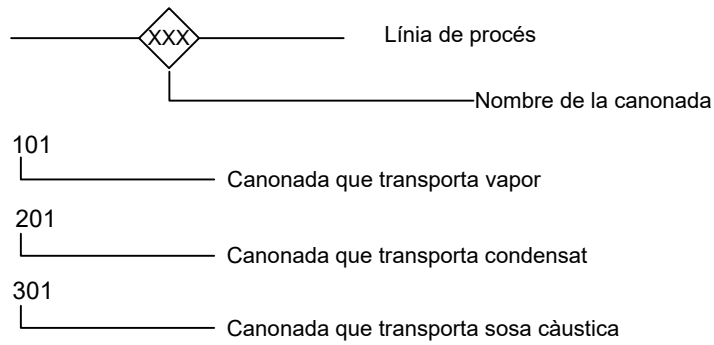
4.3. Diagrama del flux del procés (PFD)

Taula 8. Balanç de matèria del procés.

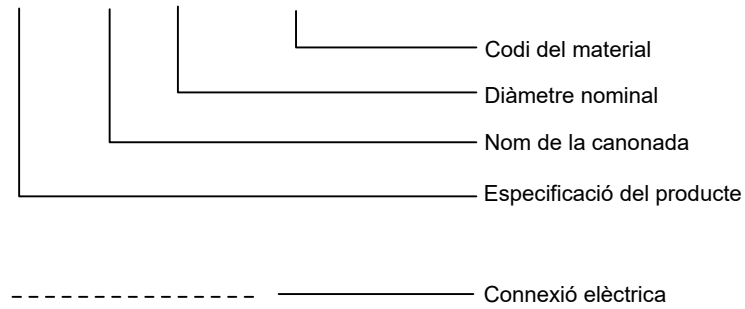
| Compost | 101 | 201 | 301 | 302 | 102 | 202 | 303 |
|----------------------|------|------|-------|--------|--------|--------|-------|
| Vapor saturat (kg/h) | 2620 | 0 | 0 | 0 | 1580 | 0 | 0 |
| Condensat (kg/h) | 0 | 2620 | 0 | 0 | 0 | 1580 | 0 |
| Sosa càustica (kg/h) | 0 | 0 | 54000 | 54000 | 0 | 0 | 54000 |
| Temperatura (°C) | 110 | 110 | 79 | 105.39 | 170.41 | 170.41 | 120 |
| Pressió (bar) | 1.4 | 1.4 | 4.5 | 4.5 | 7 | 7 | 4.5 |

4.4. Diagrama de canonades i instrumentació

NOMENCLATURA



70900-101-150-10HD01B1

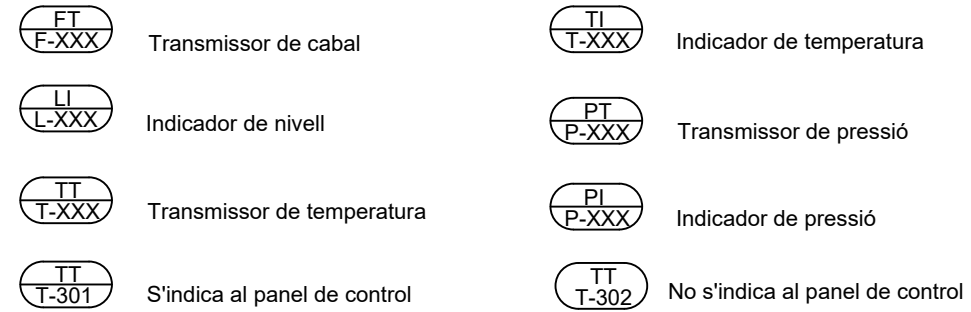


En vàlvules:

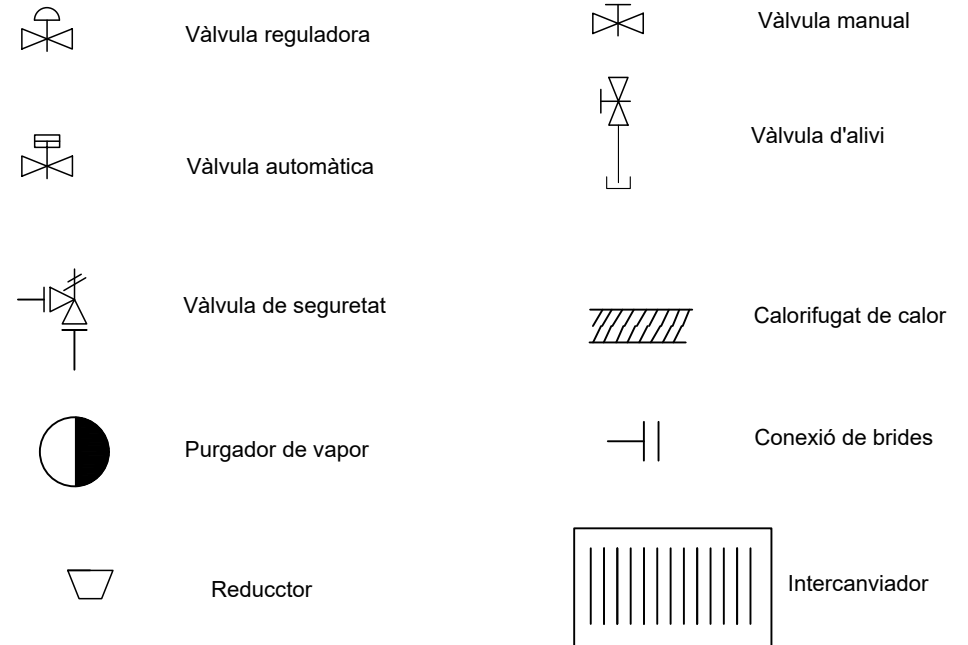
- VAGXXX Numeració vàlvula reguladora
- VABXXX Numeració vàlvula automàtica
- MVXXX Numeració vàlvula manual
- PSVXXX Numeració vàlvula de seguretat

- VAG101 Vapor
- VAG201 Condensat
- VAG301 Sosa càustica

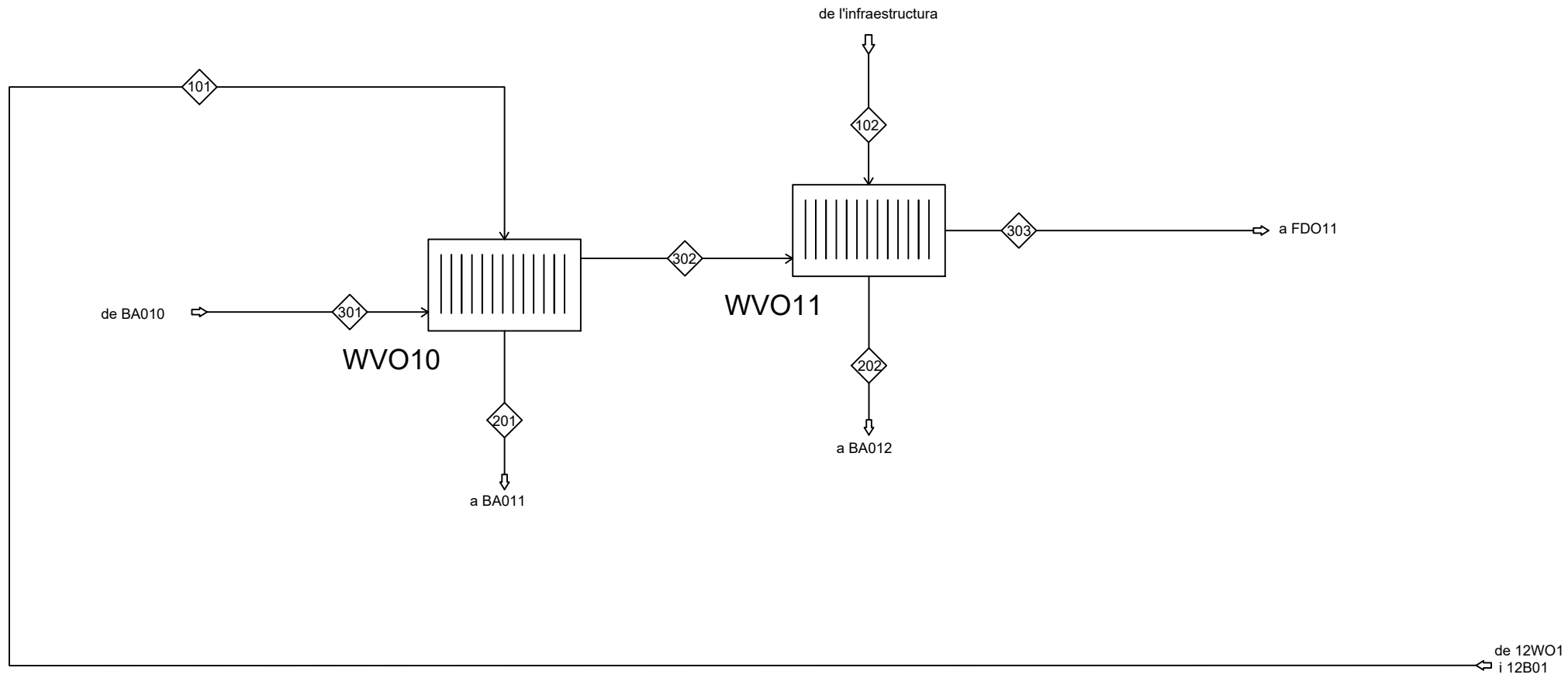
INSTRUMENTACIÓ



ACCESORIS I EQUIPS

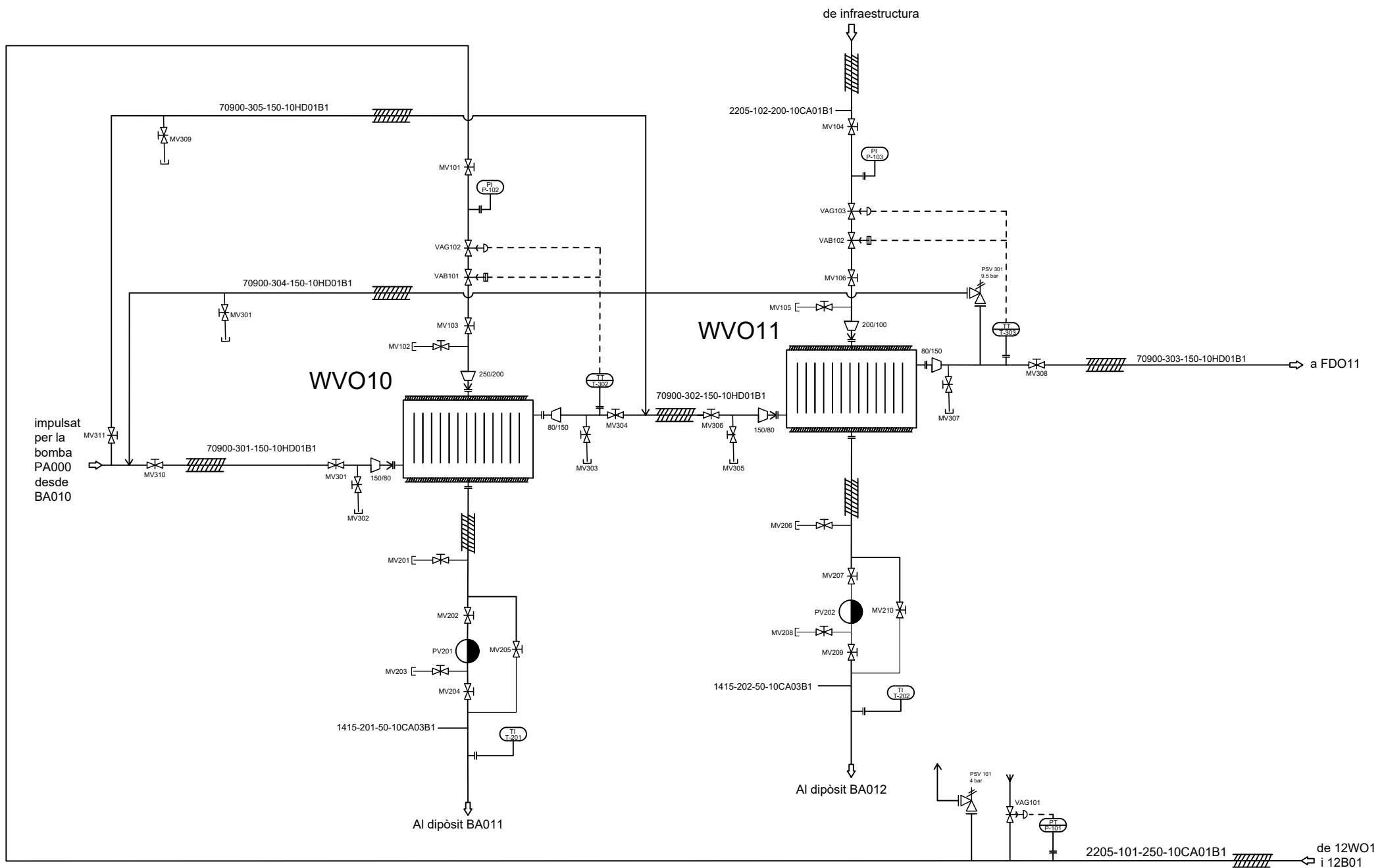


| | | | |
|-------------------|-------|----------------------------------|--|
| DISENYAT | | PIPING & INSTRUMENTATION DIAGRAM | |
| TFG | | KEY | |
| Siyi Zheng | | | |
| REVISAT I APROVAT | | | |
| Nicole La Torre | | | |
| Anais Rodriguez | | | |
| SCALE | BLOCK | | |
| No a escala | F | | |



| | | | |
|-------------------|----------------------|------------|-----|
| DISENYAT | | | |
| TFG | | | |
| Styi Zheng | | | |
| REVISAT I APROVAT | | | |
| Nicole La Torre | | | |
| Anals Rodriguez | | | |
| | SCALE No a escala | BLOCK 1 | REV |

PFD 0022



impulsat per la bomba PA000 desde BA010

| |
|-------------------|
| DISENYAT |
| TFG |
| Siyi Zheng |
| REVISAT I APROVAT |
| Nicole La Torre |
| Analis Rodriguez |

| | |
|-------------|-------|
| P&ID 0022 | |
| SCALE | BLOCK |
| No a escala | 1 |

4.5. Diagrama d'implantació (Plot Plan)

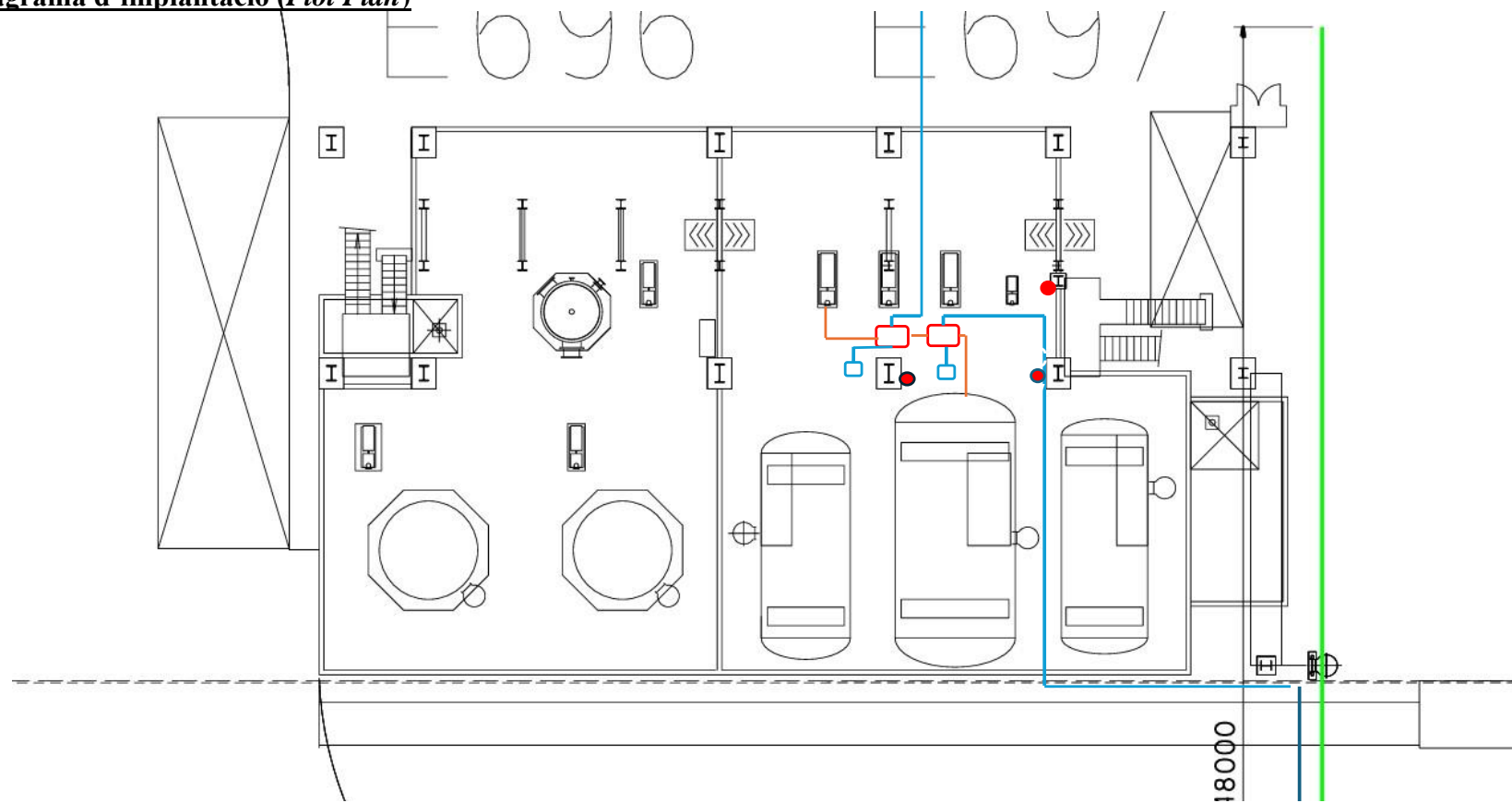


Figura 8. Plot Plan de la instal·lació.

4.6. Llistats

A continuació es mostren els diferents llistats d'equips, canonades, vàlvules i instrumentacions.

4.6.1. Llistat d'equips

Taula 9. Llistat dels equips presents en el procés.

| Equip | P&ID | Descripció | P. disseny (bar) | T. disseny (°C) | P. operació (bar) | T. operació (°C) |
|-------|------|---------------------------|------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| WVO10 | 0022 | Intercanviador de plaques | 10 | 150 | 1.4 | 79/110 |
| WVO11 | 0022 | Intercanviador de plaques | 10 | 250 | 7 | 110/170 |

4.6.2. Llistat de canonades

Taula 10. Llistat de canonades presents en el procés

| TAG/ Especificació de la línia | P&ID | Producte | Fase | Material | Diàmetre nominal (mm) | Temperatura d'operació (°C) | Pressió d'operació (bar) | Temperatura de disseny (°C) | Pressió de disseny (bar) | Longitud (m) | Material d'aïllament | Espessor d'aïllament (mm) |
|--------------------------------------|------|------------------|------|---------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|---------------------------------|
| 2205-101-250- 10CA01B1 | 0022 | Vapor | G | P235GH | 250 | 110 | 1.4 | 200 | 10 | 182 | Llana roca | de 50 |
| 70900-301- 150- 10HD01B1 | 0022 | Sosa càustica | L | ANSI 316Ti | 150 | 79 | 4.5 | 200 | 10 | 10 | Llana roca | de 50 |
| 1415-201-50- 10CA03B1 | 0022 | Condensat | L | P235GH | 50 | 110 | 1.4 | 200 | 10 | 5 | Llana roca | de 40 |
| 70900-302- 150- 10HD01B1 | 0022 | Sosa càustica | L | ANSI 316Ti | 150 | 100 | 4.5 | 400 | 10 | 5 | Llana roca | de 50 |
| 2205-102-200- 10CA01B1 | 0022 | Vapor | G | P235GH | 200 | 171 | 7 | 200 | 10 | 10 | Llana roca | de 50 |
| 1415-202-50- 10CA03B1 | 0022 | Condensat | L | P235GH | 50 | 171 | 7 | 200 | 10 | 5 | Llana roca | de 40 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|---------------|---|------------|-----|-----|-----|-----|----|----|------------|-------|
| 70900-303-150-10HD01B1 | 0022 | Sosa càustica | L | ANSI 316Ti | 150 | 120 | 4.5 | 400 | 10 | 10 | Llana roca | de 50 |
| 70900-304-150-10HD01B1 | 0022 | Sosa càustica | L | ANSI 316Ti | 150 | 120 | 4.5 | 400 | 10 | 10 | Llana roca | de 50 |
| 70900-305-150-10HD01B1 | 0022 | Sosa càustica | L | ANSI 316Ti | 150 | 79 | 4.5 | 400 | 10 | 10 | Llana roca | de 50 |

4.6.3. Llistat de la instrumentació

Taula 11 .Llistat de les instrumentacions presents en el procés

| TAG | P&ID | Descripció | Producte | Fase | Especificació de la línia | Fabricant | Senyal | Material | Model |
|-------|------|----------------------------|---------------|------|---------------------------|-----------|-------------------|------------|----------------|
| P-101 | 0022 | Transmissor de pressió | Vapor | G | 2205-101-250-10CA01B1 | Siemens | AO ⁽²⁾ | ANSI 316Ti | SITRANS P420 |
| P-102 | 0022 | Indicador de pressió | Vapor | G | 2205-101-250-10CA01B1 | Siemens | AI ⁽⁴⁾ | ANSI 316Ti | CPG1500 |
| P-103 | 0022 | Indicador de pressió | Vapor | G | 2205-102-200-10CA01B1 | Siemens | AI ⁽⁴⁾ | ANSI 316Ti | CPG1500 |
| T-301 | 0022 | Transmissor de temperatura | Sosa càustica | L | 70900-302-150-10HD01B1 | WIKA | DO ⁽³⁾ | ANSI 316Ti | T32.2S, TR10-A |
| T-302 | 0022 | Transmissor de temperatura | Sosa càustica | L | 70900-303-150-10HD01B1 | WIKA | AO ⁽²⁾ | ANSI 316Ti | T32.2S, TR10-A |
| T-201 | 0022 | Indicador de temperatura | Condensat | L | 1415-201-50-10CA03B1 | WIKA | AI ⁽⁴⁾ | ANSI 316Ti | TIF50 |
| T-202 | 0022 | Indicador de temperatura | Condensat | L | 1415-202-50-10CA03B1 | WIKA | AI ⁽⁴⁾ | ANSI 316Ti | TIF50 |

⁽¹⁾ E-H: Endress+Hauser

⁽²⁾ AO: *Analogical Output*

⁽³⁾ DO: *Digital Output*

⁽⁴⁾ AI: *Analogical Input*

4.6.4. Llistat de vàlvules

Taula 12.Llistat de les vàlvules presents en el procés

| TAG | Funció | P&ID | Descripció | Producte | Fase | Especificació de la línia | Diàmetre Nominal (mm) | Fabricant | Material | Model |
|-------|--------|------|----------------|-----------|------|---------------------------|-----------------------|---------------|-------------------------------------|--------|
| MV101 | - | 0022 | Vàlvula manual | Vapor | G | 2205-101-250-10CA01B1 | 250 | Tuflin, XLD22 | Type: P235GH | K2597C |
| MV102 | Purga | 0022 | Vàlvula manual | Vapor | G | 2205-101-250-10CA01B1 | 250 | Tuflin, XLD22 | Type: P235GH | K2597C |
| MV103 | - | 0022 | Vàlvula manual | Vapor | G | 2205-101-250-10CA01B1 | 250 | Tuflin, XLD22 | Type: P235GH | K2597C |
| MV104 | | 0022 | Vàlvula manual | Vapor | G | 2205-102-200-10CA01B1 | 200 | Tuflin, XLD22 | Type: P235GH | K2597C |
| MV105 | Purga | 0022 | Vàlvula manual | Vapor | G | 2205-102-200-10CA01B1 | 200 | Tuflin, XLD22 | Type: P235GH | K2597C |
| MV106 | - | 0022 | Vàlvula manual | Vapor | G | 2205-102-200-10CA01B1 | 200 | Tuflin, XLD22 | Type: P235GH | K2597C |
| MV201 | Purga | 0022 | Vàlvula manual | Condensat | L | 1415-201-50-10CA03B1 | 50 | Tuflin/XOMOX | ASTM A351 Grade CF8M ⁽⁵⁾ | H2421P |
| MV202 | Purga | 0022 | Vàlvula manual | Condensat | L | 1415-201-50-10CA03B1 | 50 | Tuflin/XOMOX | ASTM A351 Grade CF8M | H2421P |
| MV203 | - | 0022 | Vàlvula manual | Condensat | L | 1415-201-50-10CA03B1 | 50 | Tuflin/XOMOX | ASTM A351 Grade CF8M | H2421P |
| MV204 | - | 0022 | Vàlvula manual | Condensat | L | 1415-201-50-10CA03B1 | 50 | Tuflin/XOMOX | ASTM A351 Grade CF8M | H2421P |
| MV205 | Purga | 0022 | Vàlvula manual | Condensat | L | 1415-201-50-10CA03B1 | 50 | Tuflin/XOMOX | ASTM A351 Grade CF8M | H2421P |
| MV206 | - | 0022 | Vàlvula manual | Condensat | L | 1415-202-50-10CA03B1 | 50 | Tuflin/XOMOX | ASTM A351 Grade CF8M | H2421P |
| MV207 | Purga | 0022 | Vàlvula manual | Condensat | L | 1415-202-50-10CA03B1 | 50 | Tuflin/XOMOX | ASTM A351 Grade CF8M | H2421P |
| MV208 | - | 0022 | Vàlvula manual | Condensat | L | 1415-202-50-10CA03B1 | 50 | Tuflin/XOMOX | ASTM A351 Grade CF8M | H2421P |

| | | | | | | | | | | |
|--------|-------|------|--------------------|---------------|---|------------------------|-----|-----------------|-------------------------|--------|
| MV209 | - | 0022 | Vàlvula manual | Condensat | L | 1415-202-50-10CA03B1 | 50 | Tuflin/XOMOX | ASTM A351 Grade CF8M | H2421P |
| MV210 | - | 0022 | Vàlvula manual | Condensat | L | 1415-202-50-10CA03B1 | 50 | Tuflin/XOMOX | ASTM A351 Grade CF8M | H2421P |
| MV301 | Purga | 0022 | Vàlvula manual | Sosa càustica | L | 70900-301-150-10HD01B1 | 150 | Bray, Type 2-Cx | ANSI 316Ti | K2566C |
| MV302 | - | 0022 | Vàlvula manual | Sosa càustica | L | 70900-301-150-10HD01B1 | 150 | Bray, Type 2-Cx | ANSI 316Ti | K2566C |
| MV303 | Purga | 0022 | Vàlvula manual | Sosa càustica | L | 70900-302-150-10HD01B1 | 150 | Bray, Type 2-Cx | ANSI 316Ti | K2566C |
| MV304 | - | 0022 | Vàlvula manual | Sosa càustica | L | 70900-302-150-10HD01B1 | 150 | Bray, Type 2-Cx | ANSI 316Ti | K2566C |
| MV305 | Purga | 0022 | Vàlvula manual | Sosa càustica | L | 70900-303-150-10HD01B1 | 150 | Bray, Type 2-Cx | ANSI 316Ti | K2566C |
| MV306 | - | 0022 | Vàlvula manual | Sosa càustica | L | 70900-303-150-10HD01B1 | 150 | Bray, Type 2-Cx | ANSI 316Ti | K2566C |
| MV307 | Purga | 0022 | Vàlvula manual | Sosa càustica | L | 70900-303-150-10HD01B1 | 150 | Bray, Type 2-Cx | ANSI 316Ti | K2566C |
| MV308 | Purga | 0022 | Vàlvula manual | Sosa càustica | L | 70900-304-150-10HD01B1 | 150 | Bray, Type 2-Cx | ANSI 316Ti | K2566C |
| MV309 | Purga | 0022 | Vàlvula manual | Sosa càustica | L | 70900-305-150-10HD01B1 | 150 | Bray, Type 2-Cx | ANSI 316Ti | K2566C |
| MV310 | - | 0022 | Vàlvula manual | Sosa càustica | L | 70900-303-150-10HD01B1 | 150 | Bray, Type 2-Cx | ANSI 316Ti | K2566C |
| MV311 | - | 0022 | Vàlvula manual | Sosa càustica | L | 70900-305-150-10HD01B1 | 150 | Bray, Type 2-Cx | ANSI 316Ti | K2566C |
| VAG101 | - | 0022 | Vàlvula reguladora | Vapor | G | 2205-101-250-10CA01B1 | 250 | Tuflin, XLD22 | Type: P235GH | K2597C |
| VAG102 | - | 0022 | Vàlvula reguladora | Vapor | G | 2205-101-250-10CA01B1 | 250 | Tuflin, XLD22 | Type: P235GH | K2597C |
| VAG103 | - | 0022 | Vàlvula reguladora | Vapor | G | 2205-102-200-10CA01B1 | 200 | Tuflin, XLD22 | Type: P235GH | K2597C |
| VAB101 | - | 0022 | Vàlvula automàtica | Vapor | G | 2205-101-250-10CA01B1 | 250 | Tuflin, XLD22 | Type: P235GH | K2597C |
| VAB102 | - | 0022 | Vàlvula automàtica | Vapor | G | 2205-102-200-10CA01B1 | 200 | Tuflin, XLD22 | Type: P235GH | K2597C |

| | | | | | | | | | | | |
|--------|------|------|----------------------|----|------------------|---|------------------------|-----|-------|------------|---------|
| PSV301 | 9.5* | 0022 | Vàlvula seguretat | de | Sosa càustica | L | 70900-303-150-10HD01B1 | 150 | Leser | ANSI 316Ti | Type447 |
|--------|------|------|----------------------|----|------------------|---|------------------------|-----|-------|------------|---------|

* La PSV està tarada a 9.5 bar

4.7. Disseny del bescanviador

L'objectiu principal és presentar un disseny tèrmic d'un sistema de bescanviadors de calor capaç d'escalfar sosa càustica fins a una temperatura 120°C amb els dos intercanviadors, aprofitant vapor generat a la planta de producció de MDI.

Per assolir aquest objectiu, es planteja un tren de dos bescanviadors de calor en sèrie, modelat mitjançant el programari *Aspen HYSYS*.

El primer bescanviador es dissenyarà completament de nou amb l'objectiu d'aprofitar el vapor amb contingut energètic limitat (1.4 bar), amb la finalitat d'aconseguir escalfar la sosa fins als 100°C. El segon bescanviador, ja existent a planta, s'analitzarà i redissenyarà amb *Aspen HYSYS* per adaptar-lo a les noves condicions operatives i completar l'escalfament fins als 120°C.

Per garantir que es compleixin els requeriments tèrmics del procés, es realitza un estudi energètic on s'analitza diferents escenaris de funcionament i es calcula l'eficiència energètica del sistema mitjançant el percentatge del vapor aprofitat respecte del total necessari.

Això ha permès comparar el rendiment dels diferents escenaris i escollir la configuració òptima des del punt de vista energètic.

4.7.1. Condicions de disseny

Per tal de definir amb precisió els paràmetres de funcionament òptims del sistema d'intercanviadors, s'ha utilitzat el programari de simulació *Aspen HYSYS*.

Aquesta eina ha permès analitzar amb detall el comportament tèrmic del sistema sota diferents condicions operatives, facilitant l'extracció de dades precises sobre temperatures, fluxos i balanços energètics.

En aquest apartat es presenten les condicions de disseny corresponents a l'escenari amb cabal màxim de sosa càustica, 54000 kg/h, i un subministrament de vapor de 2500 kg/h.

A continuació, es mostren les condicions d'operacions extremes de la simulació:

Taula 13. Condicions d'operació del primer bescanviador.

| Corrents | Sosa entrada | Sosa sortida | Vapor 1.4 bar | Condensat |
|--|--------------|--------------|---------------|-----------|
| Fracció de vapor | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000 |
| Temperatura (°C) | 79.00 | 99.41 | 109.3 | 106.4 |
| Pressió (bar) | 4.500 | 4.010 | 1.400 | 1.270 |
| Flux molar (kmol/h) | 2503 | 2503 | 138.8 | 138.8 |
| Flux molar (t/h) | 54.00 | 54.00 | 2.500 | 2.500 |
| Flux volumètric (m³/h) | 46.97 | 46.97 | 2.500 | 2.500 |

Un cop definides les condicions de funcionament, s'ha realitzat l'estudi de *rating* per tal de verificar que el bescanviador compleix amb els requisits tèrmics i mecànics del sistema. Aquestes anàlisis, també es realitzen mitjançant *Aspen HYSYS*, i permeten conèixer amb detall els paràmetres constructius, com el nombre de passos de tubs, les caigudes de pressió i altres dades rellevants del sistema. Cal destacar que, per assegurar un marge de seguretat adequat, s'ha assumit un sobredimensionant del 20% respecte a la superfície de transferència de calor teòrica requerida.

Taula 14. Configuració general

| Paràmetre | Descripció |
|--|-----------------|
| Nombre de passos pel costat carcassa | 1 |
| Nombre de carcasses en sèrie | 1 |
| Nombre de passos pel costat tubs | 2 |
| Orientació de l'intercanviador | Horitzontal |
| Direcció del flux en el primer pas de tubs | A contracorrent |
| Tipus TEMA | AEL |

Taula 15. Dades de transferència tèrmica i pèrdues de càrrega

| Paràmetre | Valor | Unitats |
|---|--------|-------------------------|
| Coefficient global d'intercanvi tèrmic | 5609 | (kJ/hm ² °C) |
| DP carcassa | 0.1300 | bar |
| DP tubs | 0.4900 | bar |
| Superfície d'intercanvi tèrmic per carcassa | 72.38 | m ² |

Taula 16. Volums i dimensions generals

| Paràmetre | Valor | Unitats |
|--------------------------------------|-------|----------------|
| Volum del feix de tubs per carcassa | 0.193 | m ³ |
| Volum del costat carcassa per unitat | 2.272 | m ³ |
| Diàmetre de la carcassa | 739.1 | mm |
| Nombre total de tubs per carcassa | 160 | - |

Taula 17. Configuració del paquet de tubs

| Paràmetre | Valor | Unitats |
|---------------------------------|------------------|---------|
| Pas entre tubs | 50.00 | mm |
| Angle de disposició dels tubs | Triangular (30°) | ° |
| Espai entre <i>baffles</i> | 800.0 | mm |
| Orientació entre <i>baffles</i> | Horitzontal | - |

Taula 18. Dimensions dels tubs

| Paràmetre | Valor | Unitats |
|---------------------------|-------|---------|
| Diàmetre exterior del tub | 20.00 | mm |
| Diàmetre interior del tub | 16.00 | mm |
| Gruix del tub | 2.000 | mm |
| Longitud del tub | 6.000 | mm |

4.7.2. Estudi energètic

En aquest apartat es duu a terme una anàlisi energètica de les diferents configuracions de funcionament del sistema d'intercanviadors, tenint en compte variacions en el cabal de sosa càustica i de vapor. L'objectiu és determinar quines combinacions permeten assolir la temperatura desitjada d'aproximadament 100°C amb el menor consum energètic possible, aprofitant al màxim el vapor de 1.4 bar i minimitzant la necessitat de vapor de 7 bar.

Els cabals que s'han analitzat en aquest estudi per al primer intercanviador WVO10 es mostren a continuació.

Taula 19. Paràmetres utilitzats per l'estudi energètic.

| Cas | Cabal sosa (kg/h) | Cabal vapor (kg/h) |
|----------|-------------------|--------------------|
| 1 | 48000 | 2000.0 |
| 2 | 54000 | 2000.0 |
| 3 | 41000 | 1900.0 |
| 4 | 54000 | 2500.0 |
| 5 | 54000 | 2019.0 |

Per avaluar l'impacte energètic de la incorporació del primer bescanviador (WVO10), s'ha realitzat una anàlisi del percentatge d'estalvi de vapor de 7 bar al segon intercanviador (WVO11). Aquest indicador permet quantificar quanta energia tèrmica pot ser recuperada mitjançant l'ús de vapor de baixa pressió en un estadi previ del procés. A continuació, es mostra la fórmula per al càlcul de l'estalvi.

$$\%Estalvi = \frac{Vapor\ aprofitat}{Vapor\ necessari} \cdot 100 \quad (4.7.1)$$

On:

- *Vapor aprofitat*: és la diferència entre el vapor de 7 bar que es necessita quan no hi ha existència del primer bescanviador i el vapor necessari de 7 bar quan hi ha un preescalfament en el primer bescanviador.
- *Vapor necessari*: és el vapor de 7 bar que es necessita amb l'existència del primer bescanviador o sigui amb un preescalfament inicial.

Taula 20. Resultats del estudi energètic

| Cas | Vapor necessari (kg/h) | Vapor aprofitat (kg/h) | % Estalviat |
|----------|------------------------|------------------------|-------------|
| 1 | 2681 | 2160 | 80.5 |
| 2 | 3286 | 2160 | 65.7 |
| 3 | 2083 | 2052 | 98.5 |
| 4 | 2747 | 2699 | 98.2 |
| 5 | 3266 | 2180 | 66.7 |

L'anàlisi dels diferents casos simulats posa de manifest la importància de trobar una configuració òptima de cabals per maximitzar l'aprofitament del vapor de baixa pressió i reduir la dependència del vapor de 7 bar, molt més costós a nivell energètic i econòmic.

Els **casos 3 i 4** destaquen clarament com els més eficients energèticament, ja que gairebé tota l'energia necessària per escalfar la sosa fins als 120 °C prové del vapor de baixa pressió, amb un estalvi proper al 100%.

En canvi, els casos 2 i 5 mostren una dependència elevada del vapor de 7 bar, fet que incrementa el cost energètic i disminueix la sostenibilitat del procés.

4.7.3. Proposta de millora: la nova tecnologia Vahterus

Amb l'objectiu de millorar l'eficiència energètica del sistema d'intercanviadors i optimitzar l'aprofitament del vapor de baixa pressió, s'ha considerat la implementació d'una tecnologia alternativa proposada gràcies a l'empresa J. Negre.

Els intercanviadors Vahterus estan formats per un paquet de plaques soldades inserides dins una carcassa cilíndrica. Aquest disseny permet una transferència de calor molt eficient, similar a la dels intercanviadors de plaques tradicionals, però amb la resistència mecànica i la seguretat pròpia dels intercanviadors de carcassa i tubs.

Aquesta tecnologia destaca per la seva alta eficiència tèrmica, gràcies al flux turbulent i a l'àmplia superfície de transferència de calor que ofereix el conjunt de plaques. El seu disseny compacte i tancat permet reduir significativament l'espai requerit, així com les pèrdues de calor i emissions.

Finalment, els intercanviadors Vahterus són versàtils i resistents, ideals per a treballar amb vapor i fluids agressius com la sosa càustica, fet que els converteix en una opció molt atractiva per substituir o complementar els intercanviadors tubulars convencionals.

4.7.4. Comparació de l'eficiència: Vahterus vs Tubulars

Tal com s'ha mencionat anteriorment, els intercanviadors Vahterus representen una alternativa innovadora als intercanviadors tubulars tradicionals. Gràcies al seu disseny, ofereixen una transferència de calor més eficient, amb menys pèrdues energètiques i un disseny molt més compacte. Per tal de l'il·lustrar de manera clara les diferències principals entre la tecnologia Vahterus i els intercanviadors de calor tradicionals, a continuació es mostra la següent imatge:

Tabla comparaciones entre Vahterus y Tubular

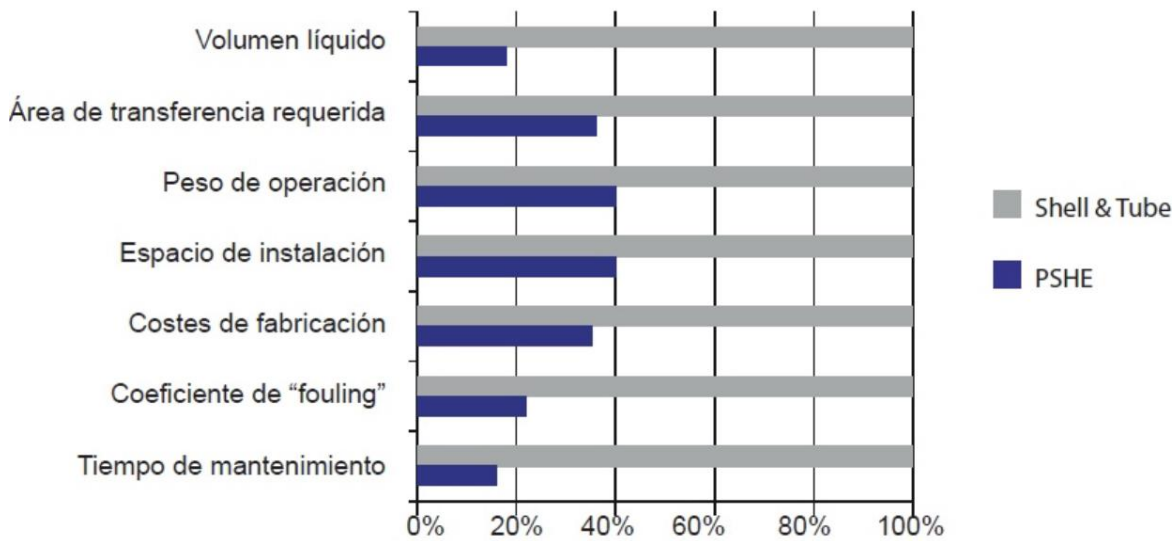


Figura 9. Comparació dels bescanviadors tubulars amb els bescanviadors Vahterus (ref. 9)

A més, s'ha realitzat un estudi comparatiu per avaluar l'eficiència energètica dels intercanviadors Vahterus en relació amb els intercanviadors de tub i carcassa convencionals. L'anàlisi s'ha dut a terme per diferents condicions de cabals de sosa càustica i vapor, simulant escenaris reals de funcionament.

Per tal de calcular l'eficiència energètica (%) de cada configuració, ha estat necessari determinar prèviament la calor absorbida en el costat fred (Q_{real}), així com la capacitat calorífica mínima (C_{min}) i la calor màxima teòrica que es podria transferir (Q_{max}). Aquestes magnituds permeten avaluar fins a quin punt s'està aprofitant l'energia disponible en el sistema d'intercanvi.

Primerament, es calcula la calor absorbida pel costat fred amb la següent equació 4.7.2 (ref. 10):

$$Q_{real} = m_{fred} \cdot C_{p_{fred}} \cdot (T_{sortida} - T_{entrada}) \quad (4.7.2)$$

On:

- m_{fred} : és el cabal màssic del fluid fred (sosa càustica) en kg/s
- $C_{p_{fred}}$ és la seva capacitat calorífica (J/kg·K)
- $(T_{sortida} - T_{entrada})$: són les temperatures de sortida i entrada del corrent fred

Seguidament, per estimar el màxim calor que es podria transferir a l'intercanviador, es necessita determinar la capacitat calorífica (C_{min}).

$$C_{min} = m_{fred} \cdot C_{p_{fred}} \quad (4.7.3)$$

- m_{fred} : és el cabal màssic del fluid fred (sosa càustica) en kg/s
- $C_{p_{fred}}$ és la seva capacitat calorífica (J/kg·K)

Finalment, per determinar l'eficiència energètica màxima assolible, es calcula la màxima calor que es podria transferir si el fluid fred assolís la temperatura del fluid calent a l'entrada.

$$Q_{max} = C_{min} \cdot (T_{calent}(entrada) - T_{fred}(entrada)) \quad (4.7.4)$$

On:

C_{min} : és la menor capacitat entre els dos corrents (kW)

$(T_{calent}(entrada) - T_{fred}(entrada))$: la diferència de les temperatures d'entrada dels corrents.

Tot seguit, es mostren les taules amb els resultats de la transferència tèrmica:

Taula 21. Resultats obtinguts pel bescanviador tubs i carcassa.

| Cabals estudiats (kg/h) | Q_{real} (kW) | C_{min} (kW/K) | Q_{max} (kW) |
|-------------------------|-----------------|------------------|----------------|
| 48000-2000 | 382.3 | 20.80 | 630.2 |
| 54000-2000 | 382.4 | 23.40 | 709.0 |
| 41000-2000 | 381.9 | 17.70 | 538.3 |
| 54000-2620 | 500.8 | 23.40 | 709.0 |
| 54000-2019 | 386.1 | 23.40 | 709.0 |

Taula 22. Resultats obtinguts pel bescanviador Vahterus.

| Cabals estudiats (kg/h) | Q_{real} (kW) | C_{min} (kW/K) | Q_{max} (kW) |
|-------------------------|-----------------|------------------|----------------|
| 48000-2000 | 471.3 | 20.80 | 644.8 |
| 54000-2000 | 471.3 | 23.40 | 725.4 |
| 41000-2000 | 471.3 | 17.70 | 550.7 |
| 54000-2620 | 620.8 | 23.40 | 725.4 |
| 54000-2019 | 475.7 | 23.40 | 725.4 |

Per tal d'avaluar el rendiment dels diferents escenaris simulats, s'ha calculat l'eficiència energètica del sistema mitjançant la següent expressió:

$$\varepsilon = \frac{Q_{real}}{Q_{max}} \cdot 100 \quad (4.7.5)$$

On:

Q_{real} : és la calor real transferit al corrent fred (sosa càustica) en kW

$Q_{màx}$: és el màxim calor transferible en kW

Aquest càlcul permet obtenir un percentatge d'eficiència per a cada combinació de cabals analitzats.

A continuació es mostren els resultats obtinguts:

Taula 23. Comparació d'eficiència.

| Cabals de estudiats (kg/h) | VAHTERUS (%) | TUBS/CARCASSA (%) |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------------|
| 48000-2000 | 73.09 | 60.66 |
| 54000-2000 | 64.96 | 53.92 |
| 41000-2000 | 85.58 | 70.95 |
| 54000-2620 | 85.58 | 70.62 |
| 54000-2019 | 65.58 | 54.45 |

Tal com es pot observar, en tots els casos estudiats, els intercanviadors Vahterus mostren una eficiència notablement superior a la dels intercanviadors tubulars. Les diferències oscil·len entre un 10% i un 15%, amb punts màxims que superen el 85% d'aprofitament del vapor disponible.

Aquesta millora es deu principalment a la seva capacitat per mantenir un flux més turbulent, evitar punts morts i optimitzar la transferència tèrmica fins i tot en condicions de cabals elevats o fluids com la sosa càustica. Veure l'Annex A.1 , amb totes les fitxes tècniques.

4.7.5. Full d'especificació Vahterus del primer bescanviador

VAHTERUS

24 April 2025

Offer Number: A25-29-8631A
 Position no.: A25-29-8631-1
 Operating case: Design case max
 Offer by: Virpi Ääritalo

Customer: J. Negre C., S.L.
 Project:
 Reference: 251147360 - covestro
 Item name/no.: Condenser

Plate & Shell Heat Exchanger
Type PSHE: 4LL-264/3/1
Condenser

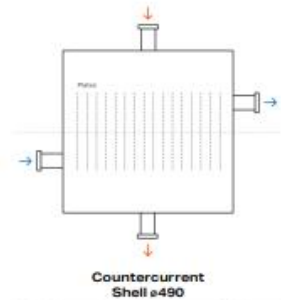
Thermal Design

| | | |
|--------------------|--------------------|---------|
| Capacity | kW | 1622.84 |
| Heat transfer area | m ² | 42.49 |
| Logarithmic mean T | °C | 13.8 |
| K-value | W/m ² K | 2767.78 |
| Fouling factor | m ² K/W | |
| Excess Design/Area | % | .1/0 |

| | | Plate Side (Cold) | Shell Side (Hot) |
|------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| Temp.IN | °C | 79 | 110 |
| Temp.OUT | °C | 105.39 | 110 |
| Condensing temperature | °C | | 110 |
| Flow rate | kg/h | 54000 | 2620 |
| Pressure drop | kPa | 50.96 | 0.84 |
| Liquid volume | dm ³ | 46.52 | 65.36 |

Medium

| | | 30-m% NaOH | WATER (1.43 bar(a)) |
|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| Dynamic viscosity | cP | 2 | |
| Specific gravity | kg/m ³ | 1130 | |
| Specific heat | J/kgK | 4100 | |
| Thermal conductivity | W/mK | 0.72 | |



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

| Connections | Size (DN) | Nb. of pieces | Velocity (m/s) |
|--------------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| Plate side IN | 80 | 1 | 2.78 |
| Plate side OUT | 80 | 1 | 2.78 |
| Shell side IN | 200 | 1 | 26.29 |
| Shell side OUT | 50 | 1 | 0.36 |

4.7.6. Disseny del segon bescanviador

Com s'ha mencionat anteriorment, s'ha dissenyat un segon bescanviador del tipus tub i carcassa amb l'objectiu d'aconseguir que la sosa càustica assoleixi la temperatura final desitjada de 120°C. En aquest cas, el corrent d'entrada correspon a la sortida del primer bescanviador, i s'utilitza vapor a 7 bar com a font calenta per completar l'aportació energètica necessària.

Per tal de definir el comportament tèrmic i les característiques del bescanviador, s'ha establert unes condicions de disseny específiques, les quals es recullen a la taula següent.

Taula 24. Condicions de disseny del segon bescanviador.

| Corrents | Sosa 79°C | Sosa 120°C | Vapor 7 bar | Condensat 7 bar |
|-------------------------------------|-----------|------------|-------------|-----------------|
| Fracció de vapor | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000 |
| Temperatura (°C) | 99.41 | 120.0 | 164.3 | 162.0 |
| Pressió (bar) | 4.010 | 3.88 | 7.000 | 6.510 |
| Flux molar (kgmol/h) | 2503 | 2503 | 152.5 | 152.5 |
| Flux molar (kg/h) | 54000 | 54000 | 2747 | 2747 |
| Flux volumètric (m ³ /h) | 46.97 | 46.97 | 2.750 | 2.750 |

A continuació, també s'ha dut a terme un estudi del *rating*, on s'han determinat les principals variables de disseny tèrmic i mecànic. Per tal de garantir un funcionament segur i fiable del bescanviador, s'ha aplicat un marge addicional del 20% sobre la superfície de transferència de calor calculada, amb l'objectiu de prevenir possibles desviacions o incerteses en les condicions reals d'operació.

Taula 25. Configuració general

| Paràmetre | Descripció |
|--|-----------------|
| Nombre de passos pel costat carcassa | 1 |
| Nombre de carcasses en sèrie | 1 |
| Nombre de passos pel costat tubs | 2 |
| Orientació de l'intercanviador | Horitzontal |
| Direcció del flux en el primer pas de tubs | A contracorrent |
| Tipus TEMA | AEL |

Taula 26. Dades de transferència tèrmica i pèrdues de càrrega.

| Paràmetre | Valor | Unitats |
|---|-------|------------------------|
| Coefficient global d'intercanvi tèrmic | 1782 | kJ/h·m ² °C |
| DP carcassa | 0.490 | bar |
| DP tubs | 0.130 | bar |
| Superfície d'intercanvi tèrmic per carcassa | 60.20 | m ² |

Taula 27. Volums i dimensions generals.

| Paràmetre | Valor | Unitats |
|--------------------------------------|-------|----------------|
| Volum del feix de tubs per carcassa | 0.193 | m ³ |
| Volum del costat carcassa per unitat | 2.272 | m ³ |
| Diàmetre de la carcassa | 739.1 | mm |
| Nombre total de tubs per carcassa | 160.0 | - |

Taula 28. Configuració del paquet de tubs.

| Paràmetre | Valor | Unitats |
|---------------------------------|------------------|---------|
| Pas entre tubs | 50 | mm |
| Angle de disposició dels tubs | Triangular (30°) | ° |
| Espai entre <i>baffles</i> | 800 | mm |
| Orientació entre <i>baffles</i> | Horitzontal | - |

Taula 29. Dimensions dels tubs.

| Paràmetre | Valor | Unitats |
|---------------------------|-------|---------|
| Diàmetre exterior del tub | 20.00 | mm |
| Diàmetre interior del tub | 16.00 | mm |
| Gruix del tub | 2.000 | mm |
| Longitud del tub | 6.000 | mm |

No obstant això, tenint en compte l'alta eficiència tèrmica i el nivell de seguretat que ofereixen els bescanviadors de plaques Vahterus, com ja es va comprovar en el disseny del primer bescanviador, s'ha considerat reavaluar l'elecció del segon equip.

En vista dels bons resultats obtinguts i de la confiança en el rendiment d'aquesta tecnologia, s'ha tornat a contactar amb el fabricant Vahterus per estudiar la possibilitat de substituir també aquest segon bescanviador per un model de plaques de la mateixa marca. En aquesta ocasió, s'ha fixat l'àrea de transferència tèrmica (expressada en m²) com a paràmetre principal per garantir una eficiència energètica màxima.

En el nostre cas particular, el fet de poder assolir un valor similar de transferència tèrmica (kW) amb una àrea d'intercanvi menor és clarament avantatjós. Això és possible a què presenten coeficients de transferència de calor molt superiors als dels bescanviadors tradicionals de tubs i carcassa. Aquesta reducció d'àrea no només implica un equip més compacte i fàcil d'integrar a la instal·lació, sinó que consta d'una menor pèrdua de calor cap a l'exterior.

A continuació, es mostra una taula amb els valors adquirits:

Taula 30. Àrees de transferència del segon bescanviador.

| Cabals estudiats (Sosa-Vapor en kg/h) | Capacitat (kW) | Àrea de transferència (m²) |
|--|-----------------------|--|
| 48000-1760.69 | 1001 | 8.560 |
| 54000-2255.42 | 1283 | 8.560 |
| 41000-1186.72 | 675.0 | 8.560 |
| 54000-1579.66 | 898.5 | 8.560 |
| 54000-2232.16 | 1269 | 8.560 |

Finalment, a partir de l'estudi realitzat i l'anàlisi comparativa de les dues opcions tecnològiques, s'ha conclòs que tant per al primer com per al segon bescanviador, la millor opció és la implementació d'intercanviadors de plaques Vahterus. Aquesta decisió permet no només assolir les condicions tècniques requerides amb una major eficiència, sinó també aconseguir un estalvi significatiu en el consum del vapor, fet que repercuteix directament en la reducció dels costos operatius de la planta.

4.7.7. Full d'especificació Vahterus del segon bescanviador

VAHTERUS

24 April 2025

| | | | |
|----------------|-----------------|---------------|----------------------|
| Offer Number | A25-29-8631A | Customer | J. Negre C., S.L. |
| Position no. | A25-29-8631A-2 | Project | |
| Operating case | Design case max | Reference | 251147360 - covestro |
| Offer by | Virpi Ääritalo | Item name/no. | Condenser |

Plate & Shell Heat Exchanger
Type PSHE: 4LL-54/1/1
Condenser

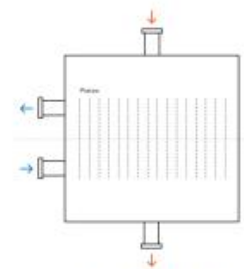
Thermal Design

| | | |
|--------------------|--------------------|----------|
| Capacity | kW | 898.51 |
| Heat transfer area | m ² | 8.56 |
| Logarithmic mean T | °C | 57.36 |
| K-value | W/m ² K | 1828.95 |
| Fouling factor | m ² K/W | |
| Excess Design/Area | % | 45.1/125 |

| | | Plate Side (Cold) | Shell Side (Hot) |
|------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| Temp.IN | °C | 105.39 | 170.41 |
| Temp.OUT | °C | 120 | 170.41 |
| Condensing temperature | °C | | 170.41 |
| Flow rate | kg/h | 54000 | 1579.66 |
| Pressure drop | kPa | 27.57 | 1.71 |
| Liquid volume | dm ³ | 9.52 | 13.37 |

Medium

| | | 30-m% NaOH | WATER (8.00 bar(a)) |
|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| Dynamic viscosity | cP | 1.53 | |
| Specific gravity | kg/m ³ | 1116.59 | |
| Specific heat | J/kgK | 4099 | |
| Thermal conductivity | W/mK | 0.73 | |



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

| Connections | Size (DN) | Nb. of pieces | Velocity (m/s) |
|--------------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| Plate side IN | 80 | 1 | 2.82 |
| Plate side OUT | 80 | 1 | 2.82 |
| Shell side IN | 100 | 1 | 11.71 |
| Shell side OUT | 50 | 1 | 0.23 |

4.8. Disseny de canonades

Es dissenyen les canonades per tal de transportar el vapor fins a la planta d'ELO, així com les canonades del transport de sosa càustica entre els bescanviadors de calor. Per cada compost es dissenya un tipus de canonada diferent degut la naturalesa del fluid.

4.8.1. Criteris pel dimensionament de canonades

Per evitar una pèrdua de càrrega massa elevada, es determina que la velocitat màxima pels líquids és 1 m/s, mentre que la velocitat teòrica pels gasos és de 20 m/s.

4.8.2. Dimensionament de canonades

Inicialment, es tenen en compte els cabals màxims que han de suportar les canonades, així mateix assumit una velocitat del fluid es calcula l'àrea de pas amb l'equació 4.8.1. (ref. 11)

$$Q = v \cdot A \quad (4.8.1)$$

On Q és el cabal volumètric en m^3/s , v és la velocitat en m/s i A és l'àrea en m^2 .

Taula 31. Cabals, velocitats i àrees calculades dels corrents.

| Corrent | Cabal (m^3/s) | Velocitat (m/s) | Àrea (m^2) |
|-----------------------|-------------------|-----------------|----------------|
| Vapor saturat 1.4 bar | 0.9654 | 20.00 | 0.04827 |
| Condensat 7 bar | 0.001534 | 1.000 | 0.001534 |
| Vapor saturat 7 bar | 0.4409 | 20.00 | 0.02204 |
| Sosa càustica | 0.01415 | 1.000 | 0.01415 |

Una vegada obtinguda l'àrea de pas, es calcula el radi de la canonada amb l'equació 4.8.2, i consegüentment, el diàmetre.

$$A = \pi \cdot r^2 \quad (4.8.2)$$

A continuació es presenta el resultat obtingut, l'empresa proporciona taules per conèixer el diàmetre real de la canonada.

Taula 32. Diàmetres i espessors de les canonades.

| Corrent | Diàmetre calculat (mm) | Diàmetre real (mm) | Diàmetre exterior (mm) | Gruix de paret (mm) |
|-----------------------|------------------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| Vapor saturat 1.4 bar | 247.9 | 250.0 | 273.0 | 6.300 |
| Condensat 7 bar | 31.65 | 50.00 | 60.30 | 2.900 |
| Vapor saturat 7 bar | 167.5 | 200.0 | 219.1 | 4.500 |
| Sosa càustica | 134.2 | 150.0 | 168.3 | 2.600 |

Una vegada obtinguts els diàmetres reals, es torna a calcular amb l'equació 4.8.1 per obtenir les velocitats reals dels fluids.

Taula 33. Velocitats reals dels fluids en les canonades.

| Corrent | Velocitat (m/s) |
|-----------------------|-----------------|
| Vapor saturat 1.4 bar | 16.40 |
| Condensat 7 bar | 0.270 |
| Vapor saturat 7 bar | 11.69 |
| Sosa càustica | 0.6600 |

4.8.3. Pèrdues de càrrega

Les pèrdues de càrrega en una canonada representen la pèrdua de pressió o d'energia que té un fluid quan circula per la canonada. Aquestes pèrdues es poden classificar en pèrdues majors o de fricció, i pèrdues menors, degudes a elements de la canonada com per exemple, vàlvules.

Per calcular les pèrdues de càrrega majors s'utilitza la fórmula de *Darcy* descrita a l'equació 4.8.5, prèviament es calculen el nombre de Reynolds per determinar el règim del flux amb l'equació 4.8.3, així com el factor de fricció amb l'equació 4.8.4. (ref. 12)

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D_i}{\mu} \quad (4.8.3)$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (4.8.4)$$

$$h_L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4.8.5)$$

Respecte a les pèrdues de càrrega menors es calculen mitjançant l'equació d'altura cinètica 4.8.6.

$$h_S = K_S \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4.8.6)$$

Finalment, una vegada obtingudes les pèrdues de càrrega majors i menors, se sumen per obtenir la pèrdua de càrrega total com s'observa a l'equació 4.8.7.

$$h_{total} = h_L + h_S \quad (4.8.7)$$

Taula 34. Dades i resultats obtinguts de la pèrdua de càrrega del vapor saturat.

| Dades | Valor |
|-------------------------------------|----------------------|
| ρ_{fluid} (kg/m ³) | 0.8200 |
| Diàmetre exterior (mm) | 273.0 |
| Velocitat (m/s) | 16.49 |
| Viscositat (Pa.s) | $4.07 \cdot 10^{-4}$ |
| Reynolds | $8.64 \cdot 10^3$ |
| Longitud (m) | 182.0 |
| Espessor (mm) | 4.500 |
| Factor de fricció | 0.046 |
| Pèrdua de càrrega total (bar) | $3.65 \cdot 10^{-2}$ |

Taula 35. Dades i resultats obtinguts de la pèrdua de càrrega de la sosa càustica.

| Dades | Valor |
|--|----------------------|
| ρ_{fluid} (kg/m ³) | 1060 |
| Diàmetre exterior (mm) | 168.3 |
| Velocitat (m/s) | 0.6400 |
| Viscositat (Pa.s) | $4.69 \cdot 10^{-4}$ |
| Reynolds | $2.35 \cdot 10^5$ |
| Longitud (m) | 10.00 |
| Espessor (mm) | 2.600 |
| Factor de fricció | 0.044 |
| Pèrdua de càrrega total (bar) | $6.68 \cdot 10^{-3}$ |

4.8.4. Material

A continuació es realitza un estudi per determinar el material de les canonades de vapor sobreescalfat i de sosa càustica.

4.8.4.1. Canonada de vapor

A la taula 36 es detallen les condicions del fluid a transportar.

Taula 36. Condicions de la canonada de vapor saturat.

| Paràmetre | Valor |
|----------------------------|---------------|
| Fluid | Vapor saturat |
| Pressió de servei (bar) | 1.4 |
| Temperatura de servei (°C) | 110 |
| Règim de funcionament | Continu |

A la indústria existeixen materials metàl·lics o plàstics, en aquest cas com es treballa amb vapor es decideix treballar amb un material metàl·lic d'acer al carboni.

Hi ha gran varietat d'acers al carboni, entre els quals segons la seva composició es troben: acers de baix contingut de carboni, acers de mitjà contingut de carboni i acers d'alt contingut de carboni. En aquest cas, es treballa amb acers de baix contingut de carboni, els avantatges dels quals són (ref. 13):

- Fàcils de soldar i de mecanitzar
- Alta ductilitat i tenacitat
- Baix cost de producció i alta disponibilitat en el mercat
- Versatilitat d'ús, com per exemple canonades i recipients a pressió

En concret, s'escull el material P235GH. Segons la normativa té una tensió admissible de 235 MPa i una temperatura d'operació màxima entre 400-450°C. Per tant, segons la temperatura de treball del vapor saturat, no hi haurà risc d'esgotament tèrmic.

4.8.4.2. Canonada de sosa càustica

A la taula 37 es detallen les condicions del fluid.

Taula 37. Condicions de la canonada de sosa càustica.

| Paràmetre | Valor |
|-----------------------------|---------------|
| Fluid | Sosa càustica |
| Concentració | 30% |
| Estat | Líquid |
| Pressió de servei (bar) | 4.500 |
| Temperatura d'operació (°C) | 79-120 |
| Règim de funcionament | Continu |

Segons la fitxa tècnica del compost que es troba a l'annex A.4, la sosa càustica és un compost altament corrosiu, per tant, no es pot utilitzar un acer al carboni, ja que es corroiria ràpidament. Per aquest motiu, es decideix treballar amb un acer inoxidable, es fa una comparativa entre els materials més típics a la taula 38.

Taula 38. Taula comparativa d'acers inoxidables típics per l'elecció del material de la canonada. (ref. 14)

| Material | Resistència a NaOH | Temperatura màxima (°C) | Observacions |
|-------------|--------------------|-------------------------|--|
| AISI 304 | Insuficient | 870 | No resistent a NaOH al 30% a més de 60°C |
| AISI 316 | Limitada | 425 | Millor resistència que AISI 304. |
| AISI 316 Ti | Bona | 870 | Presenta una resistència millorada a la corrosió intergranular i alcalina. |
| Hastelloy | Excel·lent | >1000 | Altament resistent a la corrosió, molt car. |

El material Hastelloy presenta millor resistència a la corrosió, però per no sobredimensionar la canonada i evitar una despesa econòmica innecessària, el material escollit per la canonada de la sosa càustica és l'acer inoxidable 316 Ti.

4.8.5. Aïllament tèrmic

La instal·lació d'aïllament tèrmic a les canonades és una mesura per protegir la seguretat del personal així com per millorar l'eficiència energètica del procés.

En la canonada de vapor, és imprescindible l'aïllament per evitar la condensació del vapor, ja que en cas de produir-se, l'aigua en la línia pot afectar el rendiment dels bescanviadors i produir cops d'ariet. Respecte a la canonada de sosa càustica, es realitza la instal·lació d'aïllament per mantenir la temperatura del fluid i per prevenir la corrosió.

S'utilitzarà llana de roca perquè és econòmica, fàcil d'instal·lar i a més a més, pot arribar a temperatures de 1000°C, molt per damunt de la necessària en aquesta instal·lació. A continuació es presenta una taula per tal d'escollir el gruix d'aïllant adient a cadascuna de les canonades.

Taula 39. Espessor de l'aïllament en funció del diàmetre exterior i de la temperatura del fluid. (ref. 15)

| Diàmetre exterior (mm) | Espessor mínim de l'aïllament en funció de la temperatura màxima del fluid (mm) | | |
|-----------------------------|---|----------|-----------|
| | 40-60 °C | 60-100°C | 100-180°C |
| $\varnothing \leq 60$ | 30 | 30 | 40 |
| $60 < \varnothing \leq 90$ | 30 | 30 | 40 |
| $90 < \varnothing \leq 140$ | 30 | 40 | 50 |
| $140 < \varnothing$ | 35 | 40 | 50 |

Segons les dades proporcionades per l'empresa a la taula 40 s'escull el gruix d'aïllant corresponent a cadascuna de les canonades.

Taula 40. Gruix de l'aïllant en cadascuna de les canonades.

| Corrent | Diàmetre nominal (mm) | Diàmetre exterior (mm) | Temperatures (°C) | Gruix d'aïllant (mm) |
|---------------|-----------------------|------------------------|-------------------|----------------------|
| Vapor saturat | 250.0 | 273.0 | 100-170 | 50.00 |
| Sosa càustica | 150.0 | 168.3 | 79.0-120 | 50.00 |
| Condensat | 50.00 | 60.30 | 100-170 | 40.00 |

4.8.6. Disseny d'accessoris

A continuació s'estudia l'adaptació de les canonades tenint en compte les connexions dels bescanviadors Vahterus.

Taula 41. Diàmetres de les entrades als bescanviadors de Vahterus.

| Corrent | Diàmetre de canonada (mm) | Diàmetre de les connexions de WVO10 (mm) | Diàmetre de les connexions de WVO11 (mm) |
|-------------------------|---------------------------|--|--|
| Vapor saturat (1.4 bar) | 250.0 | 200.0 | - |
| Condensat | 50.00 | 50.00 | - |
| Vapor saturat (7 bar) | 200.0 | - | 100.0 |
| Condensat | 50.00 | - | 50.00 |
| Sosa càustica | 150.0 | 80.00 | 80.00 |

Per tal de connectar de manera correcta les canonades amb l'entrada dels bescanviadors s'afegeixen reductors, d'aquesta manera s'eviten problemes de flux, sobrepressió i esforços mecànics. Per connectar els diferents trams de canonada també s'utilitzaran colzes i bifurcacions.

Per altra banda, les unions entre canonades i les diferents vàlvules es realitzarà mitjançant brides locals. La fixació de les brides locals amb cadascun dels accessoris es farà mitjançant cargols.

A continuació, s'esmenten les normes estandarditzades dels diferents accessoris presents en les canonades.

Taula 42. Normes de disseny d'accessoris i unions.

| Ítem | Accessoris | | | Unions | | | |
|----------------|-------------|-------------|------------|---------------|-----------|---------|-----------|
| | Colzes | Reductor | Bifurcació | Brides locals | | Cargols | |
| Norma, capítol | WN 1057, 10 | WN 1057, 10 | WN 1057, 5 | DN 10 | DN 21057, | DN 10 | DN 21057, |

A continuació, s'enllisten els accessoris i les unions en cadascuna de les canonades.

Taula 43. Llistats dels accessoris.

| Línia | Accessoris | | | | | | | |
|------------------------|-------------|------------|---------|------------|------------|---------|------------|---------|
| | Colzes | | | Reductors | | | Bifurcació | |
| | Tipus | Material | Unitats | Tipus | Material | Unitats | Material | Unitats |
| 2205-101-250-10CA01B1 | 90° tipus A | P235GH | 6 | Concèntric | P235GH | 2 | P235GH | 5 |
| 70900-301-150-10HD01B1 | 90° tipus A | AISI 316Ti | 1 | Concèntric | AISI 316Ti | 2 | AISI 316Ti | 2 |
| 1415-201-50-10CA03B1 | 45° tipus A | P235GH | 2 | - | - | - | P235GH | 4 |
| 70900-302-150-10HD01B1 | 90° tipus A | AISI 316Ti | 1 | Concèntric | AISI 316Ti | 2 | AISI 316Ti | 2 |
| 2205-102-200-10CA01B1 | 90° tipus A | P235GH | 2 | Concèntric | P235GH | 2 | P235GH | 2 |
| 1415-202-50-10CA03B1 | 45° tipus A | P235GH | 2 | - | - | - | P235GH | 4 |
| 70900-303-150-10HD01B1 | 90° tipus A | AISI 316Ti | 2 | Concèntric | AISI 316Ti | 1 | AISI 316Ti | 2 |
| 70900-304-150-10HD01B1 | 90° tipus A | AISI 316Ti | 2 | - | - | - | AISI 316Ti | 1 |
| 70900-305-150-10HD01B1 | 90° tipus A | AISI 316Ti | 2 | - | - | - | AISI 316Ti | 1 |

Taula 44. Llistat de connexions a les canonades.

| Línia | Connexió | | | |
|------------------------|------------|---------|------------|---------|
| | Brida | | Cargols | |
| | Material | Unitats | Material | Unitats |
| 2205-101-250-10CA01B1 | P265GH | 32 | 25CrMo4 | 256 |
| 70900-301-150-10HD01B1 | AISI 316Ti | 5 | Alloy A286 | 40 |
| 1415-201-50-10CA03B1 | P265GH | 2 | 25CrMo4 | 16 |
| 70900-302-150-10HD01B1 | AISI 316Ti | 2 | Alloy A286 | 16 |
| 2205-102-200-10CA01B1 | P265GH | 5 | 25CrMo4 | 40 |
| 1415-202-50-10CA03B1 | P265GH | 2 | 25CrMo4 | 16 |
| 70900-303-150-10HD01B1 | AISI 316Ti | 3 | Alloy A286 | 24 |
| 70900-304-150-10HD01B1 | AISI 316Ti | 5 | Alloy A286 | 40 |
| 70900-305-150-10HD01B1 | AISI 316Ti | 5 | Alloy A286 | 40 |

4.9. Disseny de la vàlvula de control

Per la correcta selecció i dimensionament de la vàlvula de control, cal determinar prèviament els valors del coeficient de cabal (K_v en sistema mètric o C_v en sistema imperial), així com el cabal volumètric, la densitat del fluid i la caiguda de pressió desitjada al pas pel dispositiu.

Aquests paràmetres permeten caracteritzar el comportament hidràulic de la vàlvula i assegurar-ne un funcionament òptim dins les condicions de treball establertes.

Es va predeterminar una pèrdua de càrrega de 0.20 bar per garantir una regulació més precisa.

Taula 45. Dades principals de l'Aspen Hysys.

| Estat | Líquid |
|-----------------------------|---------------|
| Fluid | Condensat |
| Q_v (m ³ /h) | 41.75 |
| ρ (kg/m ³) | 953.2 |
| P entrada (bar) | 1.400 |
| P sortida (bar) | 1.200 |

A continuació es mostra les equacions que s'ha utilitzat per obtenir els valors de C_v i K_v (ref. 16):

$$K_v = Q \cdot \sqrt{\frac{1 \text{ bar}}{\Delta P}} \cdot \frac{\rho}{1000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} \quad (4.9.1)$$

$$C_v = 1.165 \cdot K_v \quad (4.9.2)$$

Taula 46. Valors obtinguts de K_v i C_v

| Paràmetre | Valors |
|---------------------------|---------------|
| K_v (m ³ /h) | 91.14 |
| C_v | 106.2 |

Com a resultat del procés de selecció tècnica, s'ha optat per una vàlvula de control del tipus H2421P, subministrada per *Tuflin/XOMOX* del tipus *Plug Valve*, referència 127-ISO, els quals s'adapten als requisits del sistema.

Aquesta vàlvula presenta les següents característiques tècniques, veure l'Annex A.2.

Taula 47. Especificacions de la vàlvula controladora

| | |
|---------------------------------------|--|
| Codi de la vàlvula | H2421P |
| Tipus | <i>Plug Valve</i> |
| Norma de fabricació | de WN 8463-188 (2018-05-04) |
| Connexió de brides | PN 16 (DN 65 to DN 150) according to DIN EN 1092-1 (B1) |
| Material del cos | 1.4408 |
| Rang de temperatures | de -10 °C a + 200 °C |
| Actuador | Palanca manual o engranatge sense fi, opcional: extensió de l'eix de funcionament (palanca en T) |
| Diàmetres nominals disponibles | DN 65 a DN 200 |
| Aplicació | Vàlvula d'obrir o tancar amb protecció contra la càrrega estàtica. |

Aquesta vàlvula ha estat seleccionada conforme als estàndards europeus (EU) i incorpora components interns com PTFE, un material altament resistent als productes químics agressius com la sosa càustica (NaOH), cosa que garanteix la compatibilitat amb les condicions de procés especificades.

4.9.1.1. Full d'especificacions per a la vàlvula de control

| | | | | | | |
|----|---------------------------------|-----------|--------------------------------------|--|-----------|--------|
| 1 | PROYECTO | | ESPECIFICACIÓN | | Nº | |
| 2 | | | | | HOJA Nº | 1 de 1 |
| 3 | EMPRESA | COVESTRO | Válvula de Seguridad | | FECHA | |
| 4 | FÁBRICA | | | | PREPARADO | |
| 5 | PLANTA | ELO PLANT | COVESTRO | | REVISADO | |
| 6 | | | | | APROBADO | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | ITEM | | | | | |
| 9 | REFERENCIA P&ID | | | | | |
| 10 | SERVICIO | | Sortida de la sosa càustica a 120 °C | | | |
| 11 | EQUIPO PROTEGIDO | | Segon bescanviador | | | |
| 12 | PRESION DISEÑO EQUIPO PROTEGIDO | bar | 4.01 | | | |
| 13 | ESCENARIO PARA DIMENSIONADO | | | | | |
| 14 | FASE | | Liquid Sosa Càustica | | | |
| 15 | | | | | | |
| 16 | PRESIÓN DISPARO | bar | 9 | | | |
| 17 | PRESIÓN DISPARO + SOBREPRESIÓN | bar | 9.5 | | | |
| 18 | | | | | | |
| 19 | | | | | | |
| 20 | CONTRAPRESIÓN DEL SISTEMA | bar | constant | | | |
| 21 | CONTRAPRESIÓN MÁXIMA | % | 10 | | | |
| 22 | | | | | | |
| 23 | PRESIÓN DE ENTRADA | bar | 4.01 | | | |
| 24 | TEMPERATURA ENTRADA | °C | 110 | | | |
| 25 | | | | | | |
| 26 | Fase GAS | | | | | |
| 27 | CAUDAL | kg/h | | | | |
| 28 | DENSIDAD | kg/m3 | | | | |
| 29 | VISCOSIDAD | cP | | | | |
| 30 | PESO MOLECULAR | | | | | |
| 31 | RELACIÓN CP/CV | | | | | |
| 32 | FACTOR COMPRESIBILIDAD Z | | | | | |
| 33 | | | | | | |
| 34 | Fase LÍQUIDA | | | | | |
| 35 | CAUDAL | kg/h | 41000-54000 | | | |
| 36 | DENSIDAD | kg/m3 | 1060 | | | |
| 37 | VISCOSIDAD | cP | 0.407 | | | |
| 38 | PRESIÓN VAPOR | bar | | | | |
| 39 | | | | | | |
| 40 | | | | | | |
| 41 | VÁLVULA | | | | | |
| 42 | ÁREA CALCULADA | mm2 | 43,48 | | | |
| 43 | TAMAÑO REQUERIDO | | | | | |
| 44 | | | | | | |
| 45 | | | | | | |
| 46 | | | | | | |
| 47 | Notas | | | | | |

4.10. Disseny de la vàlvula de seguretat

Per al disseny i la selecció del model de la vàlvula de seguretat, és necessari determinar els valors del cabal de descàrrega, la diferència de pressió entre l'entrada i la sortida, així com la gravetat específica de la sosa càustica (NaOH). La vàlvula de seguretat es preveu instal·lar en la sortida del segon bescanviador, on el fluid surt a una temperatura de 120°C.

A continuació, es recullen els valors necessaris per al càlcul del coeficient de cabal Cv de la vàlvula de seguretat.

Taula 48. Dades principals de l'Aspen Hysys.

| Fluid | Sosa càustica |
|-------------------------|---------------|
| Qv (m ³ /h) | 41.75 |
| P entrada (bar) | 4.010 |
| P sortida (bar) | 3.880 |
| SG, gravetat específica | 1.280 |

El càlcul realitzat té com a objectiu determinar el valor del coeficient de cabal de Cv a partir dels valors definits anteriorment, amb la finalitat de dissenyar i seleccionar un bon diàmetre nominal per la vàlvula.

Seguidament, es mostra l'equació per calcular la Cv (ref. 17) (ref. 18):

$$Cv = Q \cdot \sqrt{\frac{SG}{\Delta P}} \quad (4.10.1)$$

Taula 49. Valors obtinguts de Kv i Cv

| Paràmetre | Valors |
|------------------------|--------|
| Cv (m ³ /h) | 131 |
| DN (mm) | 80.0 |

El diàmetre nominal s'escull en base a una obertura de la vàlvula del 100% que es dona a través d'una taula d'especificacions (ref. 19) que és de 136. En aquest cas, el càlcul de Cv resulta un valor de 131 m³/h, però de totes formes s'agafa un DN 80 per raons de seguretat.

Per garantir la seguretat del segon bescanviador, s'ha considerat un escenari de sobrepressió en el qual es podria produir un excés de pressió per una fallada del control del vapor. Per aquest motiu, la vàlvula de seguretat (PSV301) s'ha dimensionat assumint que l'equip té una pressió de disseny de 10 bar, per tant, la vàlvula s'ha tarat a 9.5 bar per raons de seguretat.

4.10.1.1. Full d'especificacions per a la vàlvula de seguretat

| | | | | | | |
|----|---------------------------------|-----------|--------------------------------------|--|----------------------|--|
| 1 | PROYECTO | | ESPECIFICACIÓN | | Nº | |
| 2 | EMPRESA | COVESTRO | | | Válvula de Seguridad | |
| 3 | FÁBRICA | | COVESTRO | | | |
| 4 | PLANTA | ELO PLANT | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | ITEM | | | | | |
| 9 | REFERENCIA P&ID | | | | | |
| 10 | SERVICIO | | Sortida de la sosa càustica a 120 °C | | | |
| 11 | EQUIPO PROTEGIDO | | Segon bescanviador | | | |
| 12 | PRESION DISEÑO EQUIPO PROTEGIDO | bar | 4.01 | | | |
| 13 | ESCENARIO PARA DIMENSIONADO | | | | | |
| 14 | FASE | | Liquid Sosa Càustica | | | |
| 15 | | | | | | |
| 16 | PRESIÓN DISPARO | bar | 9 | | | |
| 17 | PRESIÓN DISPARO + SOBREPRESIÓN | bar | 9.5 | | | |
| 18 | | | | | | |
| 19 | | | | | | |
| 20 | CONTRAPRESIÓN DEL SISTEMA | bar | constant | | | |
| 21 | CONTRAPRESIÓN MÁXIMA | % | 10 | | | |
| 22 | | | | | | |
| 23 | PRESIÓN DE ENTRADA | bar | 4.01 | | | |
| 24 | TEMPERATURA ENTRADA | °C | 110 | | | |
| 25 | | | | | | |
| 26 | Fase GAS | | | | | |
| 27 | CAUDAL | kg/h | - | | | |
| 28 | DENSIDAD | kg/m3 | - | | | |
| 29 | VISCOSIDAD | cP | - | | | |
| 30 | PESO MOLECULAR | | - | | | |
| 31 | RELACION CP/CV | | - | | | |
| 32 | FACTOR COMPRESIBILIDAD Z | | - | | | |
| 33 | | | | | | |
| 34 | Fase LÍQUIDA | | | | | |
| 35 | CAUDAL | kg/h | 41000-54000 | | | |
| 36 | DENSIDAD | kg/m3 | 1060 | | | |
| 37 | VISCOSIDAD | cP | 0.407 | | | |
| 38 | PRESIÓN VAPOR | bar | - | | | |
| 39 | | | | | | |
| 40 | | | | | | |
| 41 | VÁLVULA | | | | | |
| 42 | ÁREA CALCULADA | mm2 | 43,48 | | | |
| 43 | TAMAÑO REQUERIDO | | | | | |
| 44 | | | | | | |
| 45 | | | | | | |
| 46 | | | | | | |
| 47 | Notas | | | | | |

4.11. Caracterització de les estratègies de control

Per a garantir la correcta funcionalitat de l'equip WVO10 i WVO11, s'ha dissenyat una estratègia de control amb una configuració de control bàsica. Aquesta estratègia s'exposa en el P&ID 0022, en el qual està representada el control dels equips mencionats anteriorment.

Els dos bescanviadors consten d'un sistema de vàlvules manuals en tots els corrents d'entrada i sortida per aïllar el sistema en cas de manteniment o falla.

La vàlvula VAG101 assegura la pressió del vapor provinent del condensador 12WO1 i del dipòsit 12B01, amb una obertura de 40%, té un *Set Point* d'1.4 bar. En cas que aquesta vàlvula es tanqui per falla de sistema completament i es generi una sobrepressió al sistema, s'activarà la vàlvula de seguretat motoritzada PSV101, tarada a 3 bar, per alliberar l'excés de pressió i protegir la instal·lació.

Les vàlvules VAG102 i VAG103, estan fixades en una obertura determinada segons de la temperatura de sortida de la sosa càustica. Quan aquesta temperatura coincideix amb el *Set Point* establerts als transmissors de temperatura T-301 (100°C) i T-302 (120°C), les vàlvules no modifiquen la seva posició. No obstant això, si es produeixen escenaris on es presenten desviacions respecte al *Set Point*, les vàlvules actuen per corregir-les. En el cas que la temperatura de sortida de la sosa càustica sigui inferior al valor establert, la vàlvula s'obrirà més per permetre una major entrada de vapor, en cas contrari, la vàlvula reduirà el pas per disminuir el flux de vapor.

Paral·lelament, les vàlvules automàtiques VAB101 i VAB102, situades en les dues corrents de vapor, també estan connectades als mateixos transmissors T-301 i T-302, respectivament. En cas de que no detecti flux sosa càustica a la sortida dels bescanviadors WVO10 i WVO11, tancaran les vàlvules automàticament per seguretat.

En cas que les vàlvules manuals MV301 i MV308 es tanquin, el fluid quedaria bloquejat a l'interior dels bescanviadors, i tant la seva temperatura com la seva pressió augmentarien progressivament a causa de l'expansió tèrmica. Per prevenir la sobrepressió, s'instal·la una vàlvula de seguretat PSV301 que s'acciona en cas d'arribar a la pressió de disseny de 9.5 bar. La PSV està situada en el corrent de sosa càustica del segon bescanviador, WVO11, i la seva descàrrega es condueix aigües amunt de la vàlvula MV102, on ja no existeix cap element de bloqueig. Un cop efectuada la descàrrega, el corrent es dirigeix cap al tanc BAO10.

Els indicadors de temperatura situats en els corrents del condensat T-201 i T-202, indiquen alta temperatura en cas que el purgador de vapor falli.

4.12. Descripció funcional del projecte

El procés de condensació d'MDI utilitzant condensat genera una gran quantitat de vapor saturat de baixa pressió (1.4 bar), que actualment s'expandeix directament a l'atmosfera. Amb l'objectiu d'aprofitar aquest vapor residual, s'ha dissenyat un sistema d'aprofitament energètic mitjançant un intercanviador de calor de carcassa i plaques, que s'utilitza per escalfar sosa càustica dins la planta d'ELO.

L'objectiu principal és escalfar la solució de sosa càustica 30% fins a una temperatura de 120 °C, condició necessària per dur a terme un procés de separació i obtenir sosa al 50%.

En una primera etapa, el vapor a 1.4 bar entra a l'intercanviador WVO10, on escalfa sosa al 30%, impulsada per la bomba PA000 des del tanc BAP10, fins a assolir una temperatura de 100 °C. Posteriorment, per arribar als 120 °C requerits, la sosa passa per un segon intercanviador, on s'utilitza vapor de 7 bar provinent de les infraestructures generals.

El vapor que es condensa durant la transferència de calor del primer intercanviador es recull en un BA011, de manera que l'aigua condensada pot ser reutilitzada a les calderes per generar més vapor. De forma similar, el condensat que es produeix al segon bescanviador es dirigeix també cap al dipòsit BA012 per al seu aprofitament posterior.

Finalment, s'ha previst una bifurcació al corrent d'entrada de sosa càustica del primer intercanviador WVO10 que connecta amb el corrent d'entrada de sosa càustica del segon intercanviador WVO11, amb l'objectiu de garantir el seu escalfament en cas que el primer falli

4.13. Descripció de la instal·lació

Els dos intercanviadors WVO10 i WVO11 estan ubicats a la planta d'ELO. Aquests equips presenten un volum reduït, fet que facilita la flexibilitat d'instal·lació. Després d'analitzar diverses opcions, s'ha decidit instal·lar-los a la part central de la planta d'ELO, ja que aquesta àrea disposa de prou espai i ofereix una millor accessibilitat tant a la torre de destil·lació com al tanc d'emmagatzematge de la sosa càustica. A més, la seva ubicació en aquest punt permet optimitzar el traçat de les canonades, per a reduir les pèrdues de càrrega. També s'ha situat dos hidrants i un extintor a les columnes que es troben a cada costat.

5. SEGURETAT EN EL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS

5.1. Seguretat de processos

En aquesta instal·lació, la seguretat de processos està enfocada en el funcionament segur de dos intercanviadors de calor tipus Vahterus, utilitzats per escalfar sosa càustica aprofitant vapor de rebuig de la planta de MDI.

Aquests intercanviadors, pel seu disseny compacte i soldat, presenten avantatges significatius en termes de reducció de fuites externes i resistència mecànica. No obstant això, el maneig de fluids altament corrosius com la sosa càustica, combinat amb les condicions de temperatures elevades i pressió, requereix una atenció especial a la seguretat de processos.

Els aspectes principals de la gestió de seguretat són (ref. 20):

- **Identificació de perills:**
 - Fuita interna entre circuits (contaminació entre vapor i la sosa).
 - Sobrepressió per fallada de control de vapor o bloqueig de condensats.
 - Deteriorament per corrosió interna de les plaques.
- **Control de riscos:**
 - Instal·lació de vàlvules de seguretat (PSV) sobre la línia de sosa.
 - Monitoratge continu de pressions i temperatures amb sistemes d'alarmes.
- **Bones pràctiques de disseny:**
 - Inspeccions periòdiques amb tècniques no destructives (NDT) com a part del manteniment predictiu.
 - Neteja química programada per evitar incrustacions que podrien afectar el rendiment o provocar deteriorament prematur.
- **Compliment normatiu:**
 - Aplicació de la normativa europea de seguretat de processos (Seveso III) i classificació ATEX si s'escau a les àrees properes al vapor.
 - Segons la normativa Seveso, els riscos es classifiquen en:
 - **Riscos Convencionals:** Relacionats amb l'activitat i els equips que es troben en qualsevol sector industrial (caigudes, electrocució, etc.)
 - **Riscos Específics:** Associats a l'ús o manipulació de productes que, per la seva naturalesa, poden causar danys (tòxics, radioactius, etc.)
 - **Riscos Greus (majors):** Relacionats amb situacions excepcionals, les conseqüències solen presentar una especial gravetat (explosió, fuita tòxica, núvol, etc.)

5.2. Anàlisi de Risc

En aquest apartat, s'identifica els possibles perills, avaluar la seva probabilitat d'ocurrència i la severitat de les seves conseqüències, i definir mesures de control per reduir els riscos associats.

Per tal de gestionar adequadament els recursos disponibles i garantir la seguretat i l'eficiència dels processos, s'ha determinat el nivell de criticitat dels equips a partir d'una matriu de risc.

El nivell de criticitat de cada equip es determina amb la següent expressió:

$$Criticitat = Probabilitat \cdot Conseqüències \quad (5.2.1)$$

Aquesta metodologia permet prioritzar els equips que requereixen una atenció especial, contribuint a la continuïtat operativa i a la minimització de riscos dins del sistema.

Amb l'objectiu de valorar els riscos de manera objectiva, s'utilitza una taula que assigna valors de freqüència i a les conseqüències dels perills identificats.

A partir d'aquests valors, es construeix una matriu de riscos que permet visualitzar i prioritzar els riscos segons la seva gravetat.

Taula 50. Valors de freqüència i conseqüències a estudiar.

| Llegenda | Freqüència (esdeveniments/any) | Conseqüències | |
|-------------------------|-----------------------------------|---------------|----------------|
| G1.Improbable | $f \leq 10^{-6}$ | 1 | Menyspreables |
| G2.Estrany | $10^{-5} \geq f \geq 10^{-6}$ | 2 | Menors |
| G3.Poc probable | $10^{-4} \geq f \geq 10^{-5}$ | 3 | Moderades |
| G4.Possible | $10^{-3} \geq f \geq 10^{-4}$ | 4 | Majors |
| G5.Molt possible | $f \geq 10^{-3}$ | 5 | Catastròfiques |

Taula 51. Matriu de risc (ref.21):

| | 1 (C) | 2 (C) | 3 (C) | 4 (C) | 5 (C) |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| G1 (F) | B | B | B | M | M |
| G2 (F) | B | B | M | M | M |
| G3 (F) | B | M | M | M | A |
| G4 (F) | M | M | M | A | A |
| G5 (F) | M | M | A | A | A |

On B indica un risc baix ($1 \leq \text{Criticitat} \leq 4$), M significa un risc mitjà ($4 \leq \text{Criticitat} \leq 12$) i A un risc elevat ($15 \leq \text{Criticitat} \leq 25$)

Per altra part, les classes de conseqüències s'estableixen segons l'impacte que poden tenir sobre les persones, la ciutadania, el medi natural i la producció de les instal·lacions. L'efecte atribuït a cadascun d'aquests àmbits per cada nivell de conseqüència s'especifica en la taula següent:

Taula 52. Conseqüències per les diferents afectacions

| Categoria | Danys a personal | Efecte de la població | Impacte ambiental | Pèrdua de producció |
|------------------|--|---|---|----------------------------|
| 5 | Mort o incapacitat total permanent, danys greus o malalties en un o més membres de l'empresa | Mort o incapacitat total permanent, danys greus o malalties en un o més membres de la població. | Danys irreversibles que violen regulacions i lleis ambientals | Producció de 5 dies |
| 4 | Incapacitat parcial, permanent, ferides greus o malalties en un o més membres de l'empresa | Incapacitat parcial, permanent, ferides greus o malalties almenys un membre de població | Danys reversibles, però que violen les regulacions i lleis ambientals | Producció d'1 dia |
| 3 | Danys o malalties greus de diversos membres. Necessitat de suspensió laboral. | Hospitalització d'almenys 3 persones. | Danys ambientals reversibles que no violen lleis i regulacions, i on la restauració pot ser acumulada | 25% de la producció diària |
| 2 | Requisit de tractament mèdic o primers auxilis | Requisit de tractament mèdic o primers auxilis | Danys ambientals mínims sense violació de lleis i regulacions | 10% de la producció diària |
| 1 | Sense afectació | Sense afectació | Sense danys i violació de lleis | Sense pèrdues |

Per acabar, a la taula posterior es presenta la màxima freqüència esperada dels esdeveniments potencials per a cada equip, acompanyada de la valoració de les seves conseqüències i el grau de criticitat.

Taula 53. Criticitat per equips.

| Equip | Freqüència | Probabilitat | Conseqüència | Criticitat |
|-------------------------|-----------------|--------------|--------------|------------|
| WVO10 | G2 (Estrany) | 2 | 3 (Moderada) | 6 |
| WVO11 | G2 (Estrany) | 2 | 3 (Moderada) | 6 |
| Línies de procés | G2 (Estrany) | 2 | 3 (Moderada) | 6 |
| PSV's | G1 (Improbable) | 3 | 5 (Alta) | 15 |
| Instrumentació | - | 3 | 2(Baixa) | 6 |

Per poder establir el nivell de criticitat dels equips en el procés s'ha tingut en compte:

- **WVO10 i WVO11:** Són equips de construcció compacta, sense parts mòbils i amb soldadures completes. Aquesta configuració redueix molt la probabilitat de fallades com fuites externes, obstruccions o ruptures. Tot i això, l'exposició a sosa càustica i vapor pot provocar corrosions internes.
Tot i el disseny robust, poden aparèixer:
 - Fallades en vàlvules d'entrada o sortida i fuites internes si hi ha degradació per corrosió.
 Un error podria comportar:
 - Contaminació creuada entre fluids (vapor i sosa)
 - Pèrdues de procés o corrosió d'altres trams
 - Risc per a operaris per exposició a calor o substàncies.
 Tot i que no és una situació letal directa, requereix atenció immediata i possible parada parcial de la instal·lació.
- **Línies de vapor:** Les fallades per fuites no són comuns, però augmentaria si no es manté un manteniment adequat. Tot i ser línies robustes, poden presentar:
 - Fuites per soldadures o desgast
 - Mal funcionament de vàlvules de control
 - Per tant, una possible fuga podria comportar:
 - Causar cremades als operaris.
 - Forçar una parada en planta
- **PSV:** Tot i ser equips de seguretat passius, poden degradar-se per:
 - Corrosió, obstrucció o brutícia.
 - Canvis en les condicions de consigna
 - Falta de proves periòdiques
 - Una PSV que no actua correctament:
 - Provoca una sobrepressió perillosa al sistema
 - Ruptures de canonades
 - Risc greu per a persones i equips
- **Instrumentació:** No s'estima una freqüència de fallada concreta perquè hi ha molts tipus de sensors (pressió, temperatura, etc.) i cada un funciona de manera diferent i en condicions diferents. Els sensors poden fallar per:
 - Variació del calibratge
 - Errors calibratge
 - Un sensor defectuós pot:

- No detectar desviacions crítiques
- Generar confiança errònia en les condicions del sistema.

Tot i no ser una causa directa d'accident, pot contribuir a fallides majors.

5.3. Control de vàlvules i possibles fallades

En aquest apartat, s'inclou una classificació de les vàlvules del sistema per determinar-ne el comportament desitjat en cas de fallada de subministrament d'aire, considerant els principis de seguretat del procés. A continuació, es mostra com s'han definit:

- **Fail Open (FO):** S'obren quan perd aire d'instrumentació.
- **Fail Closed (FC):** Es tanquen quan perd aire d'instrumentació.

Seguidament, es mostra una taula amb un llistat de les vàlvules més rellevants, en cas de fallada de subministrament d'aire:

Taula 54. Classificació de vàlvules per subministrament d'aire.

| Vàlvules | Ubicació/Servei | Tipus | FO/FC |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| VAG 101 | Entrada de vapor de 1.4 bar al WVO10 | H2421P | FO |
| VAB 101 | Entrada de vapor de 1.4 bar al WVO10 | H2421P | FO |
| VAB 102 | Entrada de vapor de 1.4 bar al WVO10 | H2421P | FO |
| VAG 104 | Entrada de vapor de 7 bar al WVO11 | H2421P | FO |
| VAB 103 | Entrada de vapor de 7 bar al WVO11 | H2421P | FO |

5.4. Estudi de seguretat (HAZOP)

En aquest apartat es presenta una anàlisi HAZOP on s'ha estudiat segons els nusos claus del procés, considerant variables com la temperatura, pressió, flux i disponibilitat energètica com l'electricitat.

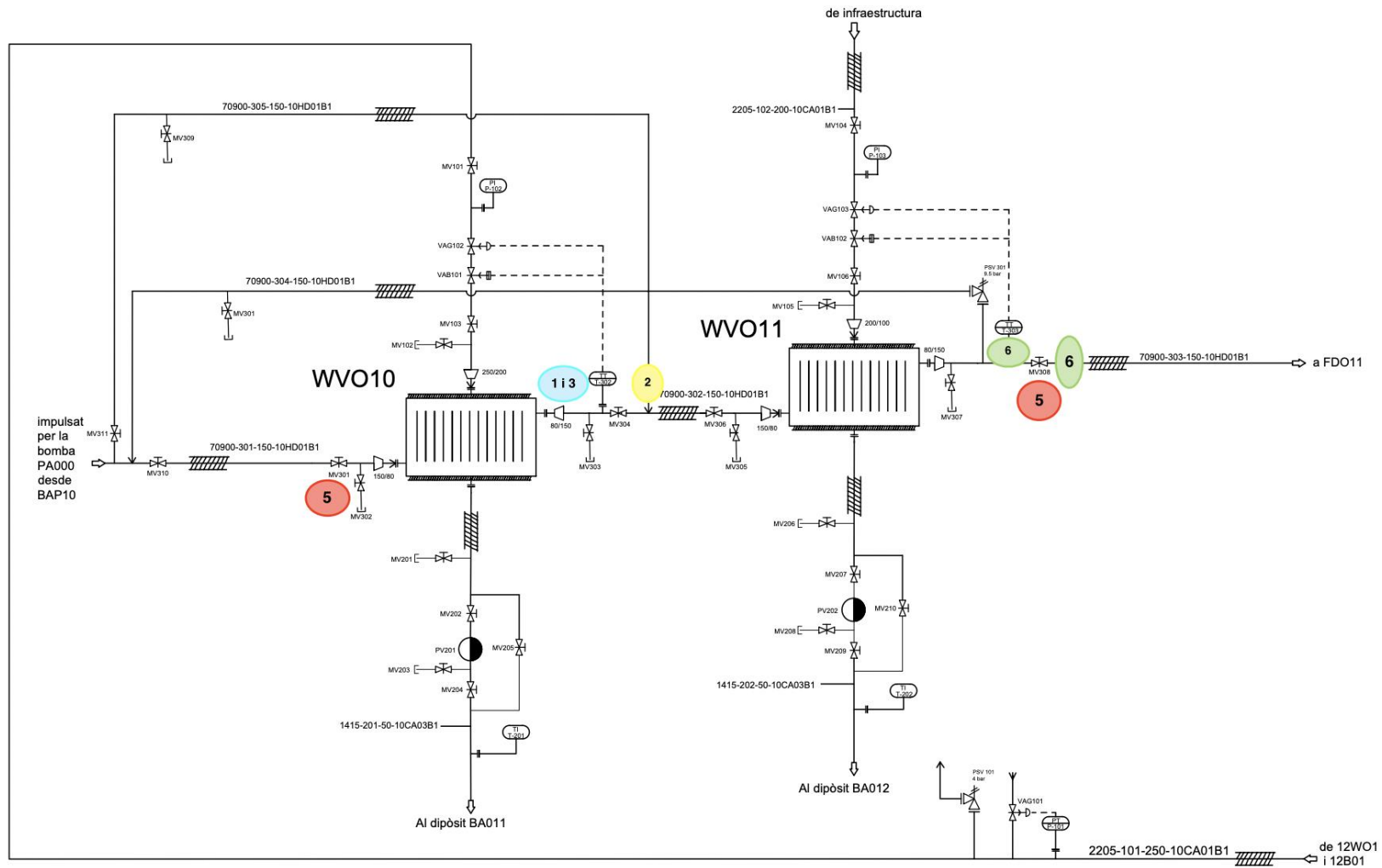


Figura 10. P&ID amb els nusos de seguretat.

Taula 55. HAZOP del bescanviador WVO10 i WVO11

| Nus | Paraula Guia | Desviació | Causes | Conseqüències | C | F | R | Protecció | C | F | R | Accions |
|-----|--------------|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|
| 1 | Més | Sortida de la temperatura massa alta >100°C | Fallada d'instrumentació T-302 (mirar nus 3) | Sobreescalfament de la sosa (10°C com a màxim). No hi ha risc de sobrepressió (4.5 bar +1.22 bar: 5.72 bar) | 2 | 2 | 4 | Instal·lació de les vàlvules manuals | 2 | 1 | 2 | Revisar periòdicament els sistemes de control, ajustar les consignes i realitzar les inspeccions correctament |
| 2 | Menys | Sortida de la temperatura massa baixa | Vapor insuficient o baixa pressió de vapor (insuficiència energètica) | Escalfament insuficient, procés afectat | 2 | 2 | 4 | Alarmes de baixa temperatura i es recircula la sosa que no s'escalfa a la temperatura adequada | 2 | 1 | 2 | Avaluar la redundància dels subministraments de vapor |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|----|--------------------------|--|--|---|---|---|--------------------------------|---|---|---|---|
| 3 | No | Flux nul de sosa | Bomba aturada o la vàlvula d'entrada tancada (MV301) | No hi ha escalfament, interrupció del procés. NO hi ha risc de sobrepressió, ja que no arriba a la pressió de disseny del equip. | 2 | 2 | 4 | Instal·lació de vàlvula manual | 2 | 1 | 2 | Revisió del control i la instrumentació |
| 4 | No | Subministrament elèctric | Tall de llum, fallada general de la xarxa | Parada de bombes, vàlvules automàtiques i sensors (parada sobtada del procés) | 4 | 2 | 8 | SAI o alarmes | 4 | 1 | 4 | Instal·lació de sistemes UPS per equips crítics, pla de recuperació |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|--|---|--|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 5 | Més | Expansió tèrmica | En cas de que les vàlvules manuals MV301 i MV308 estiguin tancades, el fluid quedaria bloquejada a l'interior dels bescanviadors. | Tant la temperatura com la pressió augmentaria de forma progressiva fins arribar a una expansió tèrmica. | 4 | 2 | 8 | S'instal·la una vàlvula se seguretat PSV301 amb una pressió de disseny de 9.5 bar | 2 | 2 | 4 | Revisar periòdicament els sistemes de control i realitzar les inspeccions adequades. |
| 6 | Més | Quan la temperatura de sortida surt a més de 120°C. (es més de qualitat) | Entra més vapor de 7 bar del que es necessita | Es gasta més vapor del que es necessita i afecta els costos de la planta | 2 | 2 | 4 | Instal·lació de un controlador TT a la sortida (T-303) amb la vàlvula controladora per regular el vapor necessari | 1 | 2 | 2 | Revisió de la programació de control e inspeccions. |

5.5. Plans d'emergència

Els plans d'emergència constitueix un element essencial dins la gestió industrial, especialment en instal·lacions que treballen amb productes químics perillosos com la sosa càustica i amb serveis d'energia com el vapor. L'objectiu principal és establir procediments estructurals per a prevenir, detectar, controlar i mitigar qualsevol situació d'emergència que pugui posar en risc la seguretat del personal, les instal·lacions o el medi ambient.

Per a aquesta instal·lació, s'ha definit diversos escenaris de risc potencial com ara:

- Fuita de sosa càustica o fallada d'estanquitat dels intercanviadors o canonades.
- Alliberament no controlat de vapor a alta temperatura per obstrucció o trencament de línies.
- Fallada de funcionament de les vàlvules de seguretat (PSV).
- Contacte químic accidental als operaris.

Davant d'aquests escenaris, el pla d'actuació contempla les següents mesures:

- Parada d'emergència de l'equipament afectat, mitjançant sistemes d'interbloqueig i tancament de vàlvules manuals.
- Aïllament de la zona mitjançant barreres físiques o procediments de confinament.
- Activació d'alarmes (visuales i acústiques), i notificació immediata al personal responsable.
- Evacuació segura del personal afectat, seguint les rutes senyalitzades i dirigint-se als punts de reunió establerts.

A més, la planta disposa dels següents mitjans materials d'emergència:

- Dutes de seguretat i rentadors oculars pròxims a les zones amb risc químic.
- Extintors i equips de primera intervenció.
- Equip de protecció individual d'emergència (EPI) disponible per a intervencions puntuals (guants resistents a la sosa, viseres, botes especials, etc.)

Finalment, el pla d'emergència inclou la formació obligatòria del personal en procediments d'actuació davant d'incidències i la realització periòdica de simulacres, els quals es documenten i s'avaluen per introduir millores contínues en la resposta davant d'emergències.

5.6. Definició de zones ATEX

Les atmosferes ATEX són entorns en què es pot generar una barreja inflamable entre substàncies perilloses (gasos, vapors, boires o pols combustibles) i l'aire, i que, si coincideixen amb una font d'ignició, poden donar lloc a una explosió.

La normativa ATEX està regulada per dues directives europees (ref. 22).

- Directiva 2014/34/UE (ATEX d'equips): regula els requisits que han de complir els equips i sistemes de protecció destinats a ser utilitzats en atmosferes explosives.
- Directiva 1992/92/CE (ATEX d'usuaris): estableix les obligacions dels ocupadors pel que fa a la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors exposats a aquests riscos.

Les zones ATEX es classifiquen segons la naturalesa del material inflamable i la freqüència de la presència del risc.

Per a gasos, vapors o boires:

- Zona 0: atmosfera explosiva present de forma contínua o durant llargs períodes.
- Zona 1: atmosfera explosiva probable en condicions normals de funcionament
- Zona 2: atmosfera explosiva poc probable i només durant curts intervals

Per a pols combustibles:

- Zona 20: atmosfera explosiva per pols present de forma contínua.
- Zona 21: presència probable en condicions normals.
- Zona 22: presència poc probable i de curta durada.

En aquest projecte, els equips analitzats (bescanviadors de calor WVO10 i WVO11) treballen amb sosa càustica (NaOH) i vapor per escalfar la solució.

Després d'analitzar-ho, s'ha conclòs que no existeix risc d'atmosfera explosiva, per les següents raons:

- La sosa càustica no és un producte inflamable ni genera vapors combustibles en cap condició habitual de temperatura o pressió.
- El vapor d'aigua és inert des del punt de vista d'inflamabilitat, i es treballa dins d'un sistema tancat i controlat.
- No es manipulen substàncies amb risc ATEX dins de les línies, intercanviadors o accessoris associats al procés.
- No hi ha fonts de pols combustible ni reaccions que puguin generar una atmosfera explosiva.

Per aquests motius, no s'identifica cap zona ATEX en la instal·lació, ni és necessari implementar classificacions específiques segons aquesta normativa. Per tant, els equips associats no requereixen certificació ATEX ni proteccions addicionals en aquest sentit.

6. ESTUDI MEDIOAMBIENTAL DEL PROCÉS

6.1. Emissions a l'atmosfera

L'empresa Covestro ha analitzat la quantitat d'emissions de CO₂ per tona de vapor generada. Les emissions específiques són 190.16 CO₂/t vapor.

Per a determinar les emissions de diòxid de carboni derivat de la implantació del nou sistema, primer cal quantificar les emissions generades si només s'utilitzés l'intercanviador de calor WVO11 per escalfar la solució de sosa càustica. En aquest escenari, les emissions anuals ascendirien a 47142 tones de CO₂ a l'any.

Amb la implementació del sistema de recuperació de vapor a baixa pressió, 1.4 bar, que permet transformar-lo a una pressió de 7 bar, s'aconsegueix aprofitar anualment 22670 tones equivalents de vapor. Com a resultat, les emissions anuals es redueixen de 24472 tones anuals.

Per calcular la quantitat equivalent de vapor d'1.4 bar necessari per generar vapor a 7 bar, s'ha emprat la següent relació tèrmica basada en els continguts d'entalpies específiques del vapor a ambdues pressions. Aquesta conversió permet estimar la proporció de vapor de baixa pressió que pot substituir directament el consum de vapor generat convencionalment a 7 bar.

$$\text{Vapor 7 bar equivalent} = \text{Vapor 1.4 utilitzat} \times \frac{h_{fg}(1.4 \text{ bar})}{h_{fg}(7 \text{ bar})} \quad (6.1.1)$$

Amb 47142 t/any de vapor (sense la implementació de l'intercanviador WVO10), es generen **8964.52 t/any CO₂**.

$$\text{Emissions CO}_2 = \frac{47142 \text{ t vapor} \cdot 190.16 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{t vapor}} \cdot 1 \text{ t}}{1000 \text{ kg}} = 8964.52 \text{ t/any CO}_2 \quad (6.1.2)$$

El procés d'aprofitament del vapor de baixa pressió permet reduir les emissions de carboni a **4653.60 t/any CO₂**

$$\text{Emissions CO}_2 = \frac{24472 \text{ t vapor} \cdot 190.16 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{t vapor}} \cdot 1 \text{ t}}{1000 \text{ kg}} = 4653.60 \text{ t/any CO}_2 \quad (6.1.7)$$

Inicialment, el consum anual de vapor de 7 bar per al procés d'escalfament de la sosa comportava emissions de fins a 8964.52 tones de CO₂. Gràcies al nou sistema, aquesta xifra es redueix a 4653.60 tones de CO₂, la qual cosa suposa una disminució del 48% en les emissions associades al consum de vapor.

6.2. Emissions al sòl

Es tracta de la contaminació al sòl, totes aquelles característiques físiques, químiques o biològiques del qual han estat alterades negativament per la presència de components de caràcter perillós d'origen humà, en concentració tal que comporti un ric per a la salut humana o el medi ambient, d'acord amb els estàndards que determini el govern (Llei 10/1998).

No es prevé emissions al sòl.

6.3. Emissions líquides

No es prevé emissions líquides respecte al procés. El condensat produït en els intercanviadors WVO10 i WVO11 són enviats als dipòsits BA011 i BA012 respectivament.

6.4. Residus

Durant les aturades programades de la planta, es duen a terme diferents operacions de manteniment i neteja, així es garanteix un bon funcionament i l'allargament de la vida útil de la planta química. Un dels equips crítics que requereixen aquestes tasques de neteja són els intercanviadors.

El procediment habitual de neteja dels intercanviadors és a partir d'aigua desmineralitzada, per tal d'eliminar dipòsits, incrustacions o altres residus que podrien afectar l'eficiència de l'intercanvi tèrmic. En aquest procés, es produeix l'arrossegament de la sosa càustica que s'ha quedat en els tubs del bescanviador.

Com a conseqüència, l'aigua de rentatge pot contenir traces de sosa càustica, donant lloc a un pH lleugerament alcalí. Per tal de garantir que l'abocament d'aquests efluent compleixi amb els requisits ambientals i normatius, aquesta aigua se sotmet a un procés de neutralització mitjançant l'addició controlada d'àcid clorhídric. L'objectiu d'aquesta etapa és aconseguir un pH proper a la neutralitat (pH 6-8).

6.5. Altres impactes

6.5.1. Contaminació acústica per sorolls

Es tracta de soroll causat per procediments artificials a l'atmosfera.

No s'espera cap canvi substancial en les emissions sonores. Es compleix el valor d'immissió acústica establerts a Catalunya. Llei 16/2002, Protecció contra la contaminació acústica (ref. 23). Decret 176/2009 (ref. 24). Criteris per a l'elaboració de mapes de capacitat acústica.

6.5.2. Contaminació acústica per vibracions

No es preveu cap variació rellevant pel que fa a les vibracions generades. Es respectarà la normativa sectorial vigent aplicable a Catalunya. Llei 16/2002, Protecció contra la contaminació acústica (ref. 25). Decret 176/2009. Criteris per a l'elaboració de mapes de capacitat acústica (ref. 26)

6.5.3. Contaminació per mal olor

La contaminació odorífera, tot i que no comporti nivells tòxics de concentració, pot generar molèsties significatives, com ara malestar general, alteracions respiratòries lleus i efectes adversos en el benestar dels éssers vius.

No es preveu una variació rellevant en la generació d'olors.

6.5.4. Contaminació lumínica

Es tracta d'emissió de flux lluminós de fonts artificials nocturnes en intensitats, direccions o rangs espectrals innecessaris per a la realització de les activitats previstes en la zona en què s'han instal·lat els llums.

No es preveu un augment significatiu de contaminació lumínica. S'avalua la col·locació d'un o dos fanals que proporcionin una adequada il·luminació, 120 graus amb direcció al sòl, a l'àrea

on es troben els intercanviadors. Es respecta la normativa vigent: Llei 6/2001: Protecció del medi nocturn (ref. 27).

7. ESTUDI DEL MANTENIMENT DEL PROCÉS

El manteniment de les instal·lacions és fonamental per assegurar el correcte funcionament i la fiabilitat operativa de la planta. Una bona gestió contribueix a prolongar la vida útil dels equips, les canonades, la instrumentació associada, etc.

En aquest estudi s'avalua els diferents tipus de manteniment que existeixen a la indústria per a cada actiu i també s'especifica els diferents tècniques de manteniment i s'estableix la freqüència d'inspeccions.

7.1. Filosofia de manteniment

L'objectiu principal de manteniment dels intercanviadors WVO10 i WVO11 i els diferents actius de l'abast és prolongar la seva vida útil mitjançant diferents estratègies de manteniment. Per això, es presenta un pla de manteniment que s'adequa a la nova instal·lació seguint els següents objectius:

1. Assegurar el rendiment i la fiabilitat dels actius.
2. Garantir la seguretat durant el funcionament.
3. Minimitzar els costos de manteniment sense comprometre l'eficiència.

7.2. Inventari d'equips

Els equips i instruments s'han classificat segons el tipus i la funcionalitat. Veure P&ID 0022.

Taula 56. Equips i components del projecte.

| Element | Tipus | Quantitat | Funcionalitat |
|-----------------------|----------------|------------------|----------------------|
| Vàlvules | Manuais | 26 | Recipient a pressió |
| | Automàtiques | 2 | |
| | Reguladora | 3 | |
| | De seguretat | 2 | |
| | Purgadors | 2 | |
| Transmissors | De pressió | 1 | Instrumentació |
| | De temperatura | 2 | |
| Indicadors | De pressió | 2 | |
| | De temperatura | 2 | |
| Canonada calorifugada | - | 9 | Recipient a pressió |
| Intercanviador | - | 2 | |

7.3. Estratègies de manteniment

En aquest apartat es selecciona el tipus de manteniment a aplicar per a cada equip. També s'ha creat una taula de comparativa entre les diferents estratègies de manteniment.

A continuació es pot observar una taula comparativa general dels diferents tipus de manteniment, correctiu, preventiu i predictiu.

Taula 57. Comparació resumida entre les diferents estratègies de manteniment; manteniment correctiu, manteniment predictiu i manteniment preventiu.

| Comparativa entre les estratègies de manteniment | Correctiu | Preventiu | Predictiu |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Costos d'operació | Verd | Taronja | Vermell |
| Parades no planificades | Vermell | Taronja | Verd |
| Averies catastròfiques | Vermell | Taronja | Verd |
| Cost en revisions | Verd | Vermell | Verd |
| Cost en reposicions | Vermell | Vermell | Verd |
| Immobilitat en magatzem | Vermell | Taronja | Verd |
| Pèrdues de producte per falta de disponibilitat de la planta | Vermell | Taronja | Verd |
| Penalitzacions per retards en les entregues | Vermell | Vermell | Verd |
| Qualitat del producte fabricat | Vermell | Vermell | Verd |
| Cost de les primes d'assegurances | Vermell | Taronja | Verd |
| Fiabilitat de la planta | Vermell | Taronja | Verd |

Descripció dels colors:

- Vermell: Impacte negatiu.
- Taronja: Impacte moderat.
- Verd: impacte positiu.

7.3.1. Manteniment correctiu

El manteniment correctiu és un sistema de gestió que consisteix a intervenir un equip, sistema o component un cop ha ocorregut una fallada funcional o quan és evident que està a punt de produir-se una avaria de major gravetat, coneguda com a fallada potencial. El manteniment correctiu es pot classificar en dues modalitats:

- Manteniment correctiu d'emergència:

El manteniment correctiu d'emergència té lloc quan es produeix una fallada funcional de manera inesperada durant la jornada de producció. Aquesta situació, habitualment, comporta l'aturada total o parcial del procés, generant conseqüències negatives. La intervenció ha de ser immediata per tal de restablir el funcionament de l'equip.

A continuació, es mostra una taula amb els avantatges i desavantatges del manteniment correctiu d'emergència.

Taula 58. Avantatges i desavantatges del manteniment correctiu d'emergència.

| Avantatges | Desavantatges |
|--------------------------------------|--|
| No implica detallades planificacions | Comporta la possibilitat que es produeixin fallades funcionals, amb totes les conseqüències negatives associades |
| És més econòmic a curt termini | A llarg termini és més costós |

- **Manteniment correctiu programat:**

El manteniment correctiu programat s'aplica quan es detecta una fallada potencial, però el seu efecte encara no compromet de manera crítica a l'operació, i per tant, permet continuar el cicle de producció.

A continuació es mostra una taula amb els avantatges i desavantatges del manteniment programat (ref. 28) (ref. 29).

Taula 59. Avantatges i desavantatges del manteniment correctiu programat

| Avantatges | Desavantatges |
|--|--|
| És més científic que el manteniment correctiu | Se'n van introduint pèrdues successives dels ajustos de fàbrica a la màquina a causa dels continus intervencions, fet que pot resultar perjudicial al llarg termini. |
| S'anticipa i redueix l'ocurrència de fallades funcionals | Increment innecessari dels costos, ja que sovint es procedeix a la substitució de components encara que no presentin un desgast suficient que justifiqui el seu reemplaçament. |

7.3.2. Manteniment preventiu

El manteniment preventiu és un sistema de gestió del manteniment que té com a objectiu essencial prevenir l'aparició de fallades en els sistemes productius. Es fonamenta en la realització planificada i sistemàtica d'un conjunt de tasques bàsiques, com observar, inspeccionar, calibrar, ajustar, canviar, lubricar, reparar, entre d'altre, que es duen a terme amb una freqüència prèviament determinada, associada a cada cicle productiu o segons els períodes de temps o d'ús acumulat dels equips.

Aquest conjunt d'activitats no només té com a finalitat evitar avaries sobtades sinó també anticipar-se a l'aparició de defectes o degradacions dels components, i això millora la disponibilitat i la fiabilitat dels actius industrials. Durant l'execució d'aquestes tasques rutinàries, és habitual que es detectin anomalies que indiquin la necessitat de dur a terme intervencions complementàries, com manteniments correctius programats, modificacions tècniques o revisions generals, amb l'objectiu de restaurar o mantenir el nivell òptim de rendiment dels equips.

Les accions de manteniment preventiu poden incloure activitats com la neteja periòdica, la lubricació de parts mòbils, la substitució de peces subjectes a desgast, la inspecció visual i tècnica, així com l'avaluació de paràmetres de funcionament per assegurar que els equips continuïn operant dins de les especificacions establertes pel fabricant o per l'empresa.

Els objectius més rellevants d'aquesta estratègia són:

- **Disponibilitat:** assegurar que els equips estiguin operatius i llestos per funcionar sempre que se'ls requereixi.
- **Fiabilitat:** garantir que els equips funcionin sense interrupcions durant el període necessari per a la producció.
- **Incrementar la disponibilitat i fiabilitat:** mitjançant la implementació d'un pla de manteniment preventiu que permeti mantenir en condicions òptimes tots els actius.

El manteniment preventiu es pot classificar en dues modalitats:

- **Manteniment preventiu sistemàtic:** El manteniment preventiu sistemàtic consisteix en un conjunt d'activitats programades en intervals de temps per reduir la freqüència i l'impacte de les fallades. Es té en compte la criticitat de cada màquina i la disponibilitat de recanvi.
- **Manteniment preventiu en base d'estat:** En canvi, el manteniment preventiu basat en l'estat és un conjunt d'activitats programades en les quals s'avalua l'estat dels seus components, de manera que, segons la revisió, es decideix si cal aplicar la tècnica de manteniment corresponent.

A continuació es mostra una taula dels avantatges i desavantatges del manteniment preventiu (ref. 28) (ref. 29).

Taula 60. Avantatges i desavantatges del manteniment preventiu

| Avantatges | Desavantatges |
|---|---|
| Augment de la fiabilitat de les màquines | Augment de la inversió inicial en la mà d'obra |
| Uniformitat en la càrrega de treball per al personal a causa d'una programació d'activitats | Si no es prioritzen i elegeixen adequadament les tasques de manteniment, es pot generar sobrecàrregues de treball |
| Major duració dels equips i disminució del temps de parada dels equips | |
| Menor cost de les reparacions | Alt cost en les inspeccions |

7.3.3. Manteniment predictiu

El manteniment predictiu es basa a estudiar els símptomes de fallada i predir l'ocurrència de la fallada d'una màquina, mesurant i analitzant els canvis en les variables d'operació de la mateixa. El manteniment predictiu és una fase avançada del preventiu, i s'efectuen, d'una banda, assaigs o proves sobre parts de les màquines, i complementàriament es fan mesures de variables d'operació.

Es caracteritza per constar d'una sèrie de tècniques i proves no invasives, dissenyades per captar signes d'advertiment sense necessitat de grans desmuntatges ni d'aturades de l'equip. En cas que les inspeccions mostrin anomalies o comportaments irregulars, es planifica una intervenció per corregir la situació.

Unes de les tècniques que s'apliquen són:

- L'anàlisi de vibracions mecàniques
- L'aplicació de termografies per detectar anomalies tèrmiques.

- L'ús de boroscòpies per a inspeccions visuals internes sense desmuntatge.
- Les anàlisis d'ultrasons per detectar fugues o defectes interns.

A continuació es mostra una taula dels avantatges i desavantatges del manteniment predictiu (ref. 28) (ref. 29).

Taula 61. Avantatges i desavantatges del manteniment predictiu

| Avantatges | Desavantatges |
|--|--|
| Alta possibilitat d'anticipar-se a les fallades | Moltes de les tècniques i assajos impliquen una alta inversió en el material/equip. |
| L'afectació al procés és mínim, ja que la majoria dels assajos i proves es fan amb la màquina en operació. | Implica disposició de personal qualificat tant per a la utilització de l'equip com per a l'anàlisi de la informació. |
| Els temps d'intervenció de l'equip és mínim. Només s'intervé quan les proves o assajos confirmen la fallada. | La majoria de les tècniques i assajos poden indicar la fallada, però no la causa. |

7.4. Organigrama de manteniment

Es presenta possibles estratègies a seguir per als diferents equips de la instal·lació a través de l'organigrama en la figura 62.

Taula 62. Organigrama de la estratègia de manteniment. Classificació dels components per tipus de manteniment aplicat

| Components | Manteniment correctiu | Manteniment preventiu | | Basat en condició (predictiu) |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| | | Sistemàtic | En base d'estat | |
| Canonada Calorifugada | | | x | |
| Intercanviador | | | | x |
| Vàlvula | Vàlvules manuals | x | | |
| | Vàlvules de automàtiques | | x | |
| | Vàlvules reguladores | | x | |
| | Vàlvula de seguretat (PSV) | | | x |
| Instrumentació | Purgadors | | | x |
| | Indicador de temperatura | | x | |
| | Transmissor de temperatura | | | x |
| | Indicador de pressió | | x | |
| | Transmissor de pressió | | | x |

1. Intercanviadors:

Es proposa realitzar un manteniment predictiu als intercanviadors, perquè són equips que poden patir degradació progressiva, com per exemple, pèrdua de material per corrosió interna, incrustacions o fatiga tèrmica, ja que treballen en temperatures molt elevades.

2. Canonada calorifugada:

S'escull manteniment preventiu en base d'estat perquè permet detectar a temps la corrosió sota l'aïllament que no és visible externament. A més, l'aïllament es pot degradar per humitat, impactes o envelliment. L'ús de tècniques com termografia o inspeccions visuals ajuda a actuar abans que hi hagi fallades.

3. Vàlvules manuals:

Es proposa realitzar un manteniment correctiu, perquè habitualment aquestes vàlvules tenen poca freqüència d'ús amb una mínima degradació. Es reparen o canvien quan apareix una fallada, com per exemple fuges o bloquejos.

4. Vàlvules automàtiques i reguladores:

Es proposa realitzar manteniment preventiu en base d'estat, ja que en tenir parts mòbils i mecanismes (actuadors), poden desgastar-se amb el temps. Es realitzen comprovacions d'estanquitat i proves funcionals.

5. Vàlvules de seguretat (PSV):

Es proposa realitzar manteniment predictiu, ja que són vàlvules que han de garantir una resposta immediata en situacions de sobrepressió.

7.5. Categorització, inspeccions i proves dels equips a pressió

A continuació s'estableix les tècniques i les freqüències de manteniment.

7.5.1. Classificació de la categoria i grup dels equips a pressió

La classificació dels equips a pressió és l'establerta en l'article 13 del Reial Decret 709/2015, de 24 de juliol. Aquest Decret estableix que els equips es classifiquen en categories I, II, III, IV. Les categories són, per a cada tipus d'equip a pressió, i s'estableixen segons els quadres d'avaluació de la conformitat de l'Annex II del Reial decret 709/2015 (ref. 30) d'aquest equip, tenint en compte les següents característiques tècniques:

- a) Tipus d'equip: recipient, caldera o canonada.
- b) Característiques del fluid utilitzat:
 - a. Estat (gas o líquid)
 - b. Grup de perillositat del fluid (perillós (1) o no perillós (2))
- c) Pressió màxima admissible de l'equip (P_s) en bar.
- d) Volum (V) en litres o diàmetre nominal (DN) en mm per a les canonades.

Un cop identificat el quadre d'avaluació de conformitat del tipus d'equip a pressió, si entra en el valor del $P_s \times V$, o en cas de canonades, amb $P_s \times DN$, obtenint així la categoria de l'equip en qüestió.

Quan un recipient estigui format per diverses cambres, aquest es classificarà en la categoria més alta de cada cambra individual. Quan una cambra contingui diversos fluids, la classificació es realitzarà en funció del fluid que requereix la categoria de major risc.

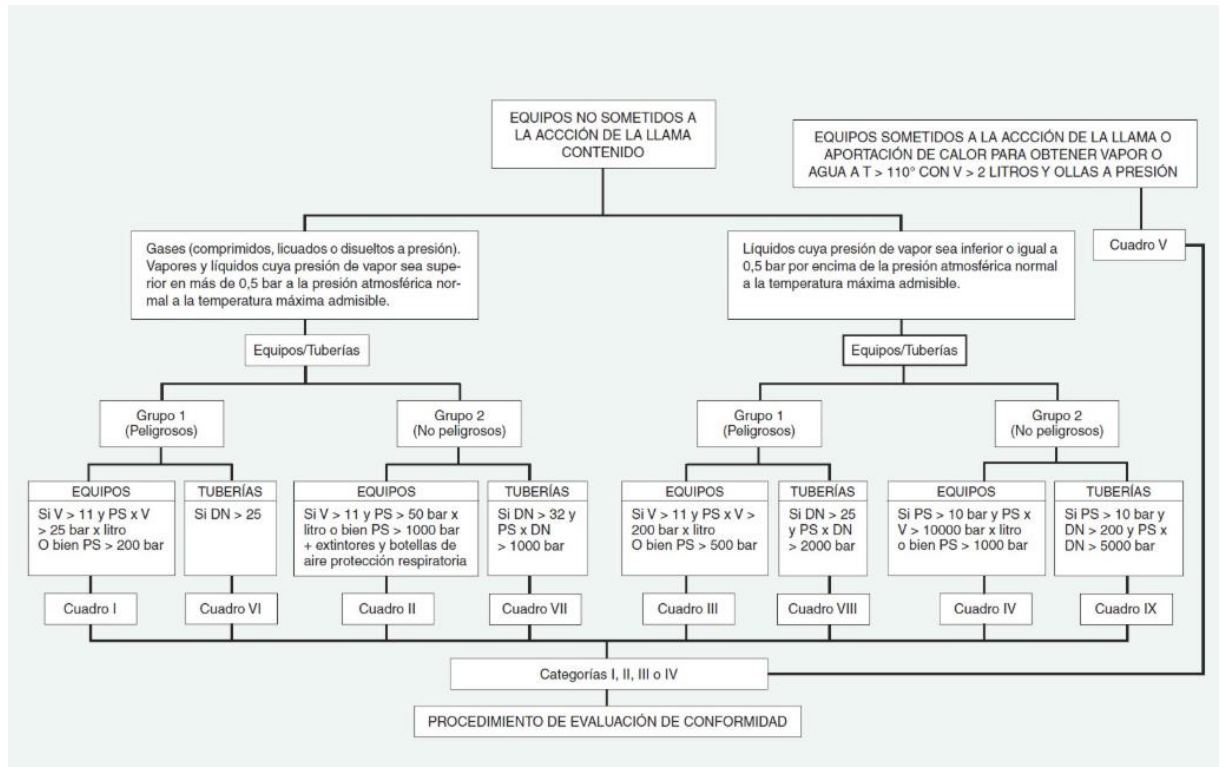


Figura 11. Procediment d'avaluació de conformitat

Els equips a pressió han de complir amb les especificacions del mòdul de conformitat que s'estableixen les següents categories:

- Categoria I
 - o Mòdul A
- Categoria II
 - o Mòdul A1, Mòdul D1, Mòdul E1
- Categoria III
 - o Mòdul B1+ D Mòdul B1 + F, Mòdul B+E, Mòdul B + C1Mòdul H

Classificació del grup segons el fluid:

- Grup 1: substàncies perilloses segons el Reglament (CE) núm. 1272/2008. (ref. 31)
- Grup 2: resta de substàncies no perilloses.

- **Anàlisi canonades de vapor (categorització):**

Per a l'anàlisi de la categorització de les canonades de vapor, s'acudeix a la pàgina web "PED Classification" (ref.33)

Taula 63. Paràmetres de la canonada de vapor.

| CANONADA DE VAPOR | |
|---|-------------------|
| Codi de disseny | AD 2000-Merkblatt |
| Fluid | Vapor |
| Volum | - |
| Pressió mínima/màxima admissible (Ps) | -1 / 10 barg |
| Pressió màxima de servei (Pms) | 6 barg |
| Temperatura mínima/màxima admissible (Ts) | -- °C / +200 °C |
| Temperatura mínima/màxima de servei (Tms) | -- °C / +200 °C |
| Estat dels fluids | Gas |
| Diàmetre nominal (mm) | DN250 |
| Categoria de l'equip | Cat.I |
| PS (bar) x DN (mm) | 2500 bar x mm |
| Grup del fluid | 2 |

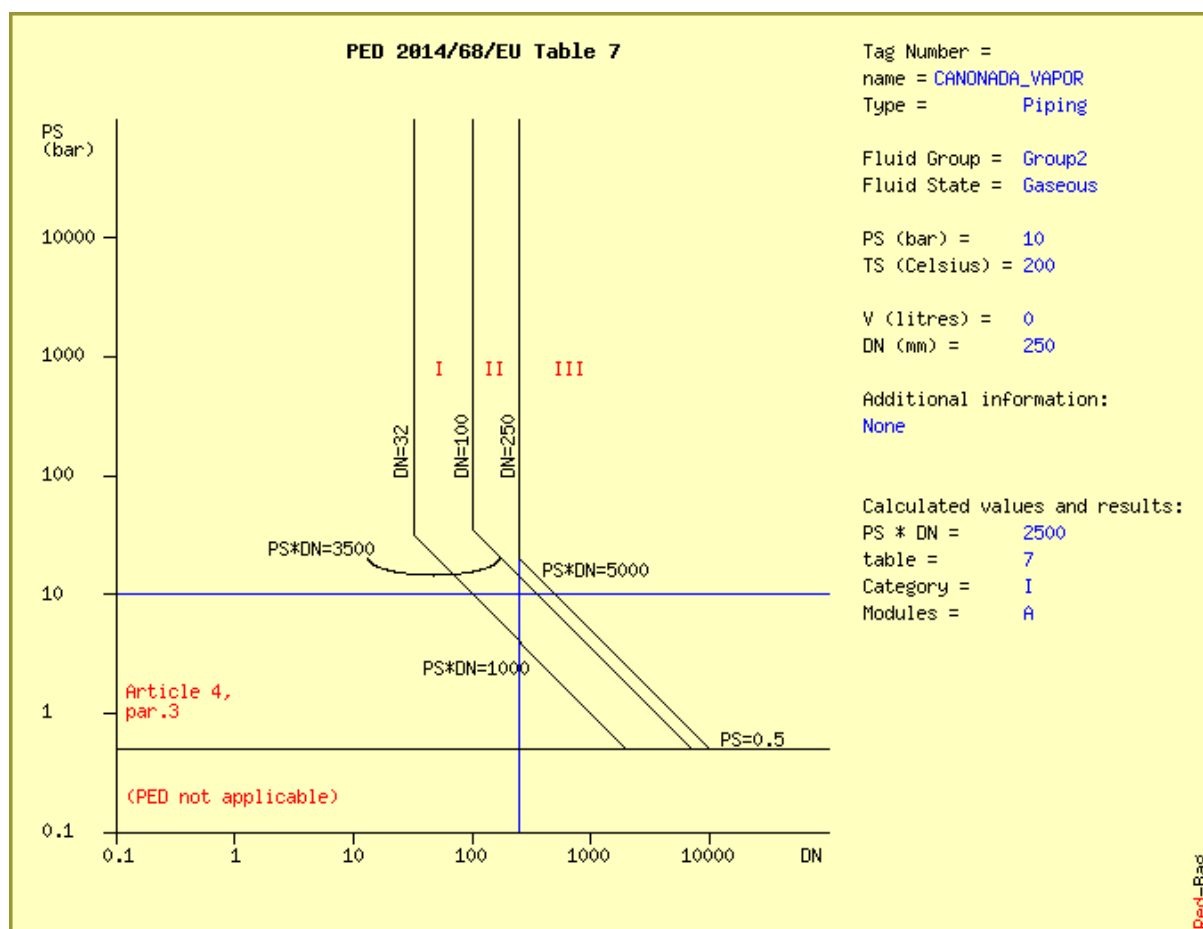


Figura 12. Resultats de la categorització de la canonada de vapor

Les canonades de vapor, per tant, és de Categoria I (Mòdul A). El fabricant haurà de fer una avaluació de la conformitat del Mòdul A i emetre un document que s'anomena: DECLARACIÓ

DE LA CONFORMITAT CE per a després, amb el document, legalitzar la canonada segons el Reial Decret 809/2021 equips a pressió.

- **Anàlisi canonades de sosa càustica (categorització):**

Per a l'anàlisi de la categorització de les canonades de sosa càustica, s'acudeix a la pàgina web "*PED Classification*"(ref. 32).

Taula 64. Paràmetres de la canonada de sosa càustica.

| CANONADA DE SOSA CÀUSTICA | |
|---|-------------------|
| Codi de disseny | AD 2000-Merkblatt |
| Fluid | Sosa |
| Volum | - |
| Pressió mínima/màxima admissible (Ps) | -1 / 10 barg |
| Pressió màxima de servei (Pms) | 6 barg |
| Temperatura mínima/màxima admissible (Ts) | -- °C / +200 °C |
| Temperatura mínima/màxima de servei (Tms) | -- °C / +200 °C |
| Estat dels fluids | Gas |
| Diàmetre nominal (mm) | DN150 |
| Categoria de l'equip | Cat.I |
| PS (bar) x DN (mm) | 1500 bar x mm |
| Grup del fluid | 2 |

Per a saber la perillositat del fluid es consulta a la fixa de seguretat del producte, veure l'annex A.4, en aquest cas, la sosa té fases H318/H314, que correspon al grup 2.

El reglament d'equips a pressió RD 809/2021 ANNEX II ofereix un llistat de totes les indicacions de perill que existeixen del grup 1.

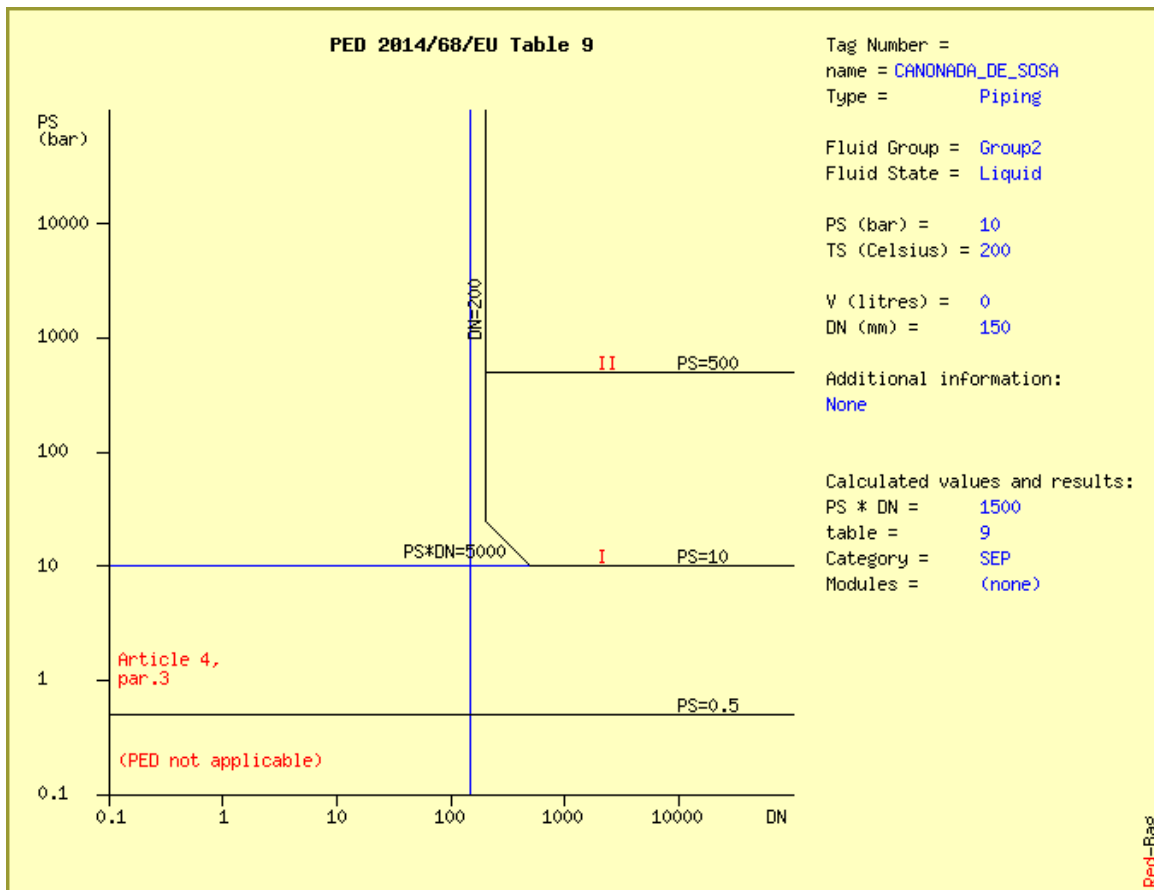


Figura 13. Resultats de la categorització de la canonada de sosa càustica

Les canonades que circula sosa càustica, tal com s'observa a la figura, queda dintre de l'article 4.3. Al no tindre una categoria específica es considera que es fan inspeccions internes, per la empresa Covestro cada 12 anys, que és el període màxim permès.

- Anàlisi del intercanviador WVO10 i WVO11:

Per a l'anàlisi de l'intercanviador, en primer lloc, s'ha seleccionat la categoria a través de la figura 13 i s'ha determinat que es tracta de la categoria II, ja que intercanvia vapor i sosa en estat líquid a una pressió superior de 0.5 bar. En segon lloc, a través de les gràfiques relacionades als quadres del real decret es determinen la categoria.

Cuadro 2. Recipientes contemplados en el artículo 4, apartado 1.1, párrafo a.2)

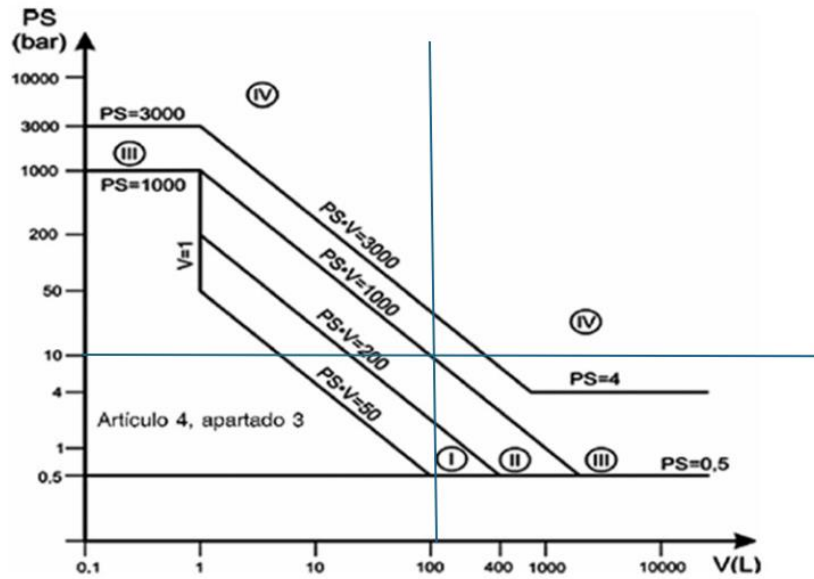


Figura 14. Resultats de la categorització del intercanviador WVO10

Per al primer intercanviador amb una PS=10 bar i V=111.8 L s'ha determinat que és la categoria III.

Cuadro 2. Recipientes contemplados en el artículo 4, apartado 1.1, párrafo a.2)

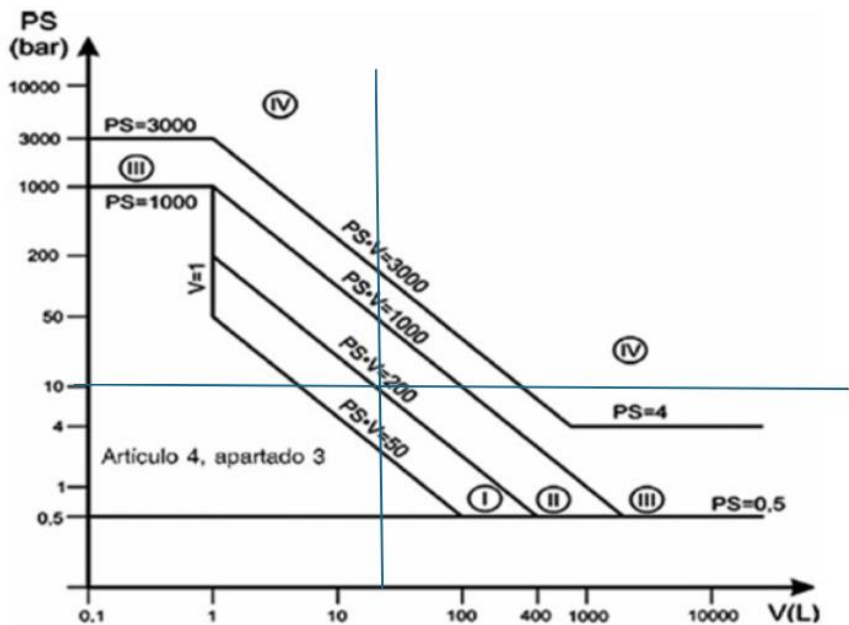


Figura 15. Resultats de la categorització del intercanviador WVO11

Per al segon intercanviador amb una PS=10 i V=22.6 L s'ha determinat que és de la categoria II.

7.5.2. Nivell d'inspecció dels equips a pressió

La classificació dels nivells d'inspecció és l'establerta en l'Annex III del Reial decret 809/2021 (ref.33)

Els nivells d'inspecció indicats tindran el següent abast:

- **Nivell A. Inspecció en servei:** Es realitza sense aturar el funcionament de l'equip, inclou la revisió de la documentació i una inspecció visual externa de totes les parts a pressió i dels dispositius de seguretat. No és necessari retirar l'aïllant tèrmic i si es detecten problemes, s'ha de fer una inspecció de nivell B.
- **Nivell B. Inspecció fora de servei:** Cal aturar l'equip. En aquest tipus d'inspeccions s'inclou tot el nivell A i, a més cal fer una revisió de zones amb risc de corrosió o esforç, es mesura l'espessor de les canonades, es revisa la vàlvula de seguretat i es duen a terme proves destructives com ultrasònics.

Per a la revisió de les canonades amb calorifugat, es retira parcialment el calorifugat en punts crítics i s'inspecciona el metall base en cerca de pèrdua de material i s'aprofita per a inspeccionar el calorifugat.

- **Nivell C. Inspecció amb prova de pressió:** Inclou tot el nivell B, i a més s'hi fa una prova hidroestàtica.

7.5.3. Agent i periodicitat

El nivell d'inspeccions i de proves s'indiquen en el Reial decret 809/2021 (ref. 33).

A continuació, es classifiquen els diferents paràmetres indicadors, tècniques de manteniment, l'estat, el nivell i la freqüència.

Taula 65. Programació d'activitats del WVO10 i WVO11

| Superfície | Paràmetre indicador | Tècnica | Estat | Nivell | Freqüència |
|------------|---------------------|--|----------------|--------|------------------------------|
| Externa | Corrosió | Inspeccions visuals o mesura l'espessor de la PIG de fuga de flux magnètic (MFL) | En servei | A | Empresa instal·ladora 3 anys |
| | Fissures | | | | |
| Interna | Fuites | Prova hidràulica | Fora de servei | C | O.C. 12 anys |
| | Fissuració | | | | |
| | Desgast | | | | |
| | Corrosió | | | | |

Encara que les freqüències d'inspeccions arriben a 12 anys, el fabricant recomana freqüències menors, ja que la vida útil de l'intercanviador de plaques es de 10 anys. A continuació s'especifica les recomanacions del fabricant:

- Inspecció externa visual: cada 2 anys.
- Inspecció interna de carcassa: cada 4 anys
- Prova de pressió: cada 8 anys

Taula 66. Programació d'activitats de les canonades.

| Superfície | Paràmetre indicador | Tècnica | Estat | Nivell | Freqüència |
|------------|---------------------|------------------------------------|----------------|--------|------------------------------|
| Externa | Corrosió | Inspeccions visuals | En servei | A | Empresa instal·ladora 3 anys |
| | Fuites | PIG de fuga de flux magnètic (MFL) | | | |
| | Fissura | | | | |
| Interna | Fuites | Ultrasons | Fora de servei | C | O.C. 6 anys |
| | Fissuració | | | | |
| | Desgast | | | | |
| | Corrosió | | | | |

Per a les inspeccions de la part superficial de les canonades es busca en general indicis de corrosió, fuites i descamació de pintura, ja que aquest recobriments de pintura serveix com a mitgadors de corrosió, protegeix a les superfícies externes de l'exposició del medi ambient.

Taula 67. Programació d'activitats de la PSV i vàlvules en general

| Superfície | Paràmetre indicador | Tècnica | Estat | Nivell | Freqüència |
|------------|-------------------------|---------------------|----------------|--------|------------------------------|
| Externa | Corrosió | Inspeccions visuals | En servei | A | Empresa instal·ladora 3 anys |
| | Fuites | | | | |
| Interna | Fuites | Inspeccions visuals | Fora de servei | B | O.C. 6 anys |
| | Desgast | | | | |
| | Corrosió | | | | |
| | Retarat PSV (molla PSV) | Recalibració | | | |

Per a les inspeccions de la part interna de les vàlvules de seguretat, s'obre i es realitza inspecció visuals detallada amb l'objectiu de detectar possibles fenòmens de degradació com ara corrosió, desgast mecànic o fuites en els components interns

7.5.4. Inspeccions de la instrumentació

Cada 2 anys, en les parades de la planta, s'inspeccionen internament (per Covestro) la instrumentació, a verificar la seva qualitat i funcionalitat.

8. MANUAL

8.1. Manual d'operació

Per tal de garantir un funcionament eficient de la instal·lació, prevenir possibles incidències durant el procés i vetllar per la seguretat del personal de planta, s'elabora el manual d'operació de la instal·lació.

8.1.1. Manual de posada en marxa (*Start up*)

A continuació es detallen els diferents passos per posar en marxa l'intercanviador

8.1.2. Comprovació abans de la posada en marxa

- a. Les connexions de les canonades són conformes als plànols i estan adequadament suportades.
- b. Les vàlvules de drenatge del condensat estan tancades.
- c. L'intercanviador de calor i les canonades estan degudament purgats.
- d. Qualsevol dispositiu de seguretat (PSV301) està connectat correctament.
- e. No hi ha factors de risc a les canonades que puguin causar pressió interna (cop d'ariet) o canvis bruscos de pressió.

8.1.3. Procés d'arrancada

En primer lloc, s'arranca el flux del costat fred, i després, s'arranca i s'augmenta gradualment el flux del costat calent.

8.1.4. Inici del procés d'intercanvi de calor (WVO10)

Per a iniciar el procés de l'intercanvi de calor, s'ha de seguir tots els passos de la "a" fins a la "e", començant pel costat fred. Es repeteix per al costat calent.

- a. Es tanquen les vàlvules de l'entrada MV301 i MV103 de l'intercanviador.
- b. S'obre la vàlvula de tancament de sortida MV304.
- c. S'obre la vàlvula de purga PV201.
- d. Es posa la bomba PA000 en marxa, per a impulsar la sosa que ve des del tanc BAO10.
- e. Seguidament, s'obren lentament les vàlvules d'entrada MV302 i MV103 d'acord amb les instruccions.

8.1.5. Inici del procés d'intercanvi de calor (WVO11)

Per a iniciar el procés de l'intercanvi de calor, s'ha de seguir tots els passos de la a fins "f" la "i", començant pel costat fred. Es repeteix per al costat calent.

- f. Es tanquen les vàlvules de l'entrada MV306 i MV106 de l'intercanviador WVO11.
- g. S'obre la vàlvula de tancament de sortida MV308.
- h. S'obre la vàlvula de purga PV202.
- i. Seguidament, s'obren lentament les vàlvules d'entrada MV304 i MV106 d'acord amb les instruccions

8.1.6. Manual de parada (programada/ d'emergència) (WVO10)

En cas d'emergència, s'ha de seguir el següent procediment manual de parada segura de l'intercanviador de calor WVO10. Si el procés del bescanviador de calor s'ha parat, també, s'ha de seguir els següents passos (primer començant amb el costat fred).

- a. Es tanca lentament la vàlvula d'entrada MV301.
- b. S'apaga la bomba PA000.
- c. Es tanca la vàlvula de sortida MV202.

Es disminueix gradualment el flux en el costat calent fins que es para completament. Després es tanca el costat fred.

- d. Es repeteix el mateix procediment amb el costat calent, però tancant les vàlvules corresponents del flux de vapor.

Seguidament, és important tenir en compte que les vàlvules s'han d'obrir gradualment. Una obertura i tancament bruscs de les vàlvules sotmetran al bescanviador de calor un xoc tèrmic, i poden causar fatiga del material.

8.1.7. Manual de parada (programada/ d'emergència) (WVO11)

En cas d'emergència, s'ha de seguir el següent procediment manual de parada segura de l'intercanviador de calor WVO11. Si el procés del bescanviador de calor s'ha parat, s'ha de seguir els següents passos (primer començant amb el costat fred).

- e. Es tanca lentament la vàlvules d'entrada MV304.
- f. Es tanca la vàlvules de sortida MV305.

Es disminueix gradualment el flux en el costat calent fins que es para completament. Després es tanca el costat fred.

- g. Es repeteix el mateix procediment amb el costat calent.

Seguidament, es important tenir en compte que les vàlvules s'han d'obrir gradualment. Una obertura i tancament bruscs de les vàlvules sotmetran al bescanviador de calor un xoc tèrmic, i poden causar fatiga del material.

En aplicacions del vapor, no deixeu la vàlvula de vapor connectada quan el costat del líquid esta desconnectat. Desconnectar el vapor primer i es connecta al final.

8.2. Manual de neteja

A continuació, s'esmenten els diferents tipus de neteja que cal aplicar en els bescanviadors WVO10 i WVO11.

8.2.1. Retrorentat

Els materials solts que s'acumulen en la superfície de les plaques poden eliminar-se, invertint el flux o per retrorentat amb aigua calenta o amb un producte de neteja. Es bombeja aigua tèbia neta o producte de neteja a alta velocitat (aprox. 2-3 vegades del normal) contra la direcció normal del flux (en tots dos costats o només en un costat). Les vàlvules de les canonades del procés estan tancades i les vàlvules per a la descàrrega estan obertes. Tota l'aigua bruta ha de tractar-se d'acord amb les regles i legislacions universals.

Descripció del sistema de retrorentat:

- a. Es tanquen les vàlvules MV302 i MV308. La temperatura del bescanviador de calor ha de ser entre 10°C i 30°C.
- b. Es descarrega el líquid del costat que s'ha de rentar, obrint la vàlvula MV309.

- c. Es connecta la mànega a la vàlvula MV303.
- d. L'aigua ha de circular pel bescanviador de calor per 10-15 minuts.
- e. Es comprova que els compostos orgànics i la brutícia han estat eliminats.
- f. Es para el flux d'aigua, tancant la vàlvula MV303.
- g. S'omple el bescanviador de calor amb el líquid del sistema d'acord amb el procediment de posada en marxa, es tanca la vàlvula MV309.

8.2.2. Neteja química

El procediment de neteja implica l'ús d'agents de neteja comuns, que normalment contenen additius que fan una neteja més efectiva i eviten la corrosió.

S'ha de tenir en compte que abans de la neteja química de l'intercanviador de calor s'ha de comprovar la resistència dels directors de flux d'aquest material.

Després del tractament químic és molt important esbandir les plaques acuradament amb aigua neta. Si hi ha possibilitat que durant la neteja de costat fred pot ocórrer una temperatura alta a l'intercanviador de calor, s'ha d'assegurar que la pressió del costat fred no augmenti massa.

- a. Tancar les vàlvules MV103 i MV202. La temperatura de l'intercanviador de calor ha de ser entre 10°C i 30°C.
- b. Connectar les mànegues del sistema de neteja (amb substàncies químiques) a les vàlvules MV102 i MV201.
- c. Omplir el tanc amb la solució química.
- d. Posar en marxa la bomba que connecta amb el tanc del fluid de neteja, tal com s'observa a la figura 15 i es deixa funcionar entre 30-40 minuts. Comprovar amb certa freqüència la concentració i activitat dels productes químics al costat de l'entrada i sortida de l'intercanviador de calor. Aturar la neteja quan ja no hi ha més canvis.
- e. Si la brutícia s'ha eliminat, descarregar i neutralitzar els productes químics de l'intercanviador de calor.
- f. Rentar la superfície de la placa per retro-rentament amb aigua neta.
- g. Després de netejar les superfícies de carcassa, es neteja acuradament els espais morts darrere dels directors de flux (si existeixen)
- h. Restablir l'operació normal de l'intercanviador de calor.
- i. Si cal repetir la neteja química: intentar que els productes químics i la brutícia d'acord amb les normes legislatives i lleis que tracten temes de seguretat i medi ambient.

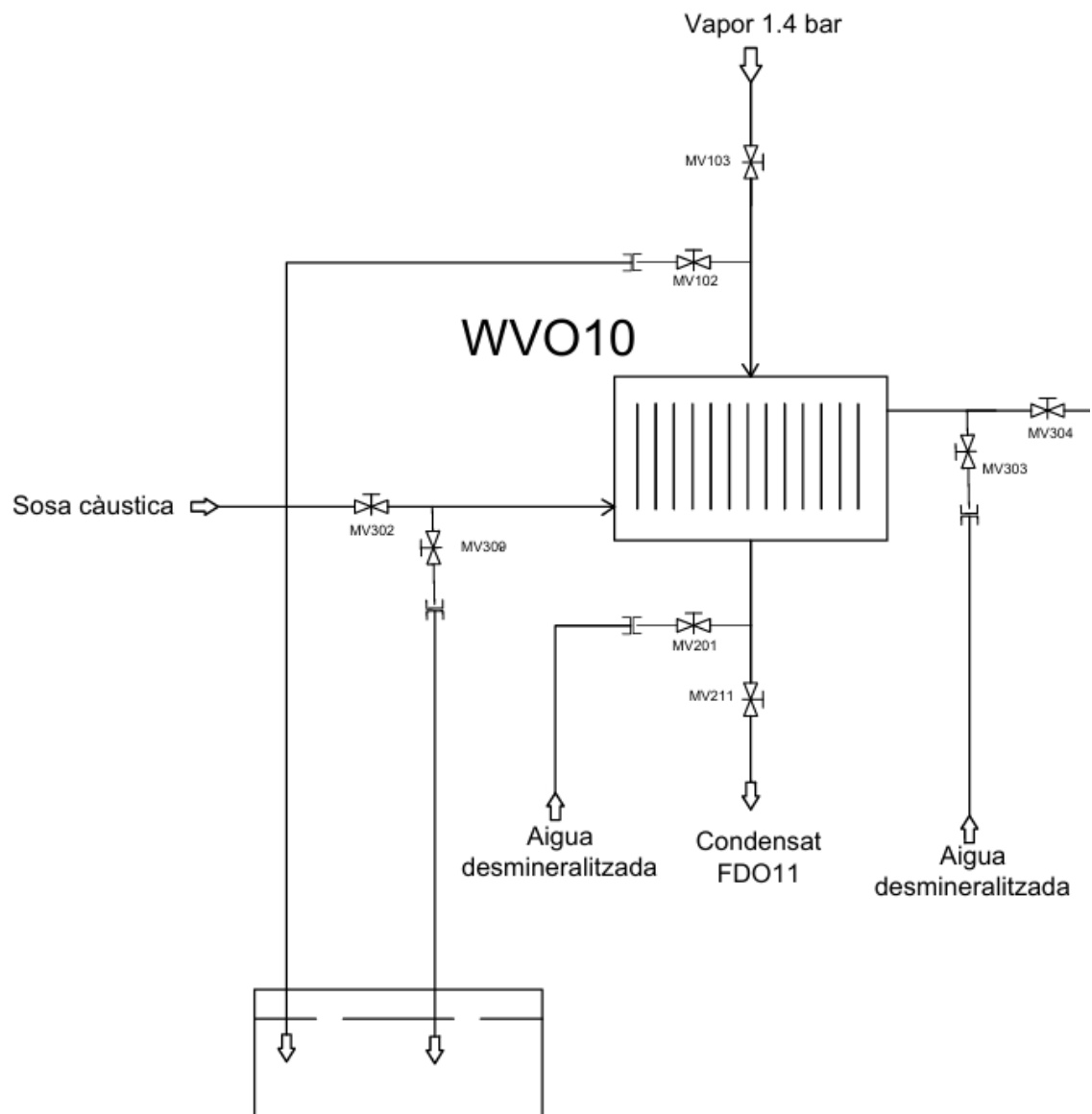


Figura 16. Esquema del procés de neteja.

Per netejar el intercanviador WVO11 es repeteix el mateix procediment.

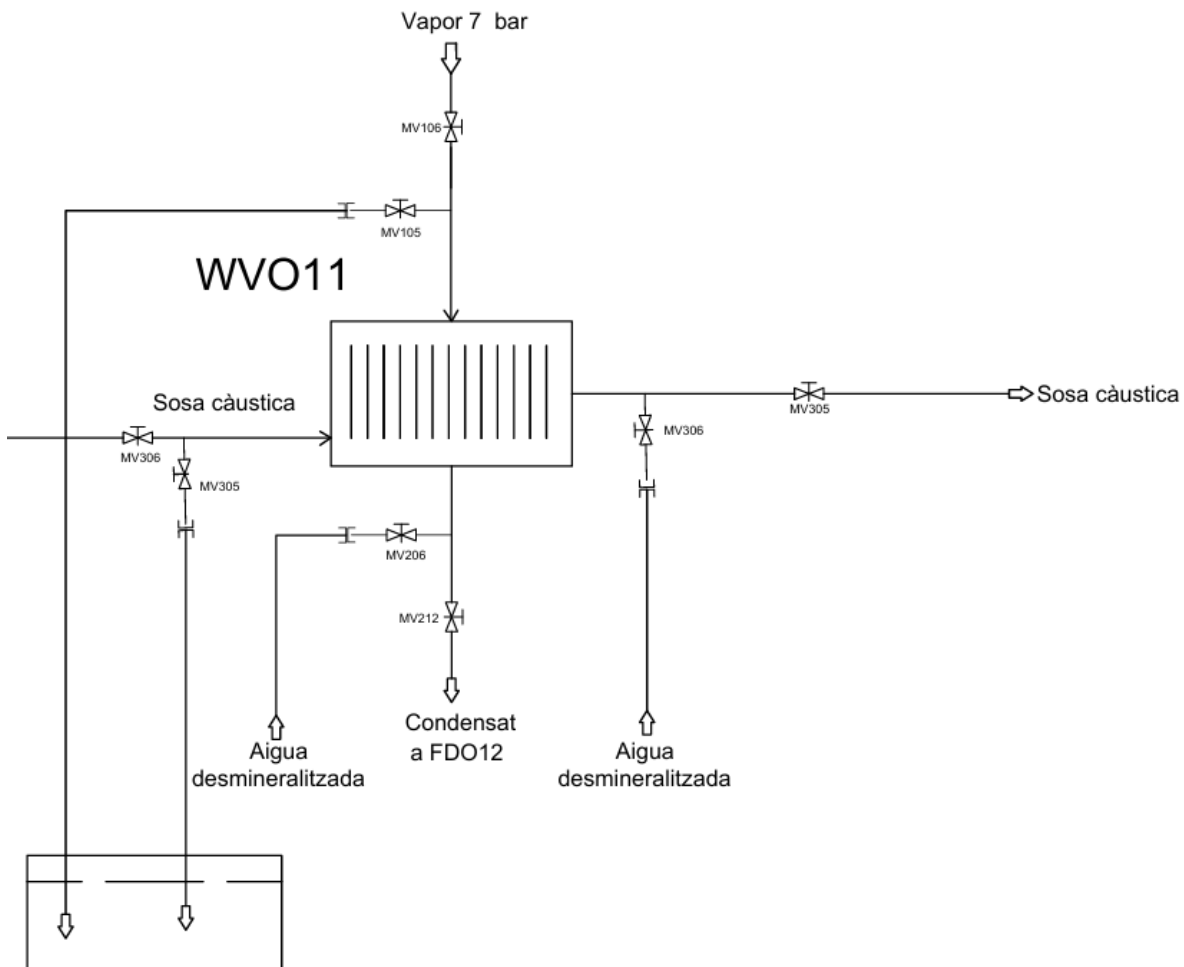


Figura 17. Esquema del procés de neteja.

8.2.3. Anàlisi després de la neteja

Després de la neteja es pren mostres per a detectar possibles contaminacions. En aquest apartat es mostra accions per a evitar la contaminació:

- **Instal·lar filtres:** per a filtrar possibles impureses o incrustacions que podrien dipositar-se a les superfícies d'intercanvi de calor.
- **Augmentar el cabal entre les plaques:** augmentar la velocitat del flux entre plaques incrementa la turbulència, la qual cosa redueix la tendència a la deposició de materials sobre les superfícies.
- **Refrescar més el medi o fer-ho en intervals més curts:** augmentar la freqüència de renovació o neteja del fluid, o realitzar purgues més sovint, pot reduir l'acumulació de contaminants.

8.3. Manual de detecció i solució de possibles errors operatius

8.3.1. Pèrdua interna

Quan es produeix una possible pèrdua interna és quan hi ha una barreja de fluids. Rendiment moll baix i pèrdua de càrrega elevada.

- **Causa:** Placa fissurada a causa del cop d'ariet o del xoc tèrmic. Un forat en la placa a causa de la corrosió. La pressió interna i el desgast mecànic.
- **Comprovació:** Comprovar que el líquid al costat de la placa és visible en el costat de carcassa (el fluid de pèrdua és visible en la canonada de la sortida). Es tanca les vàlvules del costat de la placa o de la carcassa i s'utilitza un mesurador per veure si la pressió cau. Comprovar que les dades del procés, si estan disponibles. Pressuritzar la carcassa i es busca la pèrdua.
- **Acció:** Contactar amb el fabricant.

8.3.2. Declivi gradual del rendiment de la transferència de calor

- **Causa:** Acumulació lenta d'impureses en les superfícies de la placa en el costat de la placa i de la carcassa.
- **Comprovació:** Utilitzar un endoscopi si és possible. Si el costat de la carcassa està net, la brutícia del costat de la placa és el responsable del endarreriment de la transferència de calor.
- **Acció:** Netejar l'intercanviador d'acord amb les instruccions del manual de neteja.

9. AVALUACIÓ ECONÒMICA

Per decidir finalment si s'executa el projecte es realitza un estudi de viabilitat econòmica. En aquesta estimació de costos es tindran en compte tots els equips, la instrumentació i les canonades a instal·lar.

9.1. Inversió en capital fix

Com es tracta d'una proposta de millora energètica de la planta Covestro, no es té en compte el terreny com a despesa d'inversió. Els preus dels bescanviadors de calor, equips d'instrumentació i vàlvules s'han obtingut directament de catàlegs i/o pressupostos facilitats pels fabricants. Alguns elements no es tenen en compte perquè ja es troben presents a la instal·lació.

El preu de canonades es consulta mitjançant proveïdors tenint en compte el preu per metre de canonada, així com el preu per metre de l'aïllament tèrmic.

Taula 68. Cost dels equips del procés obtingut a partir de catàlegs (ref. 34) (ref. 35).

| Ítem | Unitats | Preu unitari (€) | Preu total (€) |
|----------------------------|---------|------------------|----------------|
| Equips | | | |
| Bescanviador WV010 | 1 | 60130 | 60130 |
| Bescanviador WV011 | 1 | 26221 | 26221 |
| Canonades | | | |
| DN 250 | 1 | 65520 | 65520 |
| DN 150 | 4 | 1875.0 | 7500.0 |
| DN 50 | 2 | 5500.0 | 1100.0 |
| DN 200 | 1 | 2600.0 | 2600.0 |
| Instrumentació | | | |
| Transmissor de temperatura | 2 | 522.70 | 1045.0 |
| Indicador de pressió | 2 | 1044.0 | 2088.0 |
| Indicador de temperatura | 2 | 300.00 | 600.00 |
| Vàlvules | | | |
| Vàlvula manual DN 50 | 6 | 800.00 | 4800.0 |
| Vàlvula manual DN 150 | 8 | 3500.0 | 28000 |
| Vàlvula manual DN 250 | 3 | 7000.0 | 21000 |
| Vàlvula reguladora DN 250 | 2 | 9000.0 | 18000 |
| Vàlvula automàtica DN 150 | 2 | 3500.0 | 7000.0 |
| Vàlvula automàtica DN 250 | 1 | 6500.0 | 6500.0 |
| PSV | 1 | 1500.0 | 1500.0 |

El cost de la inversió total obtinguda es multiplica per un factor multiplicant d'1.5 per considerar possibles desviacions i per tindre en compte el capital de treball. Obtenint així una inversió inicial de 291,646 €.

9.2. Costos variables

Respecte als costos variables, es consideren aquells associats directament al procés de producció. Per tal d'estimar el cost total, s'inclou tant el preu de la matèria primera com els costos de consum d'*utilities* (com ara aigua desmineralitzada, aire industrial, etc.). No es té en compte la despesa d'energia elèctrica, ja que els bescanviadors de calor treballen amb un fluid tèrmic, no electricitat, ni tampoc s'inclouen bombes o compressors que necessiten energia.

Taula 69. Despeses del projecte.

| Producte | Quantitat (t/h) | Hores | Preu/Tonelada (€) | Total (€/any) |
|-----------------|-----------------|-------|-------------------|---------------|
| Vapor estalviat | 2.610 | 8660 | 40.00 | 906,8 € |

Taula 70. Resum del cost de les *utilities*.

| Utilities | Unitats | Quantitat anual | Cost anual (€) |
|------------------------|--------------------|-----------------|----------------|
| Aigua desmineralitzada | m ³ /h | 20.00 | 200.0 |
| Aire industrial | Nm ³ /h | 4.950 | 100.0 |
| Aire d'instruments | Nm ³ /h | 7.920 | 158.0 |

9.3. Costos generals

Dins dels costos totals, cal tenir en compte no només els costos directament relacionats amb el procés productiu, sinó també aquells derivats de la gestió empresarial. En aquest sentit, s'inclouen els costos d'administració, distribució i serveis, així com les possibles despeses associades a activitats d'investigació i desenvolupament (R+D) del producte o dels equips del procés.

Taula 71. Costos generals associats al procés.

| Costos generals | Cost total/any (€) |
|-----------------------|--------------------|
| Costos administratius | 1.500 |
| Investigació | 4.500 |

Les despeses anuals del procés resulten en un total de 913,2 €.

9.4. Ingressos

Els ingressos nets del projecte provenen principalment de l'estalvi de vapor saturat que s'aconsegueix en el procés.

Per realitzar l'aproximació de l'estalvi de vapor, es realitzarà la diferència entre la quantitat necessària de vapor si només s'utilitzarà vapor de 7 bar, menys la quantitat de vapor d'1.4 bar que es pot aprofitar. Com els vapors considerats són de diferent pressió, es fa una estimació mitjançant un càlcul d'entalpies, seguint l'equació 9.1.1.

$$\text{Vapor 7 bar equivalent} = \text{Vapor 1.4 utilitzat} \times \frac{h_{fg}(1.4 \text{ bar})}{h_{fg}(7 \text{ bar})} \quad (9.1.1)$$

Finalment, es determina que s'estalvia un total 2.82 t/h de vapor de 7 bar. És a dir un estalvi de 979,7 €.

Com a base inicial d'ingressos del projecte es tenen en compte els valors especificats a la taula 72, on es mostra el preu de mercat utilitzat per calcular els guanys del procés.

Taula 72. Ingressos del projecte.

| Producte | Quantitat (t/h) | Hores | Preu/Tonelada (€) | Total (€/any) |
|---------------|-----------------|-------|-------------------|---------------|
| Vapor inicial | 5.446 | 8660 | 40.00 | 1,866 € |

9.5. Estudi de viabilitat

Un cop determinat el valor de la inversió requerida i els costos de producció associats, es pot analitzar la viabilitat econòmica del projecte. Aquesta anàlisi és clau per orientar la presa de decisions per part dels inversors i per elaborar un informe final amb un nivell de detall i precisió més elevat. Per dur a terme aquesta avaluació, s'aplica el mètode financer del Valor Actual Net (VAN), seguint l'equació 9.1.2.

Si el resultat del VAN és positiu, es considera que el projecte és rendible i, per tant, es recomana dur-lo a terme [36].

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+k)^i} \quad (9.1.2)$$

Per tal de conèixer els fluxos de caixa es realitza el compte de resultats, el qual es reflecteix en la taula 73.

L'amortització de la inversió fixa es determina amb l'equació 9.1.3.

$$Amortització = \frac{I_{fix} - VR}{n} \quad (9.1.3)$$

$$Cash\ Flow = BDI + Amortització \quad (9.1.4)$$

Taula 73. Fluxos de caixa del projecte.

| | Any 1 | Any 2 | Any 3 | Any 4 | Any 5 | Any 6 | Any 7 | Any 8 | Any 9 | Any 10 |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Ingressos (€) | 1,887 | 1,887 | 1,887 | 1,887 | 1,887 | 1,887 | 1,887 | 1,887 | 1,887 | 1,887 |
| -Despeses (€) | 913.8 | 913.8 | 913.8 | 913.8 | 913.8 | 913.8 | 913.8 | 913.8 | 913.8 | 913.8 |
| -Amortització (€) | 25.30 | 25.30 | 25.30 | 25.30 | 25.30 | 25.30 | 25.30 | 25.30 | 25.30 | 25.30 |
| BAI (€) | 947.5 | 947.5 | 947.5 | 947.5 | 947.5 | 947.5 | 947.5 | 947.5 | 947.5 | 947.5 |
| -Impostos (€) | 284.2 | 284.2 | 284.2 | 284.2 | 284.2 | 284.2 | 284.2 | 284.2 | 284.2 | 284.2 |
| BDI (€) | 663.2 | 663.2 | 663.2 | 663.2 | 663.2 | 663.2 | 663.2 | 663.2 | 663.2 | 663.2 |
| CF= BDI+A (€) | 688.5 | 688.5 | 688.5 | 688.5 | 688.5 | 688.5 | 688.5 | 688.5 | 688.5 | 688.5 |

Així s'obté un flux de caixa anual de 688.5 €. El VAN és calculat amb una taxa d'oportunitat del 15%. Resulta un VAN de 3.17 M €.

Finalment, es calcula el període de retorn de la inversió (*Payback Period*), el qual indica el temps necessari per recuperar la inversió inicial a partir dels fluxos de caixa obtinguts al compte de resultats, s'obté mitjançant l'equació 9.1.5. (ref. 36):

$$\text{Payback Period} = \frac{I_0}{CF} \quad (9.1.5)$$

Taula 74. Resultats de l'anàlisi econòmic.

| Metodologia | Resultat |
|-------------------------------|-----------------|
| VAN (M€) | 3.17 |
| <i>Payback Period</i> (mesos) | 6 |

9.6. Certificat d'Estalvi Energètic

Un Certificat d'Estalvi Energètic (CAE) és un document electrònic que garanteix que, després de dur a terme una actuació d'eficiència energètica, s'ha aconseguit un nou estalvi d'energia final equivalent a 1 kWh. (ref. 37) D'aquesta manera, depenent de l'estalvi energètic, s'obtenen els CAE.

Actualment, s'estalvien 2.82 t/h de vapor de 7 bar, els quals equivalen a 24,445 t/any. Per calcular l'energia estalviada s'utilitza l'equació 9.1.6.

$$\text{Energia estalviada} = \text{Estalvi en } \frac{\text{kg}}{\text{h}} * \text{Entalpia del vapor } \frac{\text{KJ}}{\text{KG}} \quad (9.1.6)$$

Dona com a resultat un estalvi de 50,478 kJ/any. Si es realitza la conversió en kWh s'obtenen 14,021 kWh/any d'estalvi.

El preu del CAE segons el IDAE i el mercat CAE en 2024-2025, pot rondar entre els 0.02-0.06 €/kWh. Per realitzar els càlculs s'agafa el valor mitjà de referència 0.04 €/kWh (ref. 38).

Finalment, el valor dels CAE és igual a 560,870 €.

Amb aquests resultats es tornarà a realitzar el càlcul del VAN i el *Payback Period* per tal d'observar les diferències.

Taula 75. Resultats de l'anàlisi econòmic tenint en compte el certificat d'estalvi energètic.

| Metodologia | Resultat |
|-------------------------------|-----------------|
| VAN (M€) | 5.13 |
| <i>Payback Period</i> (mesos) | 4 |

S'observa que s'aconsegueix un increment notori del VAN en 1.9 M€ més, així com una reducció del *Payback Period* de 2 mesos.

10. CONCLUSIONS

Finalitzat el projecte d'aprofitament energètic de vapor d'1.4 bar es poden extreure diverses conclusions que engloben tot l'abast del projecte.

Inicialment, es realitza un estudi d'alternatives per tal d'escollir el fluid a transportar. Es decideix transportar el vapor sobreescalfat cap a la planta d'ELO per abaratir costos i perquè és un fluid que comporta menys problemàtiques a l'hora de transportar-lo. Així mateix, es realitza un estudi d'alternatives per tal d'escollir el tipus de bescanviador que escalfarà la sosa càustica fins als 120°C.

Després d'analitzar tècnicament les dues opcions per al disseny del bescanviador de calor, tant el sistema clàssic de tubs i carcassa com el model compacte de Vahterus (carcassa i plats) s'han avaluat diversos factors com l'eficiència tèrmica, el % del vapor estalviat, la superfície d'intercanvi requerida, el manteniment i la integració amb el procés existent.

L'alternativa de tubs i carcassa, tot i ser una tecnologia molt efectiva i coneguda, requereix una superfície d'intercanvi més gran, cosa que implica un equip més voluminós i costós. A més s'ha obtingut un valor d'eficiència tèrmica del 70.62%. Per contra, el model Vahterus ha demostrat una major eficiència tèrmica del 85.58% amb una superfície d'intercanvi inferior i un disseny més compacte, cosa que facilita la seva instal·lació i manteniment dins les condicions de la planta. Així mateix, el seu disseny sense juntes entre les plaques, minimitza les fuites i ofereix més seguretat en l'operació.

Per tot això, s'ha escollit l'alternativa Vahterus com la més adequada i eficient per al procés d'escalfament de la sosa càustica.

Una vegada obtingut el disseny dels bescanviadors, es dissenya correctament l'estratègia de control i instrumentació necessària per als dos intercanviadors WVO10 i WVO11, per a garantir el funcionament de l'equip i maximitzar la seguretat de la instal·lació. Aquest es veu reflectit en el P&ID0022.

Pel que fa a l'estudi ambiental, s'ha analitzat la reducció de vapor que comporta la implantació del sistema de recuperació de vapor a baixa pressió. Aquest ha permès una reducció de les emissions de CO₂, passant de 8964.5 tones a 4653.6 tones anuals.

Amb la definició dels llistats d'equips, vàlvules i instrumentació, s'ha pogut definir una estratègia de manteniment per a cadascun dels actius, així mateix, s'ha estudiat la freqüència d'inspeccions dels equips i s'ha especificat les diferents tècniques de manteniment.

Per a tancar el projecte, es realitza un estudi econòmic per tal de comprovar si el projecte és econòmicament viable, es determina una inversió inicial de 291.646 € amb un VAN de 3.16M€ i un *Payback Period* de 6 mesos. Tenint en compte els certificats d'estalvi energètic, els quals són atorgats per l'Estat per tal de recuperar part del cost d'inversió fet en eficiència energètica, es recalculen els resultats obtinguts inicialment i s'obté un nou VAN de 5.13 M€ i un nou *Payback Period* de 4 mesos.

11. **BIBLIOGRAFIA**

1. Epcland. (U-Tube Heat Exchangers: Comprehensive Guide II 5 FAQs, Quiz & Video - Blog EPCLand. Blog EPCLand. (2023, 30 agosto). Recuperat 30 abril de 2025, de <https://blog.epcland.com/u-tube-heat-exchangers/>
2. Universitat Rovira i Virgili. (s.f.). Diseño de intercambiadores de calor de tubo y carcasa [Presentación]. https://campusvirtual.urv.cat/pluginfile.php/5227906/mod_resource/content/0/Presentaciones/6A-Diseno_Tubo_Carcasa.pdf
3. Home | Occupational Safety and Health Administration. (s.d.). Recuperat 18 maig 2025, de <https://www.osha.gov/>
4. Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (1999). Chemical Engineering: Fluid Flow, Heat Transfer and Mass Transfer (Vol. 1, 6th ed.). Butterworth-Heinemann. (Capítulos 1 y 6).
5. Deutsches Institut für Normung. Tubos metálicos industriales para uso a presión – Requisitos generales (DIN EN 13480).
6. Google. *Goople Maps*. (2025). Recuperat 12 març 2025, de <https://www.google.com/maps?hl=es>
7. Servei Meteorològic de Catalunya | *El temps a Catalunya*. (s.f.). Recuperat 05 abril 2025, de <https://www.meteo.cat/>
8. *Avaluació del risc sísmic a Catalunya* | icgc. (s.f.). Recuperat 05 abril 2025, de <https://www.icgc.cat/ca/Geoinformacio-i-mapes/Dades-i-productes/Geoinformacio-geologica-i-geofisica/Sismologia/Mapes-depicentres-i-altres-informacions-sismiques/Avaluacio-del-risc-sismic-Catalunya>
9. *Plaques soldades Vahterus*. (s. f.). Recuperat 15 abril de 2025, de <https://jnegre.com/ca/producto/intercanviador-de-plaques-soldades-vahterus/>
10. *Transferencia de calor i massa*. (s. f.). Recuperat 15 abril de 2025, de <https://pavisva.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/01/transferencia-de-calor-y-masa-yunus-cengel.pdf>
11. Kentish, D. N. W. (1988). *Tuberías industriales: Diseño, selección, cálculo, accesorios*. Urmo, S.A. de Ediciones
12. Pirobloc. (s. f.). *Cálculo de pérdidas de carga en tuberías*. Recuperat el 20 maig de 2025, de <https://www.pirobloc.com/blog-es/calculo-perdidas-carga/>
13. Aceroa Aceros Especiales S.L. (2024). Aceroa: Especialistas en aceros especiales. Recuperat el 28 maig de 2025, de <https://www.aceroa.com/>
14. Acerinox, S.A. (s. f.). Acerinox: Acero inoxidable y sostenibilidad. Recuperado el 9 de junio de 2025, de <https://www.acerinox.com/es/index.html>
15. *Inicio - AENOR Certificaciones de aislamiento térmico*. (2020, 21 diciembre). Recuperat 30 abril 2025, de <https://aislamientocertificado.aenor.com/>
16. *Calculadora de fluidos*. (s. f.). Recuperat 20 abril de 2025, de <https://www.burkert.es/es/servicio-asistencia/centro-de-documentacion/glosario/calculadora-de-fluidos>
17. *What Is Valve Flow Coefficient and How to Calculate It?* (s. f.-b). Electricsolenoidvalves.com. Recuperat 20 abril de 2025, de <https://www.electricsolenoidvalves.com/blog/valve-flow-coefficient-how-calculate/>
18. Javed, R. *Calculadora de coeficiente de flujo Cv en línea*. CalculatorsHub. (2024, 15 marzo). Recuperat 20 abril de 2025, de <https://calculatorshub.net/es/calculadoras-matematicas/calculadora-de-coeficiente-de-flujo-cv/>

19. Villajulca, J. *Ejemplo paso a paso.. Como Dimensionar una válvula de control. Instrumentacion y Automatizacion Industrial.* (2020, 3 mayo). Recuperat 10 mayo de 2025. <https://instrumentacionycontrol.net/ejemplo-paso-a-paso-como-dimensionar-una-valorula-de-control/>
20. Universitat Rovira i Virgili. (s.f.). Seguridad industrial: Presentación tema 1 [Presentación]. Recuperat 10 mayo de 2025. https://campusvirtual.urv.cat/pluginfile.php/5095418/mod_resource/content/15/SegInd%20Presentacion%20Tema%201.pdf
21. *Matriz de riesgo: Importancia y ejemplos | SafetyCulture.* SafetyCulture. (2025, 16 abril). Recuperat 20 mayo, de <https://safetyculture.com/es/temas/evaluacion-de-riesgos/matriz-de-riesgo/>
22. Universitat Rovira i Virgili. (s.f.). Zonas ATEX: Clase 5. Presentació Document de protecció contra explosions (DPCE) 23-24 [Presentación]. https://campusvirtual.urv.cat/pluginfile.php/5095532/mod_resource/content/1/Clase%205%20Presentacio%20Document%20de%20protecci%C3%B3%20contra%20explosions%20%28DPCE%29%2023-24.pdf
23. Generalitat de Catalunya. (2002). *Llei 16/2002, de 28 de juny, de protecció contra la contaminació acústica.* Butlletí Oficial de l'Estat, núm. 177. Recuperat el dia 15 de maig de 2025. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2002-14987>
24. Generalitat de Catalunya. (2005). Decret 245/2005, de 8 de novembre, pel qual es fixen els criteris per a l'elaboració dels mapes de capacitat acústica. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, núm. 4507. Recuperat el dia 15 de maig de 2025. https://www.certificacioacustica.cat/wp-content/uploads/Decret-245_2005.pdf
25. Generalitat de Catalunya. (2002, 28 de juny). *Llei 16/2002, de 28 de juny, de protecció contra la contaminació acústica.* Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, núm. 3675, 11 de juliol de 2002. Recuperat el dia 15 de maig de 2025. <https://portaljuridic.gencat.cat/ca/document-del-pjur/?documentId=275064>
26. Generalitat de Catalunya. (2009, 10 de novembre). *Decret 176/2009, de 10 de novembre, pel qual s'aprova el Reglament de la Llei 16/2002, de 28 de juny, de protecció contra la contaminació acústica, i se n'adapten els annexos.* Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, núm. 5523, 18 de novembre de 2009. Recuperat el dia 15 de maig de 2025. <https://portaljuridic.gencat.cat/ca/document-del-pjur/?documentId=534022>
27. Generalitat de Catalunya. (2001, 31 de maig). *Llei 6/2001, de 31 de maig, d'ordenació ambiental de l'enllumenament per a la protecció del medi nocturn.* Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, núm. 3407, 12 de juny de 2001. Recuperat el dia 15 de maig de 2025. <https://portaljuridic.gencat.cat/ca/document-del-pjur/?documentId=259200>
28. Pérez Rondón, F. A. (2021). *Conceptes generals en la gestió del manteniment industrial.* Bucaramanga, Colòmbia: Edicions Universitat Santo Tomás. Recuperat el dia 20 de maig de 2025.
29. Montilla Montaña, C. A. (2020). *Fonaments de manteniment industrial.* (Títol original: *Fundamentos de mantenimiento industrial*). Bogotá, Colòmbia: Ediciones de la U. Recuperat el dia 20 de maig de 2025.
30. Ministeri d'Indústria, Comerç i Turisme. (2015, 24 de juliol). *Annex II: Classificació dels equips a pressió. Reial decret 709/2015, de 24 de juliol, pel qual s'estableixen els requisits essencials de seguretat per a la comercialització dels equips a pressió.* Boletín Oficial del Estado, núm. 177, 25 de juliol de 2015, p. 61896. Recuperat el dia 25 de maig de 2025.

31. Parlament Europeu i Consell de la Unió Europea. (2008, 16 de desembre). *Reglament (CE) núm. 1272/2008 del Parlament Europeu i del Consell, de 16 de desembre de 2008, sobre classificació, etiquetatge i envasament de substàncies i mescles, i pel qual es modifiquen i derogan les directives 67/548/CEE i 1999/45/CE i es modifica el Reglament (CE) núm. 1907/2006*. Recuperat el dia 20 de maig de 2025. Diari Oficial de la Unió Europea, L 353, 31/12/2008, pp. Recuperat el dia 25 de maig de 2025. 1–1355
32. Red-Bag. (n.d.). *PED classification*. <https://www.red-bag.com/ped-classification.html>
33. Govern d'Espanya. (2021, 21 de setembre). Reial decret 809/2021, de 21 de setembre, pel qual s'aprova el Reglament d'equips a pressió i les seves instruccions tècniques complementàries. Boletín Oficial del Estado, núm. 243, 11 d'octubre de 2021, pp. 121.317–121.510. Recuperat el dia 25 de maig de 2025.
34. XOMOX® - CRANE ChemPharma & Energy. (s.f.). Recuperat 15 maig 2025, de <https://cranecpe.com/brand/xomox/>
35. Inicio - Home - Instrumentos WIKA S.A.U. España. (s.f.). Recuperat 15 maig 2025, de https://www.wika.com/es-es/pagina_inicial.WIKA
36. Allen, Franklin; Meyer, Stewart; Breal, Richard A. (2006). Principios de Finanzas Corporativas (Octava edición). McGraw-Hill. pp. 100-101
37. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Sistema de Certificados de Ahorro Energético (CAE)*. (s.f.). Recuperat 20 maig 2025, de <https://www.miteco.gob.es/es/energia/eficiencia/cae.html>
38. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (s.f.). IDAE. Recuperat 01 de juny 2025, de <https://www.idae.es>

ANNEXOS

A.1. FITXA D'ESPECIFICACIÓ INTERCANVIADOR

A continuació, es mostren les fitxes tècniques de l'estudi realitzat

| | | | |
|----------------|-------------------------|---------------|----------------------|
| Offer Number | A25-29-8631A | Customer | J. Negre C., S.L. |
| Position no. | A25-29-8631-1 | Project | |
| Operating case | Design case 2 T/H 48000 | Reference | 251147360 - covestro |
| Offer by | Virpi Ääritalo | Item name/no. | Condenser |

**Plate & Shell Heat Exchanger
Type PSHE: 4LL-264/3/1
Condenser**

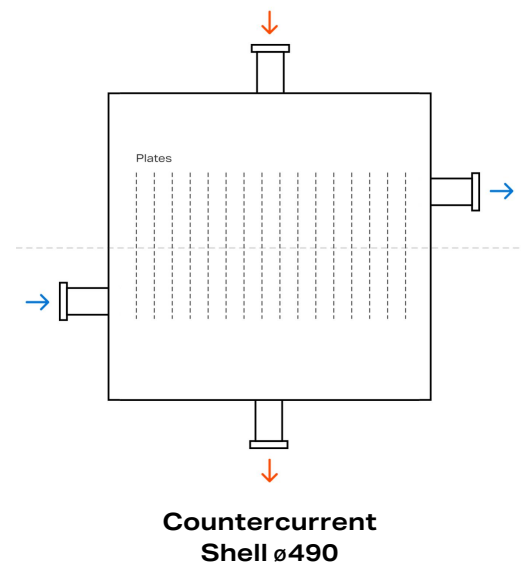
Thermal Design

| | | |
|--------------------|--------------------|---------|
| Capacity | kW | 1238.81 |
| Heat transfer area | m ² | 42.49 |
| Logarithmic mean T | °C | 17.22 |
| K-value | W/m ² K | 1692.86 |
| Fouling factor | m ² K/W | |
| Excess Design/Area | % | 26.5/97 |

| | | Plate Side (Cold) | Shell Side (Hot) |
|------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| Temp.IN | °C | 79 | 110 |
| Temp.OUT | °C | 101.66 | 110 |
| Condensing temperature | °C | | 110 |
| Flow rate | kg/h | 48000 | 2000 |
| Pressure drop | kPa | 40.89 | 0.52 |
| Liquid volume | dm ³ | 46.52 | 65.36 |

Medium

| | | 30-m% NaOH | WATER (1.43 bar(a)) |
|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| Dynamic viscosity | cP | 2 | |
| Specific gravity | kg/m ³ | 1130 | |
| Specific heat | J/kgK | 4100 | |
| Thermal conductivity | W/mK | 0.72 | |



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

| Connections | Size (DN) | Nb. of pieces | Velocity (m/s) |
|--------------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| Plate side IN | 80 | 1 | 2.47 |
| Plate side OUT | 80 | 1 | 2.47 |
| Shell side IN | 200 | 1 | 20.07 |
| Shell side OUT | 50 | 1 | 0.27 |

Construction Design

| | | | |
|--------------------|--------|----------------------------|------------------------|
| End Type | - | Welded End Plates | Content: Dangerous |
| Weight (dry) | kg | 406 | Category: III |
| Position | - | Horizontal | Module: B(PT)+D |
| Support | - | End plate feet (Welded CS) | Inspector: Vahterus Oy |
| Design code | - | PED | |
| Design temperature | °C | 0/150 | |
| Design pressure | bar(g) | -1/10 | |

Materials

| | |
|------------------------|---|
| Plate material | Titanium 1.0 mm |
| Shell material | Carbon Steel |
| Flow director material | PTFE |
| Plate connections | WN-RF-Flange DN 80 PN10-16 Ti F2 SB-381 EN 1092-1/11 |
| Shell connections IN | WN-RF-Flange DN 200 PN16 C22.8 EN10222-2 |
| Shell connections OUT | WN-RF-Flange DN 50 PN10-16 C22.8 EN10222-2 |
| Surface Treatment CS | System 3, White (INTERZINC 52, 80 µm + INTERCURE 99, 240 µm, white) |
| Surface Treatment SS | System 3, White (INTERCURE 99, 240 µm, white) |

Performance is conditioned on the accuracy of customer's data and customers ability to supply equipment and products in conformity therewith

| | | | |
|----------------|-------------------------|---------------|----------------------|
| Offer Number | A25-29-8631A | Customer | J. Negre C., S.L. |
| Position no. | A25-29-8631-1 | Project | |
| Operating case | Design case 2 T/H 54000 | Reference | 251147360 - covestro |
| Offer by | Virpi Ääritalo | Item name/no. | Condenser |

**Plate & Shell Heat Exchanger
Type PSHE: 4LL-264/3/1
Condenser**

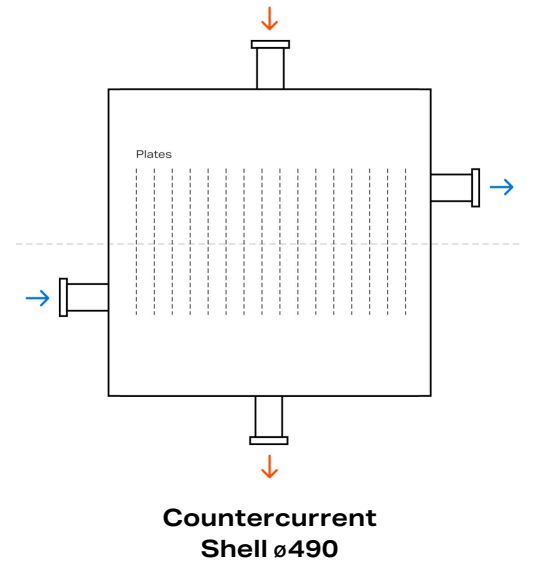
Thermal Design

| | | |
|--------------------|--------------------|----------|
| Capacity | kW | 1238.81 |
| Heat transfer area | m ² | 42.49 |
| Logarithmic mean T | °C | 19.16 |
| K-value | W/m ² K | 1521.65 |
| Fouling factor | m ² K/W | |
| Excess Design/Area | % | 36.7/140 |

| | | Plate Side (Cold) | Shell Side (Hot) |
|------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| Temp.IN | °C | 79 | 110 |
| Temp.OUT | °C | 99.14 | 110 |
| Condensing temperature | °C | | 110 |
| Flow rate | kg/h | 54000 | 2000 |
| Pressure drop | kPa | 50.96 | 0.52 |
| Liquid volume | dm ³ | 46.52 | 65.36 |

Medium

| | | 30-m% NaOH | WATER (1.43 bar(a)) |
|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| Dynamic viscosity | cP | 2 | |
| Specific gravity | kg/m ³ | 1130 | |
| Specific heat | J/kgK | 4100 | |
| Thermal conductivity | W/mK | 0.72 | |



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

| Connections | Size (DN) | Nb. of pieces | Velocity (m/s) |
|--------------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| Plate side IN | 80 | 1 | 2.78 |
| Plate side OUT | 80 | 1 | 2.78 |
| Shell side IN | 200 | 1 | 20.07 |
| Shell side OUT | 50 | 1 | 0.27 |

| | | | |
|----------------|-------------------------|---------------|----------------------|
| Offer Number | A25-29-8631A | Customer | J. Negre C., S.L. |
| Position no. | A25-29-8631-1 | Project | |
| Operating case | Design case 2 T/H 41000 | Reference | 251147360 - covestro |
| Offer by | Virpi Ääritalo | Item name/no. | Condenser |

**Plate & Shell Heat Exchanger
Type PSHE: 4LL-264/3/1
Condenser**

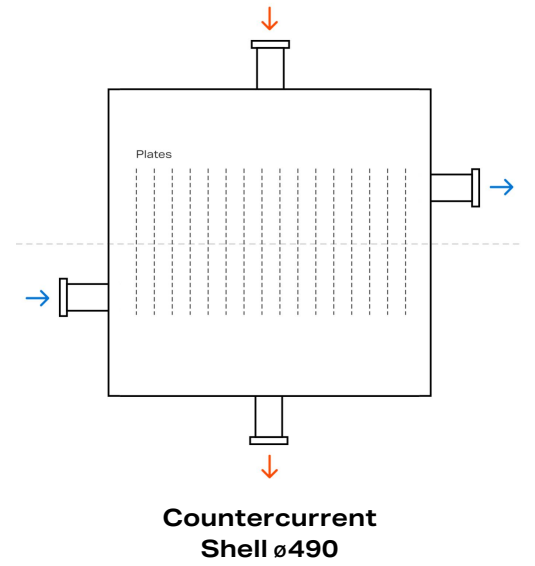
Thermal Design

| | | |
|--------------------|--------------------|----------|
| Capacity | kW | 1238.81 |
| Heat transfer area | m ² | 42.49 |
| Logarithmic mean T | °C | 13.67 |
| K-value | W/m ² K | 2133.02 |
| Fouling factor | m ² K/W | |
| Excess Design/Area | % | 7.8/24.5 |

| | | Plate Side (Cold) | Shell Side (Hot) |
|------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| Temp.IN | °C | 79 | 110 |
| Temp.OUT | °C | 105.53 | 110 |
| Condensing temperature | °C | | 110 |
| Flow rate | kg/h | 41000 | 2000 |
| Pressure drop | kPa | 30.53 | 0.52 |
| Liquid volume | dm ³ | 46.52 | 65.36 |

Medium

| | | 30-m% NaOH | WATER (1.43 bar(a)) |
|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| Dynamic viscosity | cP | 2 | |
| Specific gravity | kg/m ³ | 1130 | |
| Specific heat | J/kgK | 4100 | |
| Thermal conductivity | W/mK | 0.72 | |



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

| Connections | Size (DN) | Nb. of pieces | Velocity (m/s) |
|--------------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| Plate side IN | 80 | 1 | 2.11 |
| Plate side OUT | 80 | 1 | 2.11 |
| Shell side IN | 200 | 1 | 20.07 |
| Shell side OUT | 50 | 1 | 0.27 |

| | | | |
|----------------|-----------------|---------------|----------------------|
| Offer Number | A25-29-8631A | Customer | J. Negre C., S.L. |
| Position no. | A25-29-8631-1 | Project | |
| Operating case | Design case max | Reference | 251147360 - covestro |
| Offer by | Virpi Ääritalo | Item name/no. | Condenser |

**Plate & Shell Heat Exchanger
Type PSHE: 4LL-264/3/1
Condenser**

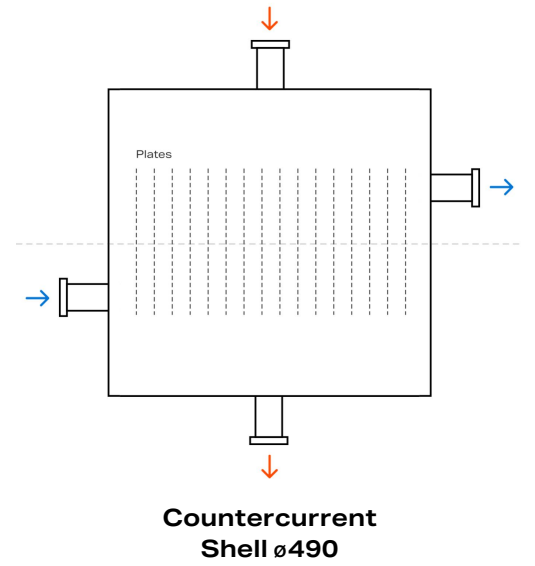
Thermal Design

| | | |
|--------------------|--------------------|---------|
| Capacity | kW | 1622.84 |
| Heat transfer area | m ² | 42.49 |
| Logarithmic mean T | °C | 13.8 |
| K-value | W/m ² K | 2767.78 |
| Fouling factor | m ² K/W | |
| Excess Design/Area | % | .1/0 |

| | | Plate Side (Cold) | Shell Side (Hot) |
|------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| Temp.IN | °C | 79 | 110 |
| Temp.OUT | °C | 105.39 | 110 |
| Condensing temperature | °C | | 110 |
| Flow rate | kg/h | 54000 | 2620 |
| Pressure drop | kPa | 50.96 | 0.84 |
| Liquid volume | dm ³ | 46.52 | 65.36 |

Medium

| | | 30-m% NaOH | WATER (1.43 bar(a)) |
|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| Dynamic viscosity | cP | 2 | |
| Specific gravity | kg/m ³ | 1130 | |
| Specific heat | J/kgK | 4100 | |
| Thermal conductivity | W/mK | 0.72 | |



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

| Connections | Size (DN) | Nb. of pieces | Velocity (m/s) |
|--------------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| Plate side IN | 80 | 1 | 2.78 |
| Plate side OUT | 80 | 1 | 2.78 |
| Shell side IN | 200 | 1 | 26.29 |
| Shell side OUT | 50 | 1 | 0.36 |

| | | | |
|----------------|-----------------|---------------|----------------------|
| Offer Number | A25-29-8631A | Customer | J. Negre C., S.L. |
| Position no. | A25-29-8631-1 | Project | |
| Operating case | Design case max | Reference | 251147360 - covestro |
| Offer by | Virpi Ääritalo | Item name/no. | Condenser |

**Plate & Shell Heat Exchanger
Type PSHE: 4LL-264/3/1
Condenser**

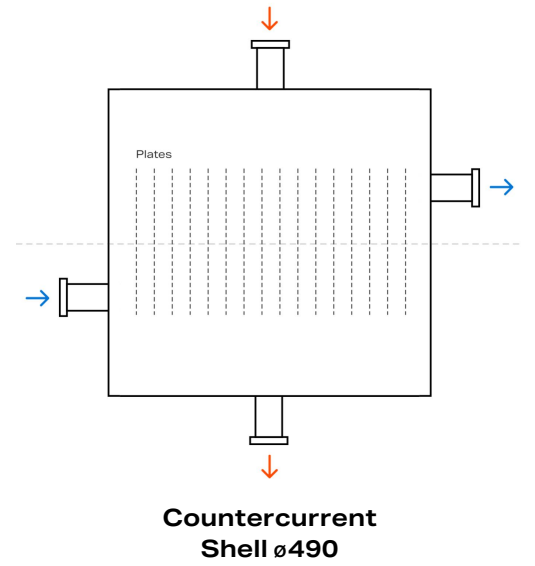
Thermal Design

| | | |
|--------------------|--------------------|------------|
| Capacity | kW | 1250.56 |
| Heat transfer area | m ² | 42.49 |
| Logarithmic mean T | °C | 19.02 |
| K-value | W/m ² K | 1547.46 |
| Fouling factor | m ² K/W | |
| Excess Design/Area | % | 35.6/135.7 |

| | | Plate Side (Cold) | Shell Side (Hot) |
|------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| Temp.IN | °C | 79 | 110 |
| Temp.OUT | °C | 99.33 | 110 |
| Condensing temperature | °C | | 110 |
| Flow rate | kg/h | 54000 | 2018.96 |
| Pressure drop | kPa | 50.96 | 0.53 |
| Liquid volume | dm ³ | 46.52 | 65.36 |

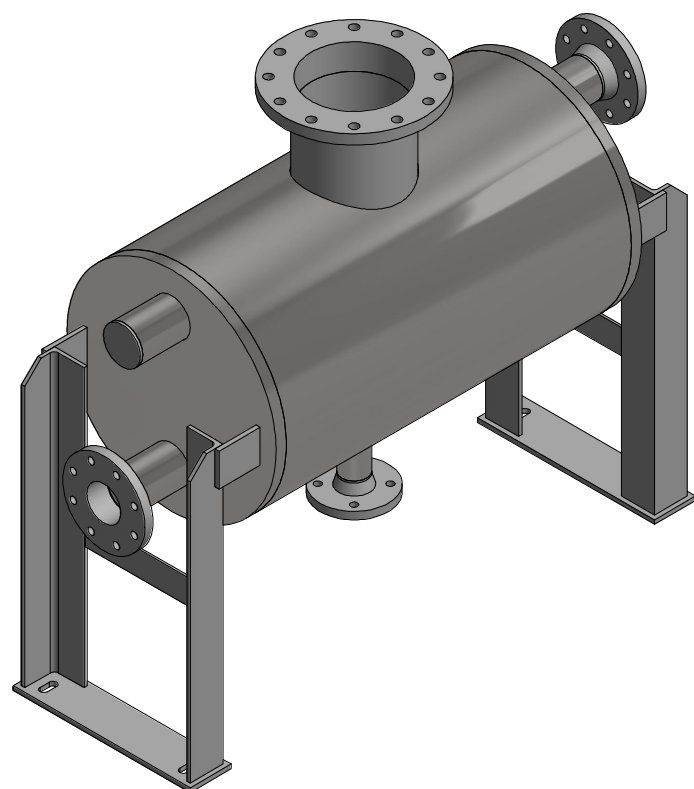
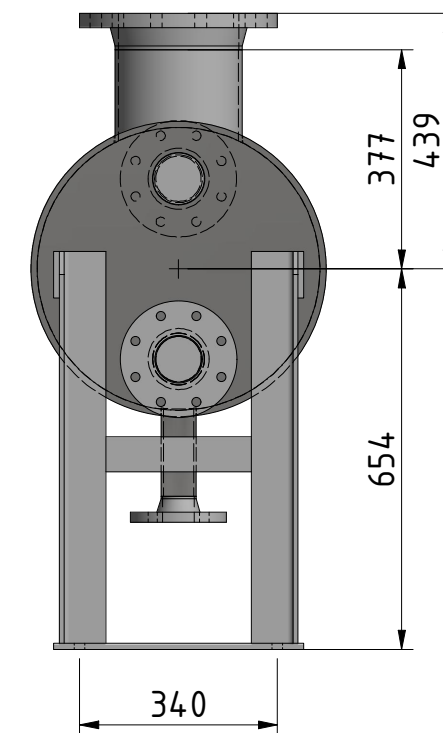
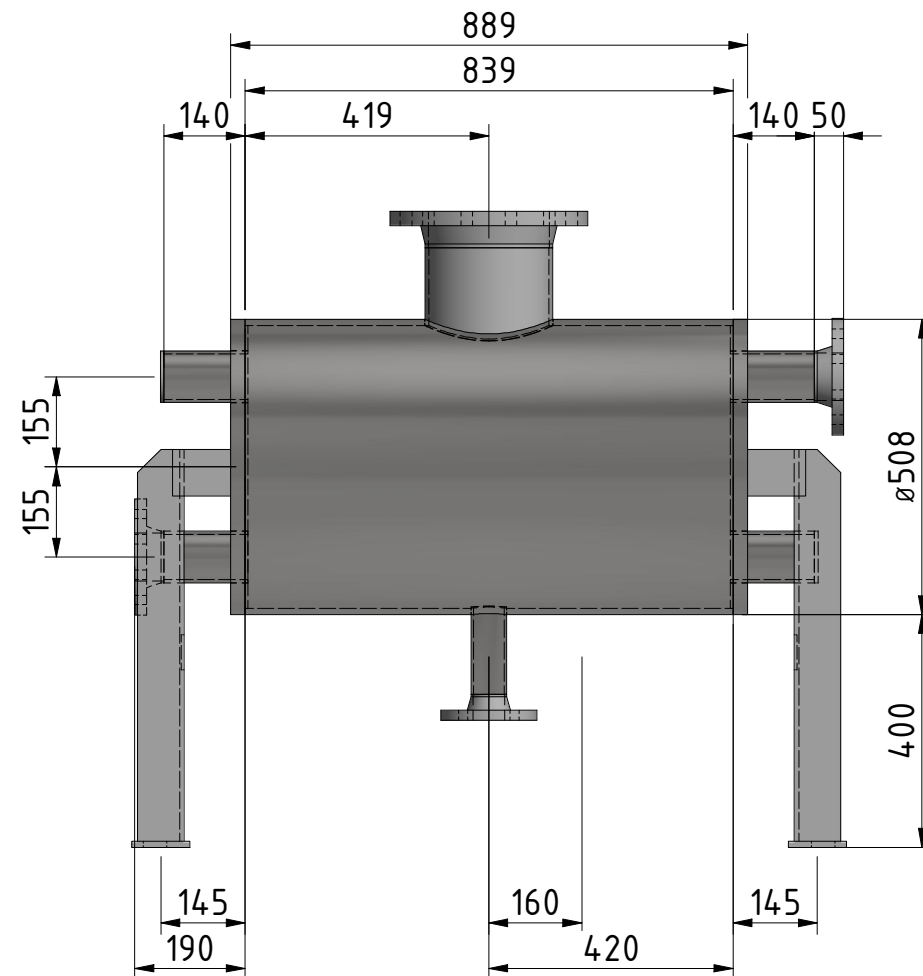
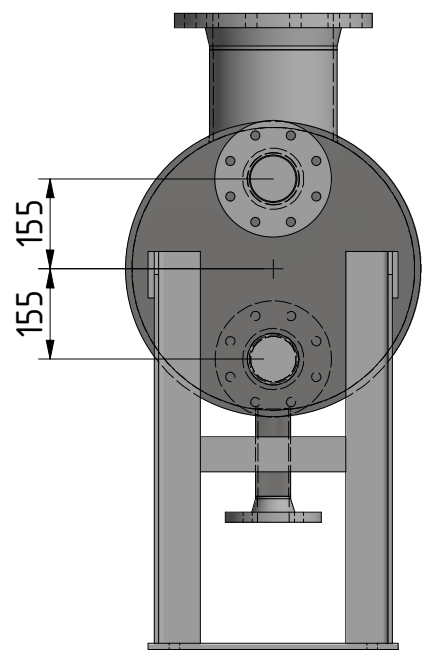
Medium

| | | 30-m% NaOH | WATER (1.43 bar(a)) |
|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| Dynamic viscosity | cP | 2 | |
| Specific gravity | kg/m ³ | 1130 | |
| Specific heat | J/kgK | 4100 | |
| Thermal conductivity | W/mK | 0.72 | |



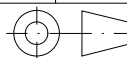
This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

| Connections | Size (DN) | Nb. of pieces | Velocity (m/s) |
|--------------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| Plate side IN | 80 | 1 | 2.78 |
| Plate side OUT | 80 | 1 | 2.78 |
| Shell side IN | 200 | 1 | 20.26 |
| Shell side OUT | 50 | 1 | 0.27 |



Connections:

| | |
|------------------------------|-------------------------------|
| Plate side DN 80 DN 80 | Shell side DN 50 DN 200 |
|------------------------------|-------------------------------|

| Rev. | Modification | Name | Date |
|---|---|--|----------------------|
| |  Marking of the unit: Serial number to be stamped to the shell, location marked in dwg with <input type="text"/> | Customer: | J. Negre C., S.L. |
| Designed by: | Name: <input type="text"/> Date: 04/24/2025 | Ref: | 251147360 - covestro |
| Checked by: | | Project: | |
| Approved by: | | | |
| Manufacturer: VAHTERUS Vahterus Oy Pruukintie 7 FIN-23600 Kalanti FINLAND Plate & Shell is registered trademark of Vahterus Oy | | Plate & Shell Heat Exchanger 4LL-264/3/1 Preliminary Drawing Item Condenser Copyright of Vahterus Oy, whose property this document remains. | |
| | | Offer number (DrNb) | A25-29-8631-1 |
| | | Scale | — |

| | | | |
|----------------|-----------------------------|---------------|----------------------|
| Offer Number | A25-29-8631A | Customer | J. Negre C., S.L. |
| Position no. | A25-29-8631A-2 | Project | |
| Operating case | Design case 48000 kg/h NaOH | Reference | 251147360 - covestro |
| Offer by | Virpi Ääritalo | Item name/no. | Condenser |

Plate & Shell Heat Exchanger
Type PSHE: 4LL-54/1/1
Condenser

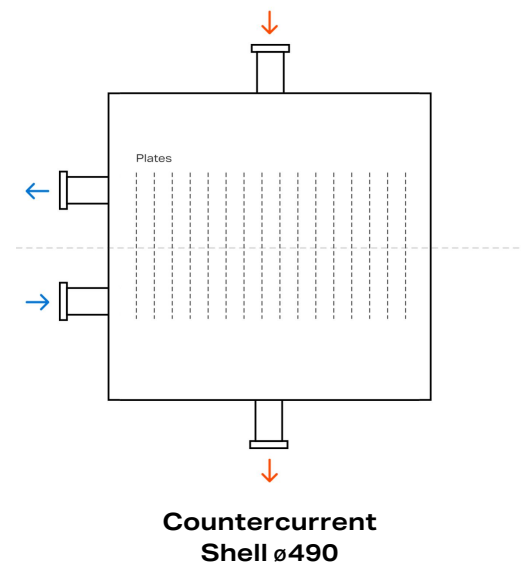
Thermal Design

| | | |
|--------------------|--------------------|------------|
| Capacity | kW | 1001.49 |
| Heat transfer area | m ² | 8.56 |
| Logarithmic mean T | °C | 59.06 |
| K-value | W/m ² K | 1980.04 |
| Fouling factor | m ² K/W | |
| Excess Design/Area | % | 36.7/107.7 |

| | | Plate Side (Cold) | Shell Side (Hot) |
|------------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| Temp.IN | °C | 101.66 | 170.41 |
| Temp.OUT | °C | 120 | 170.41 |
| Condensing temperature | °C | | 170.41 |
| Flow rate | kg/h | 48000 | 1760.69 |
| Pressure drop | kPa | 22.58 | 2.07 |
| Liquid volume | dm ³ | 9.52 | 13.37 |

Medium

| | | 30-m% NaOH | WATER (8.00 bar(a)) |
|----------------------|-------------------|------------|---------------------|
| Dynamic viscosity | cP | 1.61 | |
| Specific gravity | kg/m ³ | 1118.65 | |
| Specific heat | J/kgK | 4095.5 | |
| Thermal conductivity | W/mK | 0.73 | |



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

| Connections | Size (DN) | Nb. of pieces | Velocity (m/s) |
|----------------|-----------|---------------|----------------|
| Plate side IN | 80 | 1 | 2.5 |
| Plate side OUT | 80 | 1 | 2.5 |
| Shell side IN | 100 | 1 | 13.05 |
| Shell side OUT | 50 | 1 | 0.25 |

Construction Design

| | | | |
|--------------------|--------|----------------------------|------------------------|
| End Type | - | Welded End Plates | Content: Dangerous |
| Weight (dry) | kg | 212 | Category: II |
| Position | - | Horizontal | Module: D1 |
| Support | - | End plate feet (Welded CS) | Inspector: Vahterus Oy |
| Design code | - | PED | |
| Design temperature | °C | 0/250 | |
| Design pressure | bar(g) | -1/10 | |

Materials

| | |
|------------------------|---|
| Plate material | Titanium 1.0 mm |
| Shell material | Carbon Steel |
| Flow director material | PTFE |
| Plate connections | WN-RF-Flange DN 80 PN10-16 Ti F2 SB-381 EN 1092-1/11 |
| Shell connections IN | WN-RF-Flange DN 100 PN10-16 C22.8 EN10222-2 |
| Shell connections OUT | WN-RF-Flange DN 50 PN10-16 C22.8 EN10222-2 |
| Surface Treatment CS | System 3, White (INTERZINC 52, 80 µm + INTERCURE 99, 240 µm, white) |
| Surface Treatment SS | System 3, White (INTERCURE 99, 240 µm, white) |

Performance is conditioned on the accuracy of customer's data and customers ability to supply equipment and products in conformity therewith

| | | | |
|----------------|-----------------------------|---------------|----------------------|
| Offer Number | A25-29-8631A | Customer | J. Negre C., S.L. |
| Position no. | A25-29-8631A-2 | Project | |
| Operating case | Design case 54000 kg/h NaOH | Reference | 251147360 - covestro |
| Offer by | Virpi Ääritalo | Item name/no. | Condenser |

Plate & Shell Heat Exchanger
Type PSHE: 4LL-54/1/1
Condenser

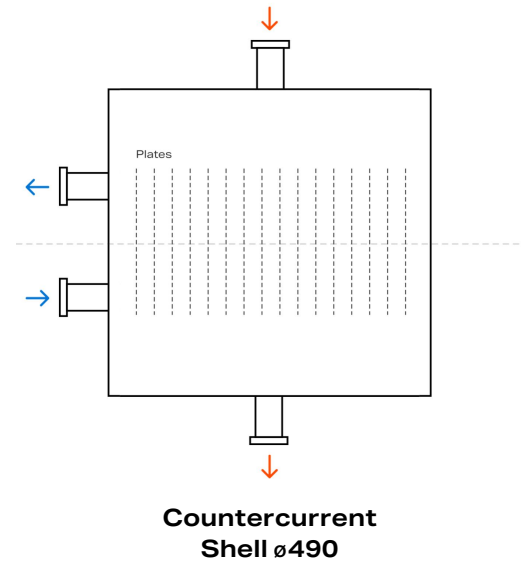
Thermal Design

| | | |
|--------------------|--------------------|-----------|
| Capacity | kW | 1282.89 |
| Heat transfer area | m ² | 8.56 |
| Logarithmic mean T | °C | 60.15 |
| K-value | W/m ² K | 2490.25 |
| Fouling factor | m ² K/W | |
| Excess Design/Area | % | 25.3/58.8 |

| | | Plate Side (Cold) | Shell Side (Hot) |
|------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| Temp.IN | °C | 99.14 | 170.41 |
| Temp.OUT | °C | 120.02 | 170.41 |
| Condensing temperature | °C | | 170.41 |
| Flow rate | kg/h | 54000 | 2255.42 |
| Pressure drop | kPa | 27.89 | 3.24 |
| Liquid volume | dm ³ | 9.52 | 13.37 |

Medium

| | | 30-m% NaOH | WATER (8.00 bar(a)) |
|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| Dynamic viscosity | cP | 1.61 | |
| Specific gravity | kg/m ³ | 1119 | |
| Specific heat | J/kgK | 4096 | |
| Thermal conductivity | W/mK | 0.73 | |



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

| Connections | Size (DN) | Nb. of pieces | Velocity (m/s) |
|--------------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| Plate side IN | 80 | 1 | 2.81 |
| Plate side OUT | 80 | 1 | 2.81 |
| Shell side IN | 100 | 1 | 16.72 |
| Shell side OUT | 50 | 1 | 0.33 |

| | | | |
|----------------|-----------------------------|---------------|----------------------|
| Offer Number | A25-29-8631A | Customer | J. Negre C., S.L. |
| Position no. | A25-29-8631A-2 | Project | |
| Operating case | Design case 41000 kg/h NaOH | Reference | 251147360 - covestro |
| Offer by | Virpi Ääritalo | Item name/no. | Condenser |

Plate & Shell Heat Exchanger
Type PSHE: 4LL-54/1/1
Condenser

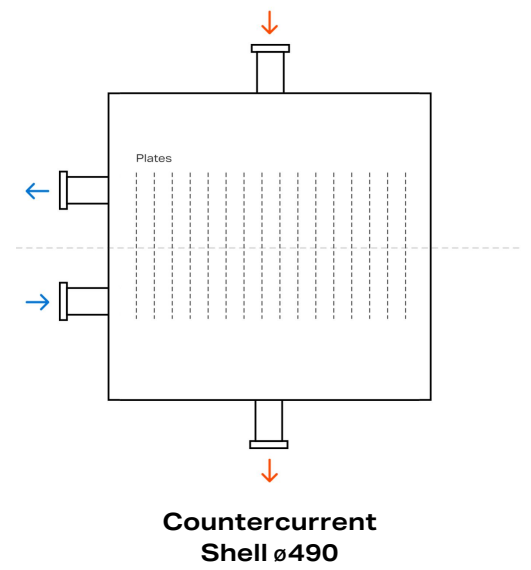
Thermal Design

| | | |
|--------------------|--------------------|----------|
| Capacity | kW | 675.01 |
| Heat transfer area | m ² | 8.56 |
| Logarithmic mean T | °C | 57.32 |
| K-value | W/m ² K | 1375.1 |
| Fouling factor | m ² K/W | |
| Excess Design/Area | % | 57.5/200 |

| | | Plate Side (Cold) | Shell Side (Hot) |
|------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| Temp.IN | °C | 105.53 | 170.41 |
| Temp.OUT | °C | 120 | 170.41 |
| Condensing temperature | °C | | 170.41 |
| Flow rate | kg/h | 41000 | 1186.72 |
| Pressure drop | kPa | 16.99 | 1.02 |
| Liquid volume | dm ³ | 9.52 | 13.37 |

Medium

| | | 30-m% NaOH | WATER (8.00 bar(a)) |
|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| Dynamic viscosity | cP | 1.61 | |
| Specific gravity | kg/m ³ | 1119 | |
| Specific heat | J/kgK | 4096 | |
| Thermal conductivity | W/mK | 0.73 | |



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

| Connections | Size (DN) | Nb. of pieces | Velocity (m/s) |
|--------------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| Plate side IN | 80 | 1 | 2.13 |
| Plate side OUT | 80 | 1 | 2.13 |
| Shell side IN | 100 | 1 | 8.8 |
| Shell side OUT | 50 | 1 | 0.17 |

| | | | |
|----------------|-----------------|---------------|----------------------|
| Offer Number | A25-29-8631A | Customer | J. Negre C., S.L. |
| Position no. | A25-29-8631A-2 | Project | |
| Operating case | Design case max | Reference | 251147360 - covestro |
| Offer by | Virpi Ääritalo | Item name/no. | Condenser |

**Plate & Shell Heat Exchanger
Type PSHE: 4LL-54/1/1
Condenser**

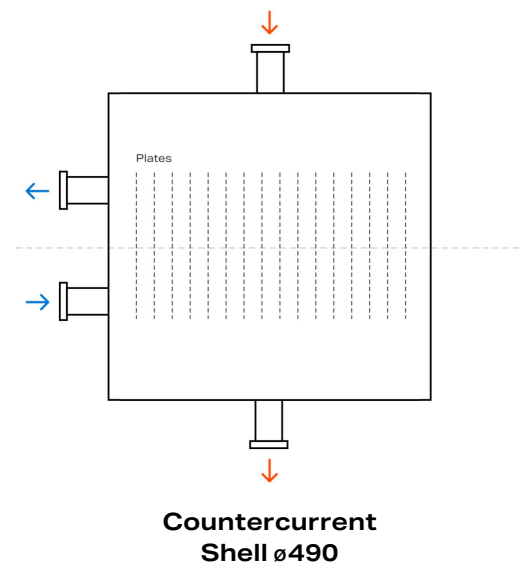
Thermal Design

| | | |
|--------------------|--------------------|----------|
| Capacity | kW | 898.51 |
| Heat transfer area | m ² | 8.56 |
| Logarithmic mean T | °C | 57.36 |
| K-value | W/m ² K | 1828.95 |
| Fouling factor | m ² K/W | |
| Excess Design/Area | % | 45.1/125 |

| | | Plate Side (Cold) | Shell Side (Hot) |
|------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| Temp.IN | °C | 105.39 | 170.41 |
| Temp.OUT | °C | 120 | 170.41 |
| Condensing temperature | °C | | 170.41 |
| Flow rate | kg/h | 54000 | 1579.66 |
| Pressure drop | kPa | 27.57 | 1.71 |
| Liquid volume | dm ³ | 9.52 | 13.37 |

Medium

| | | 30-m% NaOH | WATER (8.00 bar(a)) |
|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| Dynamic viscosity | cP | 1.53 | |
| Specific gravity | kg/m ³ | 1116.59 | |
| Specific heat | J/kgK | 4099 | |
| Thermal conductivity | W/mK | 0.73 | |



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

| Connections | Size (DN) | Nb. of pieces | Velocity (m/s) |
|--------------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| Plate side IN | 80 | 1 | 2.82 |
| Plate side OUT | 80 | 1 | 2.82 |
| Shell side IN | 100 | 1 | 11.71 |
| Shell side OUT | 50 | 1 | 0.23 |

| | | | |
|----------------|-----------------|---------------|----------------------|
| Offer Number | A25-29-8631A | Customer | J. Negre C., S.L. |
| Position no. | A25-29-8631A-2 | Project | |
| Operating case | Design case min | Reference | 251147360 - covestro |
| Offer by | Virpi Ääritalo | Item name/no. | Condenser |

**Plate & Shell Heat Exchanger
Type PSHE: 4LL-54/1/1
Condenser**

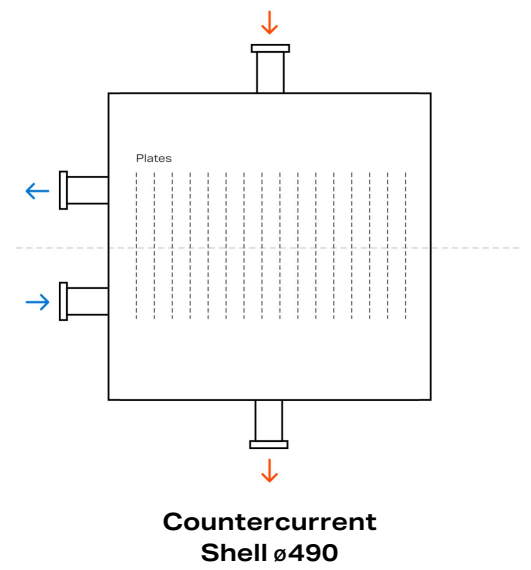
Thermal Design

| | | |
|--------------------|--------------------|-----------|
| Capacity | kW | 1269.65 |
| Heat transfer area | m ² | 8.56 |
| Logarithmic mean T | °C | 60.08 |
| K-value | W/m ² K | 2467.52 |
| Fouling factor | m ² K/W | |
| Excess Design/Area | % | 25.8/68.8 |

| | | Plate Side (Cold) | Shell Side (Hot) |
|------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| Temp.IN | °C | 99.33 | 170.41 |
| Temp.OUT | °C | 120 | 170.41 |
| Condensing temperature | °C | | 170.41 |
| Flow rate | kg/h | 54000 | 2232.16 |
| Pressure drop | kPa | 27.89 | 3.18 |
| Liquid volume | dm ³ | 9.52 | 13.37 |

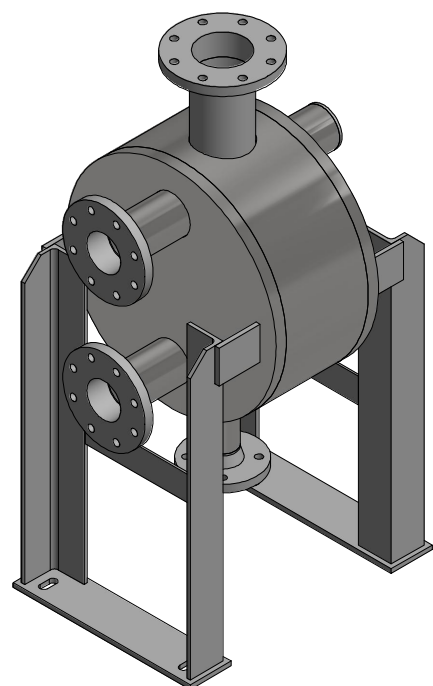
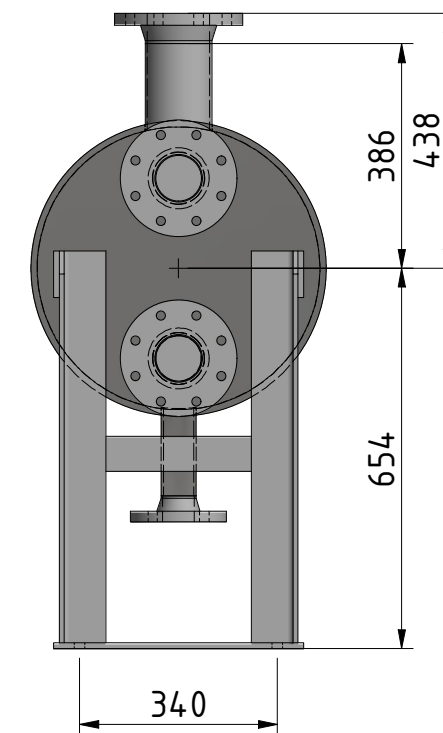
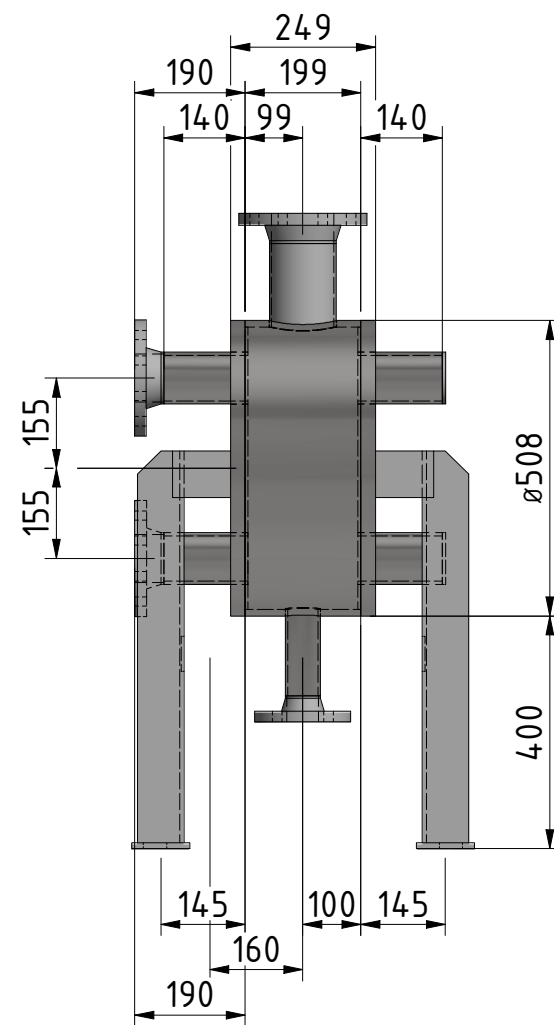
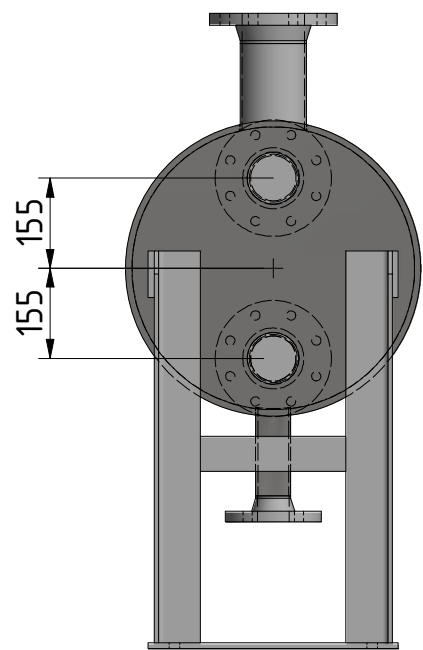
Medium

| | | 30-m% NaOH | WATER (8.00 bar(a)) |
|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| Dynamic viscosity | cP | 1.61 | |
| Specific gravity | kg/m ³ | 1119 | |
| Specific heat | J/kgK | 4095 | |
| Thermal conductivity | W/mK | 0.73 | |



This is a schematic diagram for flow representations purposes. It doesn't represent the final unit design.

| Connections | Size (DN) | Nb. of pieces | Velocity (m/s) |
|--------------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| Plate side IN | 80 | 1 | 2.81 |
| Plate side OUT | 80 | 1 | 2.81 |
| Shell side IN | 100 | 1 | 16.55 |
| Shell side OUT | 50 | 1 | 0.32 |



Connections:

| | |
|------------------------------|-------------------------------|
| Plate side DN 80 DN 80 | Shell side DN 50 DN 100 |
|------------------------------|-------------------------------|

| Rev. | Modification | Name | Date |
|--|---|---|--|
| | Marking of the unit: Serial number to be stamped to the shell, location marked in dwg with <input type="text"/> | Customer: | J. Negre C., S.L. |
| Designed by: | Name | Date | Tolerances: |
| Checked by: | | 04/24/2025 | ToleranceClass = Acc. to ISO EN13920-C except length maked * |
| Approved by: | | | Vahterus form C605-2 |
| Manufacturer: | | Ref | |
| VAHTERUS Vahterus Oy Phone: +358 2 8427000 Pruukintie 7 Telefax: +358 2 8427029 FIN-23600 Kalanti E-mail: sales@vahterus.com FINLAND www.vahterus.com Plate & Shell is registered trademark of Vahterus Oy | | Plate & Shell Heat Exchanger 4LL-54/1/1 Preliminary Drawing | |
| | | Item | Scale |
| Copyright of Vahterus Oy, whose property this document remains. | | Offer number (DrNb) | A25-29-8631A-2 |

A.2. FITXA D'ESPECIFICACIÓ DE LES VÀLVULES

A continuació, es mostren les fitxes tècniques de les vàlvules

TECHNICAL SPECIFICATION



Valve Code K2566C
Butterfly Valve, lug-type
Bray, Type 2-Cx

Regional EU/CAO
Werknorm

WN 8464-304

2024-11-06

Armaturenkurzzeichen K2566C
Einklemm-Endklappe,
Bray, Typ: 2-Cx

First edition

This is the translation of the German edition. In cases of doubt, the German edition shall prevail.

1 General

| | |
|-------------------------|---|
| Valve code: | K2566C |
| Valve: | Butterfly Valve, lug-type |
| Flange connection: | PN 16 (DN 50 to DN 150) according to DIN EN 1092-1, PN 10 (DN 200 to DN 600) according to DIN EN 1092-1, Screw plug holes |
| Flange contact face: | Form B1 according to DIN EN 1092-1, integrated gasket |
| Face-to-face dimension: | DIN EN 558 basic range 20 |
| Material: | ANSI 316Ti |
| Actuator: | Hand lever or worm gear |
| Manufacturer: | Bray |
| Type: | 2-Cx |
| Ordering standard: | WN 8480 |
| Special remarks: | - |

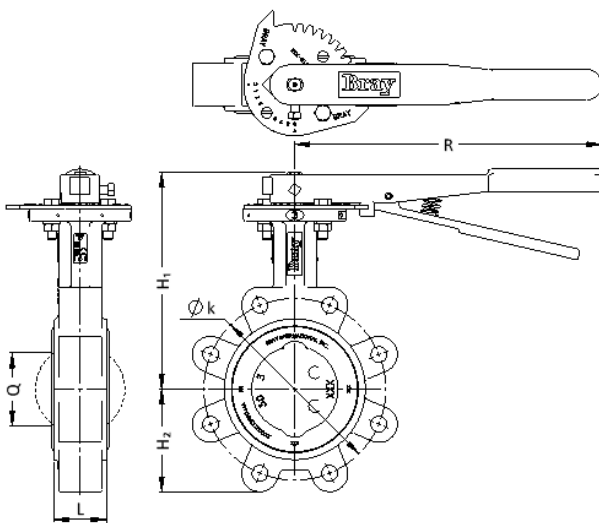


Figure 1 — Example schematic: Butterfly Valve, lug-type with hand lever

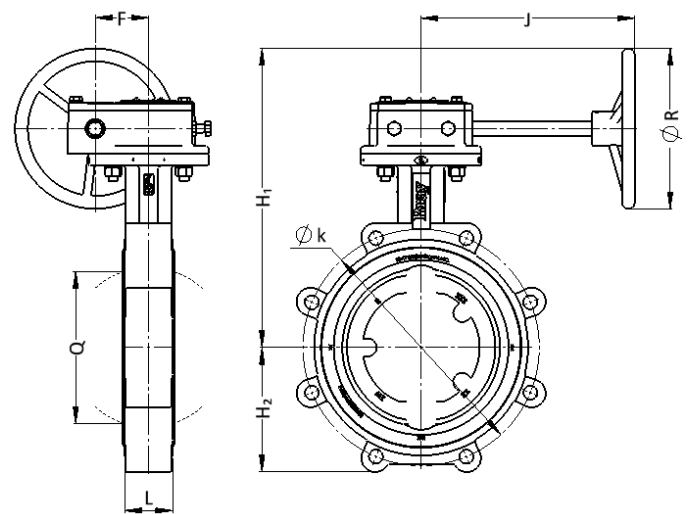


Figure 2 — Example schematic: Butterfly Valve, lug-type with worm gear

2 Limits

Table 1 — Limits

| Nominal diameter from | Nominal diameter to | Temperature °C | Pressure bar |
|--------------------------|------------------------|-------------------|-----------------|
| 50 | 600 | -10 | 10 |
| 50 | 600 | 120 | 10 |
| 50 | 150 | 180 | 10 |
| 50 | 150 | 200 | 6 |
| 200 | 600 | 180 | 6 |
| 200 | 600 | 200 | 4 |

Table 2 — Vacuum stability

| Nominal diameter from | Nominal diameter to | Temperature °C | Pressure bar _{abs.} |
|--------------------------|------------------------|-------------------|---------------------------------|
| 50 | 600 | -10 | 0.2 |
| 50 | 600 | 120 | 0.2 |
| 50 | 600 | 180 | 0.3 |
| 50 | 600 | 200 | 0.4 |

3 Parts list

Table 3 — Parts list

| Part | Design | Material | Material No. |
|------------------------|---|--------------------------------------|-------------------------|
| Body | Two-piece | EN-GJS-400-18-LT | 5.3103/PTFE |
| | Requirements for the PTFE lining: Wall thickness min. 3 mm, Density min. 2.16 g/cm ³ (without filler) | PTFE | - |
| Shut-off device | Flap disk stainless steel | | |
| | ≤ DN150 ≥ DN200 | GX2CrNiMoN22-5-3 GX5CrNiMo19-11-2 | 1.4470 1.4408 |
| Shut-off seat ring | Lining | - | - |
| Operating shaft | - | GX2CrNiMoN22-5-3 | 1.4470 |
| | | X5CrNiMoNb17-4 | 1.4542 |
| Operating shaft gasket | Packung WN 8452 Kennbuchstabe C | PTFE | - |
| Primary gasket | - | - | - |
| Body screws | Cylinder head screw with hexagon socket | A4-70 | - |
| Body nuts | - | - | - |
| Actuator | Up to DN 100: Hand lever | EN-GJS-400-15 | 0.7040 |
| | From DN 150: Worm gear | EN-GJL-250 | 0.6025 |
| Fixing of actuator | Hex bolts | A2-70, A4-70 | - |
| Locking device | Hand lever: Locking plate | A2 | X5CrNi18-10 (1.4301) |

4 Dimensions

Table 4 — Dimensions: Butterfly Valve, lug-type with hand lever

| DN | L mm | H ₁ mm | H ₂ mm | Top flange ^a | Q ^b mm | ØR mm | Øk mm | Screws | | Weight kg |
|-----|---------|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|----------|----------|-----------|--------|--------------|
| | | | | | | | | Number of | Thread | |
| 50 | 43 | 172 | 59 | F07 | 29 | 270 | 125 | 4 | M16 | 4.2 |
| 80 | 46 | 191 | 90 | F07 | 62 | 270 | 160 | 8 | M16 | 6.2 |
| 100 | 52 | 210 | 104 | F07 | 88 | 270 | 180 | 8 | M16 | 9.2 |

^a Short symbol of top flange to mount actuator according to DIN EN ISO 5211.
^b "Q" is the chord dimension of the disc with reference to the connecting flange. The chord dimension has to be considered in connection with the elbowroom of the disc during opening.

Table 5 — Dimensions: Butterfly Valve, lug-type with worm gear

| DN | L mm | H ₁ mm | H ₂ mm | Top flange ^a | Q ^b mm | F mm | J mm | ØR mm | Øk mm | Screws | | Weight kg |
|-----|---------|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|---------|---------|----------|----------|-----------|--------|--------------|
| | | | | | | | | | | Number of | Thread | |
| 150 | 56 | 340 | 131 | F07 | 136 | 41 | 136 | 200 | 240 | 8 | M20 | 16.5 |
| 200 | 60 | 423 | 157 | F12 | 189 | 67 | 272 | 300 | 295 | 8 | M20 | 25.8 |
| 250 | 68 | 466 | 195 | F12 | 240 | 79 | 300 | 300 | 350 | 12 | M20 | 39.3 |
| 300 | 78 | 504 | 226 | F12 | 290 | 79 | 300 | 300 | 400 | 12 | M20 | 53.3 |
| 350 | 78 | 539 | 255 | F12 | 327 | 79 | 300 | 300 | 460 | 16 | M20 | 69.3 |
| 400 | 102 | 585 | 305 | F12 | 374 | 116 | 378 | 300 | 515 | 16 | M24 | 126.4 |
| 500 | 127 | 765 | 380 | F16 | 472 | 155 | 429 | 450 | 620 | 20 | M24 | 294.3 |
| 600 | 154 | 898 | 453 | F16 | 570 | 155 | 521 | 600 | 725 | 20 | M27 | 426.3 |

^a Short symbol of top flange to mount actuator according to DIN EN ISO 5211.
^b "Q" is the chord dimension of the disc with reference to the connecting flange. The chord dimension has to be considered in connection with the elbowroom of the disc during opening.

5 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

| | |
|-----------------|---|
| DIN EN 558 | Industrial valves – Face-to-face and centre-to-face dimensions of metal valves for use in flanged pipe systems – PN and Class designated valves |
| DIN EN 1092-1 | Flanges and their joints – Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories, PN designated – Part 1: Steel flanges |
| DIN EN ISO 5211 | Industrial valves – Part-turn actuator attachments |
| WN 8480 | Technical delivery conditions for valves, actuators and PCT field devices |



Valve code H2421P
Plug valve,
Tuflin/XOMOX, Type: 127-ISO

Regional EU/CAO
Werknorm
WN 8463-188
2018-05-04

Armaturenkurzzeichen H2421P
Kükenhahn,
Tuflin/XOMOX, Typ: 127-ISO

Supersedes
edition: 2006-01-01

This is the translation of the German edition. In cases of doubt, the German edition shall prevail.

1 General

| | |
|-------------------------|--|
| Valve code: | H2421P |
| Valve: | Plug valve |
| Flange connection: | PN 16 (DN 65 to DN 150) according to DIN EN 1092-1, PN 10 (DN 200 to DN 300) according to DIN EN 1092-1 |
| Flange contact face: | Form B1 according to DIN EN 1092-1 |
| Face-to-face dimension: | DIN EN 558 basic range 1 (DN 65 to DN 100), DIN EN 558 basic range 3 (DN 150 to DN 300) |
| Material: | ASTM A351 Grade CF8M |
| Actuator: | Hand lever or worm gear, optional: operating shaft extension (T-lever) ¹ |
| Manufacturer: | Tuflin/XOMOX (Crane) |
| Type: | 127-ISO |
| Ordering standard: | WN 8480 |
| Special remarks: | Open/close valve, not applicable for throttling. With protection against static charging. |

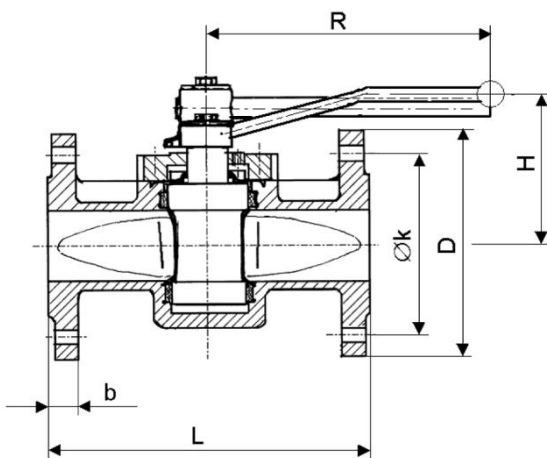


Figure 1 — Example schematic: plug valve with hand lever

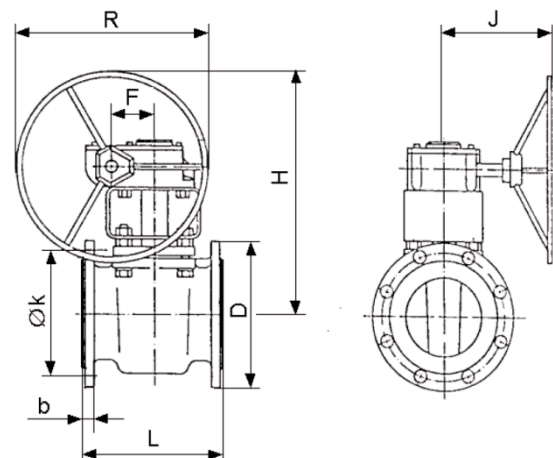


Figure 2 — Example schematic: plug valve with worm gear

¹ An operating shaft extension, for example for insulated pipes, has to be specified in the purchase order – see Chapter 4.1.

2 Limits

Table 1 — Limits

| Nominal diameter from | Nominal diameter to | Temperature °C | Pressure bar |
|--------------------------|------------------------|-------------------|-----------------|
| 65 | 150 | -60 | 16 |
| 65 | 150 | -10 | 16 |
| 65 | 150 | 120 | 16 |
| 65 | 150 | 160 | 15 |
| 65 | 150 | 200 | 8 |
| 65 | 150 | 220 | 6 |
| 200 | 300 | -60 | 10 |
| 200 | 300 | -10 | 10 |
| 200 | 300 | 120 | 10 |
| 200 | 300 | 160 | 9 |
| 200 | 300 | 200 | 8 |
| 200 | 300 | 220 | 6 |

3 Parts list

Table 2 — Parts list

| Part | Design | Material | Material No. |
|-----------------------------------|---|--|--------------------------------|
| Body | One-piece | GX5CrNiMo19-11-2 | 1.4408 |
| Body cover | Cover | GX5CrNiMo19-11-2 | 1.4408 |
| Shut-off device | Plug | X2CrNiMo17-12-2, GX5CrNiMo19-11-2 | 1.4404, 1.4408 |
| Shut-off seat | Sleeve | PTFE | - |
| Operating shaft or plug gasket | Formed diaphragm, WN 8452 Identification letter P | PTFE | - |
| | Deltaring | PTFE | - |
| | Steel diaphragm | X5CrNi18-10 | 1.4301 |
| Operating shaft grounding | Anti-static device | X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4571 |
| Body screws | Cheese-head screw | A4-70 | - |
| Body nuts | Hex nuts | A4-70 | - |
| Actuator | Hand lever: Up to DN 80: cranked DN 100: straight | Al-composition P235TR1/ EN-GJS-400-15UR1 | 1.0037 1.0254/ EN-JS1072 |
| | Worm gear: From DN 100 | - | - |
| | Option Operating shaft extension (T-lever) | Steel | - |
| Fixing of actuator | Hex bolts | A4-70 | - |
| Adjusting screws | Threaded pins | A4-70 | - |

4 Dimensions

Table 3 — Dimensions: plug valve with hand lever

| DN | L mm | H mm | R mm | Top flange ^a | D mm | Øk mm | b mm | Screws | | Weight kg |
|-----|---------|---------|---------|----------------------------|---------|----------|---------|-----------|--------|--------------|
| | | | | | | | | Number of | Thread | |
| 65 | 290 | 112 | 435 | F07 | 185 | 145 | 18 | 8 | M16 | 13.4 |
| 80 | 310 | 132 | 435 | F10 | 200 | 160 | 20 | 8 | M16 | 17.8 |
| 100 | 350 | 151 | 600 | F10 | 220 | 190 | 20 | 8 | M16 | 30.7 |

^a Short symbol of top flange to mount actuator according to DIN EN ISO 5211

Table 4 — Dimensions: plug valve with worm gear

| DN | L mm | H mm | R mm | Top flange ^a | J mm | F mm | D mm | Øk mm | b mm | Screws | | Weight kg |
|-----|---------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|----------|---------|-----------|--------|--------------|
| | | | | | | | | | | Number of | Thread | |
| 100 | 350 | 335 | 200 | F10 | 169 | 52 | 220 | 190 | 20 | 8 | M16 | 45,5 |
| 150 | 267 | 458 | 300 | F12 | 223 | 67 | 285 | 240 | 22 | 8 | M20 | 55.2 |
| 200 | 292 | 495 | 300 | F12 | 223 | 67 | 340 | 295 | 24 | 8 | M20 | 89 |
| 250 | 330 | 588 | 457 | F14 | 279 | 90 | 395 | 350 | 26 | 12 | M20 | 146 |
| 300 | 356 | 706 | 457 | F14 | 279 | 90 | 445 | 400 | 26 | 12 | M20 | 186 |

^a Short symbol of top flange to mount actuator according to DIN EN ISO 5211.

4.1 Dimensions for the option

Table 5 shows the dimensions of the operating shaft extension. For all other dimensions see Table 3.

Table 5 — Dimensions: plug valve with operating shaft extension (T-lever)

| DN | H _{Option} mm | R _{Option} mm | Weight kg |
|-----|---------------------------|---------------------------|--------------|
| 65 | 210 | 500 | 14.3 |
| 80 | 230 | 500 | 18.7 |
| 100 | 256 | 600 | 30.3 |

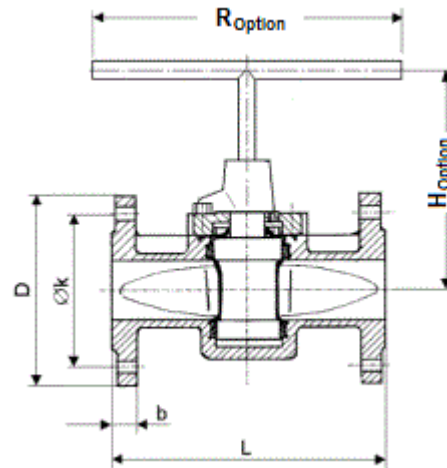


Figure 3 — Example schematic: plug valve with operating shaft extension (T-lever), for example for insulated pipes



Valve code K2597C
Lug,
Tuflin, Type: XLD22

Regional EU/CAO
Werknorm
WN 8464-221
2018-01-22

Armaturenkurzzeichen K2597C
Einklemm-Endklappe, Tuflin, Typ: XLD22

First edition

This is the translation of the German edition. In cases of doubt, the German edition shall prevail.

1 General

| | |
|-------------------------|---|
| Valve code: | K2597C |
| Valve: | Lug |
| Flange connection: | PN 16 (DN 80 to DN 150) according to DIN EN 1092-1, PN 10 (DN 200 to DN 300) according to DIN EN 1092-1, Screw plug holes |
| Flange contact face: | Form B1 according to DIN EN 1092-1, integrated gasket |
| Face-to-face dimension: | DIN EN 558 basic range 20 |
| Material: | P235GH |
| Actuator: | Hand lever or worm gear |
| Manufacturer: | Tuflin (XOMOX, Crane) |
| Type: | XLD22 |
| Ordering standard: | WN 8480 |
| Special remarks: | - |

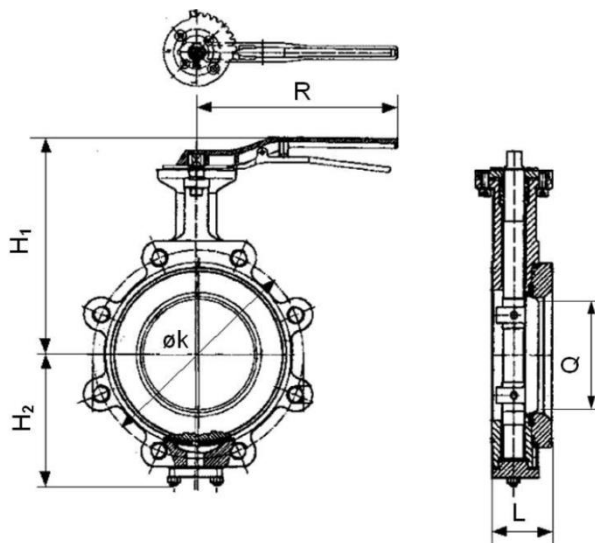


Figure 1 — Example schematic: lug with hand lever

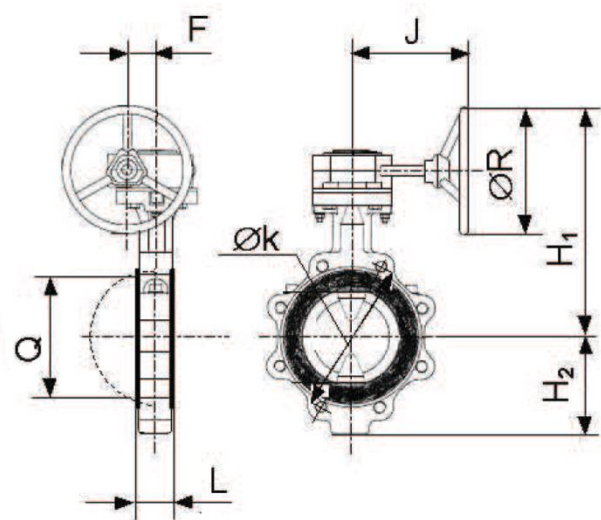


Figure 2 — Example schematic: lug with worm gear

2 Limits

Table 1 — Limits

| Nominal diameter from | Nominal diameter to | Temperature °C | Pressure bar |
|-----------------------|---------------------|----------------|--------------|
| 80 | 300 | -10 | 10 |
| 80 | 300 | 120 | 10 |
| 80 | 300 | 160 | 9.5 |
| 80 | 300 | 180 | 5 |

3 Parts list

Table 2 — Parts list

| Part | Design | Material | Material No. |
|------------------------|--|---------------------------|-----------------|
| Body | 2-parts Requirements for PFA-lining: Wall thickness at least 2.5 mm, Density at least 2.14 g/cm ³ (without filler material) | EN-GJS-400-18U-LT/ PFA | EN-JS1049/ - |
| Body seat | Lining | PFA | - |
| Shut-off device | Disc | GX5CrNiMo19-11-2 | 1.4408 |
| Operating shaft | Disc shaft | GX5CrNiMo19-11-2 | 1.4408 |
| Operating shaft gasket | O-ring | Viton | - |
| Body screws | Hex bolts | A4-70 | - |
| Body nuts | - | - | - |
| Actuator | Up to DN 100: hand lever From DN 150: worm gear | EN-GJS-400-15U - | EN-JS1072 - |
| Fixing of actuator | Hex bolts | A2-70, A4-70 | -, - |
| Locking device | Hand lever: locking plate | X6CrNiMoTi17-12-2 | 1.4571 |

4 Dimensions

Table 3 — Dimensions: lug with hand lever

| DN | L mm | H ₁ mm | H ₂ mm | Top flange ^a | Q ^b mm | R mm | Øk mm | Screws | | Weight kg |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|------|-------|-----------|--------|-----------|
| | | | | | | | | Number of | Thread | |
| 80 | 46 | 192 | 102 | F07 | 62 | 356 | 160 | 8 | M16 | 9.5 |
| 100 | 52 | 208 | 120 | F07 | 88 | 356 | 180 | 8 | M16 | 11.5 |

^a Short symbol of top flange to mount actuator according to DIN EN ISO 5211.

^b "Q" is the chord dimension of the disc with reference to the connecting flange. The chord dimension has to be considered in connection with the elbowroom of the disc during opening.

Table 4 — Dimensions: lug with worm gear

| DN | L mm | H ₁ mm | H ₂ mm | Top flange ^a | Q ^b mm | F mm | J mm | ØR mm | Øk mm | Screws | | Weight kg |
|-----|------|-------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|------|-------|-------|-------|-----------|--------|-----------|
| | | | | | | | | | | Number of | Thread | |
| 150 | 56 | 340 | 145 | F10 | 141 | 46,5 | 180 | 203 | 240 | 8 | M20 | 17.5 |
| 200 | 60 | 369.5 | 190 | F10 | 193 | 60 | 205.5 | 203 | 295 | 8 | M20 | 29.3 |
| 250 | 68 | 397.5 | 233 | F10 | 245 | 60 | 205.5 | 203 | 350 | 12 | M20 | 36 |
| 300 | 78 | 427.5 | 258 | F12 | 294 | 60 | 205.5 | 203 | 400 | 12 | M20 | 58 |

^a Short symbol of top flange to mount actuator according to DIN EN ISO 5211.

^b "Q" is the chord dimension of the disc with reference to the connecting flange. The chord dimension has to be considered in connection with the elbowroom of the disc during opening.

A.3. FITXA D'ESPECIFICACIÓ DE LES CANONADES

A continuació, es mostren les fitxes tècniques de les canonades.



Piping Classification
Pipe Class 10CA01B1

Regional EU
Werknorm

WN 9601

2020-04-29

Rohrleitungsklassifikation
Rohrklasse 10CA01B1

Supersedes edition:
2016-03-01

This is the translation of the German edition. In cases of doubt, the German edition shall prevail.

Table of contents

| | | Page |
|---|----------------------------|------|
| 1 | General bases | 1 |
| 2 | Limits | 2 |
| 3 | Components | 3 |
| 4 | Dimensions | 4 |
| 5 | Vacuum resistance | 5 |
| 6 | Design of branches | 6 |
| 7 | Normative references | 7 |
| | Amendments..... | 8 |

1 General bases

| | |
|---|--|
| General basis of pipe class: | DIN EN 13480, DIN 21057, WN 8401 |
| Scope of pipe class | Pressure Equipment Directive 2014/68/EU, Regulation concerning Safety and Health (BetrSichV) |
| Checked by TÜV SÜD Chemie Service GmbH, applicable for: | Module categories I to III acc. to PED and WN 6000-1 and WN 6000-2 |
| Base materials: | P235GH / P245GH |
| PN number / test pressure: | PN 10 / 15 bar ¹ |
| Piping material made of steel: | Normal wall thickness, with machine bends |
| Flange facing: | DIN EN 1092-1:2018-12-01, Type B1 |
| Corrosion allowance: | $c_2 = 0,9 \text{ mm}$ |
| Nominal diameter range: | DN 15 to DN 1200 ² |
| Flow medium classification: | Rohr//Online |
| Fabrication and Installation: | WN 9911-1, WN 9911-2 |
| Welding and testing: | WN 0416 |
| Spacings of supports and elasticity: | DIN EN 13480-3:2017-12-01, Annex Q |
| Technical delivery conditions: | DIN 21057-1, DIN 21057-5, DIN 21057-10, DIN 2626, WN 1057-8 |

¹ The hydrostatic test pressure is valid for pressure testing with fluids on prefabricated piping components.

² Pipelines up to DN 25 are within the scope of the DRGL, Article 4, Paragraph 3 The essential safety requirements according to Annex 1 of the PED does not apply, but these pipes must be installed in accordance with thebe designed and manufactured in accordance with good engineering practice. The nominal sizes DN 15 and 20 can be used for trace heating, for example.

2 Limits

Table 1 — Pressure-/temperature rating

| Limits | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|---|
| Temperature | °C | -10 | 20 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | - | - | - | - | - | - |
| Pressure | bar | 10 | 10 | 8.5 | 8.3 | 7.7 | 7 | 6.4 | - | - | - | - | - | - |

Pressure-/temperature rating according to DIN EN 1092-1:2018-12-01, Annex G, for material number 1.0352 (P245GH) with a reference thickness v_R (mm) of max. 150 mm.

3 Components

Table 2 — Component overview

| Component | DN | Designation | Material | Delivery condition |
|---|------------|---|----------|-------------------------------|
| Pipe | 15 – 150 | Pipe seamless | P235GH | DIN 21057-10 |
| | 200 - 1200 | Pipe welded | P235GH | DIN 21057-10 |
| Machine bend | 15 - 80 | Machine bend 5D | P235GH | DIN 21057-10 |
| Elbow 45° | 15 - 1200 | Elbow 45°, model 3D, type A | P235GH | DIN 21057-10 |
| Elbow 90° | 15 - 1200 | Elbow 90°, model 3D, type A | P235GH | DIN 21057-10 |
| Reducer ^{a)} | 20 - 1200 | Reducer concentric / eccentric, type B | P235GH | DIN 21057-10 |
| Tee ^{b)} | 15 - 1200 | Tee, type A | P235GH | DIN 21057-10 |
| Branch, unreinforced ^{b)} | 15 - 1200 | Branch unreinforced, type A | P235GH | DIN 21057-1 |
| Branch, internally reinforced ^{b)} | 250 - 1200 | Branch internally reinforced, type B | P235GH | DIN 21057- 5, DIN 21057-10 |
| Cap | 15 - 1200 | Cap, type A | P235GH | DIN 21057-10 |
| Weld-neck flange | 15 - 40 | WN-Flange PN 40, type 11, facing B1 | P245GH | DIN 21057-10 |
| | 50 - 150 | WN-Flange PN 16, type 11, facing B1 | P245GH | DIN 21057-10 |
| | 200 - 1200 | WN-Flange PN 10, type 11, facing B1 | P245GH | DIN 21057-10 |
| Blind flange | 15 - 40 | Blind flange PN 40, type 05, facing A | P265GH | DIN 21057-10 |
| | 50 - 150 | Blind flange PN 16, type 05, facing A | P265GH | DIN 21057-10 |
| | 200 - 1200 | Blind flange PN 10, type 05, facing A | P265GH | DIN 21057-10 |
| Blind flange, bored | 20 - 40 | Blind flange PN 40, bored, type A, facing A | P265GH | WN 1057-8 |
| | 50 | Blind flange PN 16, bored, type A, facing A | P265GH | WN 1057-8 |
| Line blanks | 15 - 80 | Line blanks PN 40, type A, B, C, facing AA | P235GH | DIN 2626 |
| | 100 - 150 | Line blanks PN 16, type A, B, C, facing AA | P235GH | DIN 2626 |
| | 200 - 1200 | Line blanks PN 10, type A, B, C, facing AA | P235GH | DIN 2626 |
| Hexagon head bolt | M12 – M36 | Hexagon head bolt | 25CrMo4 | DIN 21057-10 |
| Stud bolts | M12 – M36 | Stud bolt | 25CrMo4 | DIN 21057-10 |
| Nuts | M12 – M36 | Hexagon nut | 25CrMo4 | DIN 21057-10 |
| Washer | 12 - 36 | Washer | Steel | DIN 21057-10 |

a) Up to three nominal diameter decrements are allowed.
b) Table 6 shows the reference for eligible branch types for each nominal diameter combination.

4 Dimensions

Table 3 — Dimensions 10CA01B1

| DN ^{a)} | D [mm] | Component wall thicknesses [mm] | | | |
|------------------|--------|---------------------------------|--------------|------------------------------|------------|
| | | Pipe | Elbow type A | Reducer type B ^{e)} | Cap type A |
| 15 | 21.3 | 2.6 ^{b)} | 2.6 | - | 2.6 |
| 20 | 26.9 | 2.6 ^{b)} | 2.6 | 2.6 | 2.3 |
| 25 | 33.7 | 2.9 ^{b)} | 3.2 | 3.2 | 2.6 |
| (32) | 42.4 | 3.6 ^{b)} | 3.6 | 3.6 | 3.6 |
| 40 | 48.3 | 2.9 ^{b)} | 3.6 | 3.6 | 3.6 |
| 50 | 60.3 | 2.9 ^{b)} | 2.9 | 2.9 ^{d)} | 2.9 |
| (65) | 76.1 | 2.9 ^{b)} | 2.9 | 2.9 ^{d)} | 2.9 |
| 80 | 88.9 | 3.2 ^{b)} | 3.2 | 3.2 ^{d)} | 3.2 |
| 100 | 114.3 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 |
| (125) | 139.7 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| 150 | 168.3 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| 200 | 219.1 | 4.5 | 4.5 | 4.5 ^{c), d)} | 4.5 |
| 250 | 273.0 | 4.5 | 5.0 | 5.0 ^{c), d)} | 5.0 |
| 300 | 323.9 | 4.5 | 5.6 | 5.6 ^{d)} | 5.6 |
| (350) | 355.6 | 4.5 | 5.6 | 5.6 | 5.6 |
| 400 | 406.4 | 5.0 | 6.3 | 6.3 | 6.3 |
| (450) | 457.0 | 5.6 | 6.3 | 6.3 | 6.3 |
| 500 | 508.0 | 5.6 | 6.3 | 6.3 | 6.3 |
| 600 | 610.0 | 6.3 | 6.3 | 6.3 | 6.3 |
| 700 | 711.0 | 7.1 | 7.1 | 7.1 | 7.1 |
| 800 | 813.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 |
| 900 | 914.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| 1000 | 1016.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| 1200 | 1219.0 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 |

a) Values in parentheses shall be avoided.
b) Suitable for 5D machine bend
c) If the DIN EN 10253-2 don't define wall thicknesses for nominal diameter decrements, a reducer with next higher wall thickness series acc. DIN EN 10253-2 shall be select.
d) If the wall thickness T₁ at the reduced nominal diameter is less than the corresponding pipe wall thickness of the connecting pipe, it is recommended to select the next higher wall thickness series according to DIN EN 10253-2.
e) The specified dimension indicates the wall thickness T according to DIN EN 10253-2 at the non-reduced nominal diameter. Please refer to the technical delivery condition according to Table 2 for additional dimensions.



**PIPING CLASSIFICATION
PIPE CLASS 10HD01B1**

Regional EU
Werknorm

WN 9654

2023-06-14

Rohrleitungsklassifikation
Rohrklasse 10HD01B1

Supersedes edition:
2020-04-29

This is the translation of the German edition. In cases of doubt, the German edition shall prevail.

Table of contents

| | Page |
|------------------------------|------|
| 1 General bases | 1 |
| 2 Limits | 2 |
| 3 Components | 3 |
| 4 Dimensions | 4 |
| 5 Vacuum resistance | 5 |
| 6 Design of branches..... | 6 |
| 7 Normative references | 7 |
| Amendments..... | 8 |

1 General bases

| | |
|---|--|
| General basis of pipe class: | DIN EN 13480, DIN 21057, WN 8401 |
| Scope of pipe class | Pressure Equipment Directive 2014/68/EU, Regulation concerning Safety and Health (BetrSichV) |
| Checked by TÜV SÜD Chemie Service GmbH, applicable for: | Module categories I to III acc. to PED and WN 6000-1 and WN 6000-2; check date 2023-06-14 |
| Base materials: | 1.4571 |
| PN number / test pressure: | PN 10 / 15 bar ¹ |
| Piping material made of steel: | Normal wall thickness, with machine bends |
| Flange facing: | DIN EN 1092-1:2018-12-01, Type B1 |
| Corrosion allowance: | c ₂ = 0 mm |
| Nominal diameter range: | DN 15 to DN 1000 ² |
| Flow medium classification: | Rohr//Online |
| Fabrication and Installation: | WN 9911-1, WN 9911-2 |
| Welding and testing: | WN 0416 |
| Spacings of supports and elasticity: | DIN EN 13480-3:2017-12-01, section 12 or Annex Q ³⁾ |
| Technical delivery conditions: | DIN 21057-1, DIN 21057-5, DIN 21057-6, DIN 21057-11, DIN 2626, WN 1057-8 |

¹ The hydrostatic test pressure is valid for pressure testing with fluids on prefabricated piping components.

² Pipelines up to DN 25 are within the scope of the DRGL, Article 4, Paragraph 3. The essential safety requirements according to Annex 1 of the PED does not apply, but these pipes must be installed in accordance with the designed and manufactured in accordance with good engineering practice. The nominal sizes DN 15 and 20 can be used for trace heating, for example

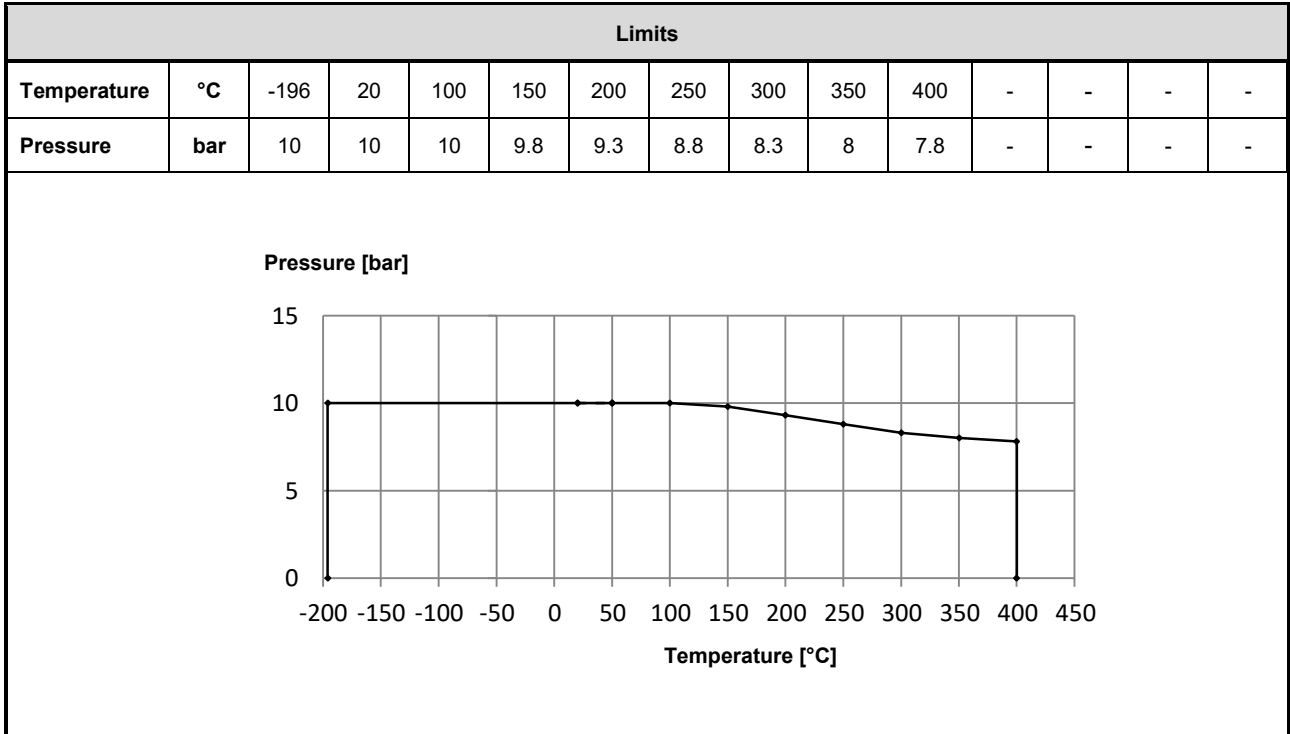
³ As an alternative to the stress analysis according to DIN EN 13480-3: 2017-12-01, Section 12, the determination of the allowable spans and the elasticity check can be performed according to Annex Q if the conditions specified therein are met.

3D planning information:

S3D specifications as of 2020-04-29 correspond to the component dimensions and component descriptions of this pipe class

2 Limits

Table 1 — Pressure-/temperature rating



Pressure-/temperature rating according to DIN EN 1092-1:2018-12-01, Annex G, for material number 1.4571

3 Components

Table 2 — Component overview

| Component | DN | Designation | Material | Delivery condition |
|---|------------|---|----------|-------------------------------|
| Pipe | 15 - 1000 | Pipe welded | 1.4571 | DIN 21057-11 |
| Machine bend | 15 - 80 | Machine bend 5D | 1.4571 | DIN 21057-11 |
| Elbow 45° | 15 - 1000 | Elbow 45°, model 3D, type A | 1.4571 | DIN 21057-11 |
| Elbow 90° | 15 - 1000 | Elbow 90°, model 3D, type A | 1.4571 | DIN 21057-11 |
| Reducer ^{a)} | 20 - 1000 | Reducer concentric / eccentric, type B | 1.4571 | DIN 21057-11 |
| Tee ^{b)} | 15 - 800 | Tee, type A | 1.4571 | DIN 21057-11 |
| | 500 - 1000 | Tee, type B | 1.4571 | DIN 21057-11 |
| Branch, unreinforced ^{b)} | 15 - 1000 | Branch unreinforced, type A | 1.4571 | DIN 21057-1 |
| Branch, internally reinforced ^{b)} | 200 - 1000 | Branch internally reinforced, type B | 1.4571 | DIN 21057- 5, DIN 21057-11 |
| Cap | 15 - 1000 | Cap, type A | 1.4571 | DIN 21057-11 |
| Weld-neck flange | 15 - 40 | WN-Flange PN 40, type 11, facing B1 | 1.4571 | DIN 21057-11 |
| | 50 - 150 | WN-Flange PN 16, type 11, facing B1 | 1.4571 | DIN 21057-11 |
| | 200 - 1000 | WN-Flange PN 10, type 11, facing B1 | 1.4571 | DIN 21057-11 |
| Machine flange ^{c)} | 15 – 40 | WN-Flange PN 40, type 11, facing B1 | 1.4571 | DIN 21057-6 |
| | 50 – 150 | WN-Flange PN 16, type 11, facing B1 | 1.4571 | DIN 21057-6 |
| Blind flange | 15 - 40 | Blind flange PN 40, type 05, facing A | 1.4571 | DIN 21057-11 |
| | 50 - 150 | Blind flange PN 16, type 05, facing A | 1.4571 | DIN 21057-11 |
| | 200 - 1000 | Blind flange PN 10, type 05, facing A | 1.4571 | DIN 21057-11 |
| Blind flange, bored | 20 - 40 | Blind flange PN 40, bored, type A, facing A | 1.4571 | WN 1057-8 |
| | 50 | Blind flange PN 16, bored, type A, facing A | 1.4571 | WN 1057-8 |
| Line blanks | 15 - 80 | Line blanks PN 40, type A, B, D, facing AA | 1.4571 | DIN 2626 |
| | 100 - 150 | Line blanks PN 16, type A, B, D, facing AA | 1.4571 | DIN 2626 |
| | 200 - 1000 | Line blanks PN 10, type A, B, D, facing AA | 1.4571 | DIN 2626 |
| Hexagon head bolts | M12 - M24 | Hexagon head bolt | A2-70 | DIN 21057-11 |
| | M27 – M33 | Hexagon head bolt | 1.4980 | DIN 21057-11 |
| Stud bolt | M12 – M24 | Stud bolt | A2-70 | DIN 21057-11 |
| | M27 – M33 | Stud bolt | 1.4980 | DIN 21057-11 |
| Nuts | M12 – M24 | Hexagon nut | A2-70 | DIN 21057-11 |
| | M27 – M33 | Hexagon nut | 1.4980 | DIN 21057-11 |

| Component | DN | Designation | Material | Delivery condition |
|--|---------|-------------|----------|--------------------|
| Washer | 12 - 33 | Washer | A4 | DIN 21057-11 |
| a) Up to three nominal diameter decrements are allowed. b) Table 6 shows the reference for eligible branch types for each nominal diameter combination. c) Optionally for automatic welding process. | | | | |

4 Dimensions

Table 3 — Dimensions 10HD01B1

| DN ^{a)} | D [mm] | Component wall thicknesses [mm] | | | |
|---|--------|---------------------------------|--------------|------------------------------|------------|
| | | Pipe | Elbow type A | Reducer type B ^{e)} | Cap type A |
| 15 | 21.3 | 2.0 ^{b)} | 2.0 | - | 2.0 |
| 20 | 26.9 | 2.0 ^{b)} | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| 25 | 33.7 | 2.0 ^{b)} | 2.0 | 2.3 | 2.0 |
| (32) | 42.4 | 2.0 ^{b)} | 2.0 | 2.0 ^{c)} | 2.0 |
| 40 | 48.3 | 2.0 ^{b)} | 2.0 | 2.0 ^{c)} | 2.0 |
| 50 | 60.3 | 2.0 ^{b)} | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| (65) | 76.1 | 2.3 ^{b)} | 2.3 | 2.3 | 2.3 |
| 80 | 88.9 | 2.3 ^{b)} | 2.3 | 2.3 | 2.3 |
| 100 | 114.3 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 |
| (125) | 139.7 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 |
| 150 | 168.3 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 |
| 200 | 219.1 | 2.9 | 3.6 | 3.6 | 3.6 |
| 250 | 273.0 | 2.9 | 3.6 | 3.6 ^{d)} | 3.6 |
| 300 | 323.9 | 3.2 | 4.0 | 4.0 ^{d)} | 4.0 |
| (350) | 355.6 | 3.6 | 4.0 | 4.0 ^{d)} | 4.0 |
| 400 | 406.4 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| (450) | 457.0 | 4.5 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| 500 | 508.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 ^{d)} | 5.0 |
| 600 | 610.0 | 5.6 | 5.6 | 5.6 ^{d)} | 5.6 |
| 700 | 711.0 | 7.1 | 7.1 | 7.1 | 7.1 |
| 800 | 813.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 |
| 900 | 914.0 | 8.8 | 8.8 | 8.8 | 8.8 |
| 1000 | 1016.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| a) Values in parentheses shall be avoided. b) Suitable for 5D machine bend c) If the DIN EN 10253-4 don't define wall thicknesses for nominal diameter decrements, a reducer with next higher wall thickness series acc. DIN EN 10253-4 shall be select. d) If the wall thickness T_1 at the reduced nominal diameter is less than the corresponding pipe wall thickness of the connecting pipe, it is recommended to select the next higher wall thickness series according to DIN EN 10253-4. e) The specified dimension indicates the wall thickness T according to DIN EN 10253-4 at the non-reduced nominal diameter. Please refer to the technical delivery condition according to Table 2 for additional dimensions. | | | | | |

5 Vacuum resistance

Table 4 and table 5 indicate the vacuum resistance as a function of the outside diameter d_a and the wall thickness s . Row 3 specifies the maximum permissible negative pressure p with a 15 m straight pipe length. Row 4 specifies the maximum permissible pipe length L with a full vacuum (-1 bar).

Table 4 — Vacuum resistance 10HD01B1 up to 00 °C, E-modulus 197.750 MPa

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| da [mm] | 21.3 | 26.9 | 33.7 | 42.4 | 48.3 | 60.3 | 76.1 | 88.9 | 114.3 | 139.7 | 168.3 | 219.1 | 273 |
| T [mm] | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2.3 | 2.3 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.9 | 2.9 |
| p [bar] | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -0.65 |
| L [m] | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 1.8 |

| | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| da [mm] | 323.9 | 355.6 | 406.4 | 457 | 508 | 610 | 711 | 813 | 914 | 1016 |
| T [mm] | 3.2 | 3.6 | 4 | 4.5 | 5 | 5.6 | 7.1 | 8 | 8.8 | 10 |
| p [bar] | -0.52 | -0.56 | -0.52 | -0.52 | -0.52 | -0.42 | -0.54 | -0.52 | -0.49 | -0.53 |
| L [m] | 2.0 | 2.2 | 2.5 | 2.8 | 3.1 | 3.5 | 4.4 | 5.0 | 5.5 | 6.2 |

Table 5 — Vacuum resistance 10HD01B1 up to 400 °C, E-modulus 172.000 MPa

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| da [mm] | 21.3 | 26.9 | 33.7 | 42.4 | 48.3 | 60.3 | 76.1 | 88.9 | 114.3 | 139.7 | 168.3 | 219.1 | 273 |
| T [mm] | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2.3 | 2.3 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.9 | 2.9 |
| p [bar] | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -0.56 |
| L [m] | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 1.7 |

| | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| da [mm] | 323.9 | 355.6 | 406.4 | 457 | 508 | 610 | 711 | 813 | 914 | 1016 |
| T [mm] | 3.2 | 3.6 | 4 | 4.5 | 5 | 5.6 | 7.1 | 8 | 8.8 | 10 |
| p [bar] | -0.45 | -0.49 | -0.45 | -0.45 | -0.45 | -0.37 | -0.47 | -0.45 | -0.43 | -0.46 |
| L [m] | 1.8 | 2.1 | 2.3 | 2.6 | 2.9 | 3.3 | 4.1 | 4.6 | 5.1 | 5.8 |

REMARK 1 E-Modul according to STAHL-EISEN-Werkstoffblatt (SEW) 310.

REMARK 2 Calculation of vacuum resistance according to DIN 21057-1: 2016-12, Chapter 4.4



Piping Classification
Pipe Class 10CA03B1

Regional EU
Werknorm

WN 9623

2020-04-29

Rohrleitungsklassifikation
Rohrklasse 10CA03B1

Supersedes edition:
2016-03-01

This is the translation of the German edition. In cases of doubt, the German edition shall prevail.

Table of contents

| | | Page |
|---|----------------------------|------|
| 1 | General bases | 1 |
| 2 | Limits | 2 |
| 3 | Components | 3 |
| 4 | Dimensions | 4 |
| 5 | Vacuum resistance | 5 |
| 6 | Design of branches | 6 |
| 7 | Normative references | 7 |
| | Amendments..... | 8 |

1 General bases

| | |
|---|---|
| General basis of pipe class: | DIN EN 13480, DIN 21057, WN 8401, WN 1057 |
| Scope of pipe class | Pressure Equipment Directive 2014/68/EU, Regulation concerning Safety and Health (BetrSichV) |
| Checked by TÜV SÜD Chemie Service GmbH, applicable for: | Module categories I to III acc. to PED and WN 6000-1 and WN 6000-2 |
| Base materials: | P235GH / P245GH |
| PN number / test pressure: | PN 10 / 15 bar ¹ |
| Piping material made of steel: | High wall thickness, with machine bends |
| Flange facing: | DIN EN 1092-1:2018-12-01, Type B1 |
| Corrosion allowance: | c ₂ = 2 mm |
| Nominal diameter range: | DN 15 to DN 1000 ² |
| Flow medium classification: | Rohr//Online |
| Fabrication and Installation: | WN 9911-1, WN 9911-2 |
| Welding and testing: | WN 0416 |
| Spacings of supports and elasticity: | DIN EN 13480-3:2017-12-01, Annex Q |
| Technical delivery conditions: | DIN 21057-1, DIN 21057-5, DIN 21057-10, DIN 2626, WN 1057-5, WN 1057-6, WN 1057-8, WN 1057-10 |

¹ The hydrostatic test pressure is valid for pressure testing with fluids on prefabricated piping components.

² Pipelines up to DN 25 are within the scope of the DRGL, Article 4, Paragraph 3 The essential safety requirements according to Annex 1 of the PED does not apply, but these pipes must be installed in accordance with thebe designed and manufactured in accordance with good engineering practice. The nominal sizes DN 15 and 20 can be used for trace heating, for example.

2 Limits

Table 1 — Pressure-/temperature rating

| Limits | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|---|
| Temperature | °C | -10 | 20 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | - | - | - | - | - | - |
| Pressure | bar | 10 | 10 | 8.5 | 8.3 | 7.7 | 7 | 6.4 | - | - | - | - | - | - |

Pressure-/temperature rating according to DIN EN 1092-1:2018-12-01, Annex G, for material number 1.0352 (P245GH) with a reference thickness v_R (mm) of max. 150 mm.

3 Components

Table 2 — Component overview

| Component | DN | Designation | Material | Delivery condition |
|---|------------|---|----------|---------------------------|
| Pipe | 15 – 200 | Pipe seamless | P235GH | WN 1057-10 |
| | 250 - 1000 | Pipe welded | P235GH | WN 1057-10 |
| Machine bend | 15 - 80 | Machine bend 5D | P235GH | WN 1057-10 |
| Elbow 45° | 15 - 1000 | Elbow 45°, model 3D, type A | P235GH | WN 1057-10 |
| Elbow 90° | 15 - 1000 | Elbow 90°, model 3D, type A | P235GH | WN 1057-10 |
| Reducer ^{a)} | 20 - 1000 | Reducer concentric / eccentric, type B | P235GH | WN 1057-10 |
| Tee ^{b)} | 15 - 700 | Tee, type A | P235GH | WN 1057-10 |
| | 32 - 1000 | Tee, type B | P235GH | WN 1057-10 |
| Branch, unreinforced ^{b)} | 15 - 1000 | Branch unreinforced, type A | P235GH | DIN 21057-1 |
| Branch, internally reinforced ^{b)} | 250 - 1000 | Branch internally reinforced, type B | P235GH | WN 1057-5 DIN 21057-10 |
| Cap | 15 - 1000 | Cap, type A | P235GH | WN 1057-10 |
| Weld-neck flange | 15 - 40 | WN-Flange PN 40, type 11, facing B1 | P245GH | DIN 21057-10 |
| | 50 - 150 | WN-Flange PN 16, type 11, facing B1 | P245GH | DIN 21057-10 |
| | 200 - 300 | WN-Flange PN 10, type 11, facing B1 | P245GH | DIN 21057-10 |
| | 350 - 1000 | WN-Flange PN 10, type 160, facing B1 | P245GH | WN 1057-6 |
| Blind flange | 15 - 40 | Blind flange PN 40, type 05, facing A | P265GH | DIN 21057-10 |
| | 50 - 150 | Blind flange PN 16, type 05, facing A | P265GH | DIN 21057-10 |
| | 200 - 1000 | Blind flange PN 10, type 05, facing A | P265GH | DIN 21057-10 |
| Blind flange, bored | 20 - 40 | Blind flange PN 40, bored, type A, facing A | P265GH | WN 1057-8 |
| | 50 | Blind flange PN 16, bored, type A, facing A | P265GH | WN 1057-8 |
| Line blanks | 15 - 80 | Line blanks PN 40, type A, B, C, facing AA | P235GH | DIN 2626 |
| | 100 - 150 | Line blanks PN 16, type A, B, C, facing AA | P235GH | DIN 2626 |
| | 200 - 1000 | Line blanks PN 10, type A, B, C, facing AA | P235GH | DIN 2626 |
| Hexagon head bolts | M12 – M33 | Hexagon head bolt | 25CrMo4 | DIN 21057-10 |
| Stud bolts | M12 – M33 | Stud bolt | 25CrMo4 | DIN 21057-10 |
| Nuts | M12 – M33 | Hexagon nut | 25CrMo4 | DIN 21057-10 |
| Washer | 12 - 33 | Washer | Steel | DIN 21057-10 |
| <p>a) Up to three nominal diameter decrements are allowed. b) Table 6 shows the reference for eligible branch types for each nominal diameter combination.</p> | | | | |

4 Dimensions

Table 3 — Dimensions 10CA03B1


| DN ^{a)} | D [mm] | Component wall thicknesses [mm] | | | |
|------------------|--------|---------------------------------|--------------|------------------------------|------------|
| | | Pipe | Elbow type A | Reducer type B ^{d)} | Cap type A |
| 15 | 21.3 | 4.0 ^{b)} | 4.0 | - | - |
| 20 | 26.9 | 4.0 ^{b)} | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| 25 | 33.7 | 4.0 ^{b)} | 4.0 | 4.5 | 4.0 |
| (32) | 42.4 | 4.0 ^{b)} | 4.0 | 5.0 | 4.0 |
| 40 | 48.3 | 4.5 ^{b)} | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| 50 | 60.3 | 4.5 ^{b)} | 5.6 | 5.6 | 5.6 |
| (65) | 76.1 | 5.0 ^{b)} | 5.6 | 7.1 | 5.6 |
| 80 | 88.9 | 5.6 ^{b)} | 5.6 | 8.0 | 5.6 |
| 100 | 114.3 | 6.3 | 6.3 | 8.8 | 6.3 |
| (125) | 139.7 | 6.3 | 6.3 | 6.3 | 6.3 |
| 150 | 168.3 | 6.3 | 7.1 | 7.1 | 7.1 |
| 200 | 219.1 | 6.3 | 6.3 | 8.0 | 7.1 |
| 250 | 273.0 | 6.3 | 6.3 | 8.8 ^{c)} | 6.3 |
| 300 | 323.9 | 7.1 | 7.1 | 10.0 | 7.1 |
| 350 | 355.6 | 7.1 | 8.0 | 10.0 | 8.0 |
| 400 | 406.4 | 8.0 | 8.8 | 10.0 | 8.8 |
| (450) | 457 | 8.8 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| 500 | 508 | 8.8 | 11.0 | 11.0 | 10.0 |
| 600 | 610 | 10.0 | 12.5 | 12.5 | 10.0 |
| 700 | 711 | 11.0 | 12.5 | 12.5 | 10.0 |
| 800 | 813 | 11.0 | 12.5 | 12.5 | 10.0 |
| 900 | 914 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 |
| 1000 | 1016 | 12.5 | 12.5 | 25.0 | 12.5 |

a) Values in parentheses shall be avoided.
b) Suitable for 5D machine bend
c) If the wall thickness T_1 at the reduced nominal diameter is less than the corresponding pipe wall thickness of the connecting pipe, it is recommended to select the next higher wall thickness series according to DIN EN 10253-2.
d) The specified dimension indicates the wall thickness T according to DIN EN 10253-2 at the non-reduced nominal diameter. Please refer to the technical delivery condition according to Table 2 for additional dimensions.

A.4. FITXA DE SEURETAT DEL COMPOSTOS

A continuació, es mostren les fitxes de seguretat dels compostos

MDI-MDA Tarragona

| | | |
|--------------------|---------------------------|---|
| Código de producto | 2205 (22005) |  |
| Producto | Vapor 1.2bar hasta 2.5bar | |

| Radiografiado | | Clase de riesgo para vertido en aguas residuales | R.D. 769 (DEP) | | | |
|---------------|---------------|--|------------------|-------|---------|-----------|
| Proyecto | Mantenimiento | | Peligrosidad | Grupo | DN | Categoría |
| | | | | G2 | 15-400 | Art. 3.3 |
| | | | | | 450-600 | I |
| | | TA Luft | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Observaciones:
Según Werknorm 1203-3:1999-05, el código de producto es 22005.Vapor <=2.5bar.

Pintura:
ROJO

| Diámetro nominal | Tipo de tubería | Tipo de junta | Condiciones de trabajo | | Condiciones de diseño | | Condiciones de prueba | | | |
|------------------|-----------------|---------------|------------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|-------------|------------------------|-------------|
| | | | Presión bar | Temperatura C° | Presión bar | Temperatura C° | Prueba de presión | | Prueba de estanqueidad | |
| | | | | | | | Fluido | Presión bar | Fluido | Presión bar |
| 15-600 | 10BD101 | MA | 1.2/2.5 | 130-200 | -1/2.5 | 200 | Aire/agua | 3,75 | Aire | 0,3 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Válvulas2

| Rango de diámetros de utilización | Tipo de valvulería | Fecha | Observaciones |
|-----------------------------------|--------------------|----------|---------------|
| 15-80 | V1 | 21.06.89 | |
| 200-600 | S14 | 06.09.89 | |
| 15-150 | R3 | 13.11.89 | |
| 100-150 | V1A | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| 2 | 30/05/05 | Salas | Condiciones de Prueba/RD 769/juntas |
|------|----------|---------|--|
| 1 | 30/09/99 | ITP/TPI | PASADA HOJA A SISTEMA INFORMATICO Y AÑADIDO NUEVO CODIGO DE PRODUCTO |
| REV. | FECHA | NOMBRE | DENOMINACION |



HIDROXIDO DE SODIO SOLUCION 32%

Versión 1.0

Fecha de revisión 27.09.2022

Fecha de impresión 28.09.2022

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

HIDROXIDO DE SODIO SOLUCION 32%

No. CAS: 1310-73-2

Número del material: 05452384

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Uso:

Insumo para aplicaciones industriales

Para obtener información detallada sobre los usos identificados según la REACH-normativa (EU) n.º 1907/2006, consulte el anexo de esta hoja de datos de seguridad.

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Covestro Deutschland AG
COVDEAG-CEO-GI-GQ-GPS&RA-GPS&I
D-51365 LEVERKUSEN

Tel.: +49 214 6009 8134

Email: ProductSafetyEMLA@covestro.com

1.4 Teléfono de emergencia

+1-703-527-3887 (Chemtrec)

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o mezcla

Corrosivos para los metales, Categoría 1 (H290)

Corrosión cutáneas, Sub-categoría 1A (H314)

Lesiones oculares graves, Categoría 1 (H318)

2.2 Elementos de la etiqueta



Peligro

Componentes determinantes del peligro para el etiquetado

Hidróxido de sodio; sosa cáustica

Indicaciones de peligro:

H290 Puede ser corrosivo para los metales.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

Consejos de prudencia:

P280 Llevar guantes/ ropa de protección/ equipo de protección para los ojos/ la cara.

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P303 + P361 + P353 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua.

P304 + P340 + P310 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/ médico.

P305 + P351 + P338 + P310 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/ médico.

P390 Absorber el vertido para que no dañe otros materiales.

2.3 Otros peligros

Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (vPvB) a niveles del 0,1% o superiores.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

Tipo de producto: Mezcla

3.2 Mezclas

Componentes peligrosos

Hidróxido de sodio; sosa cáustica

Concentración [% en peso]: aprox. 32

No. Índice: 011-002-00-6

No. CE: 215-185-5

Número de registro REACH: 01-2119457892-27-0006

No. CAS: 1310-73-2

Clasificación (1272/2008/CE): Corr. met. 1 H290 Corr. cut. 1A H314 Les. oc. 1 H318

Límites de concentración específicos (SGA):

| | | |
|---------------|------|-------------|
| Corr. cut. 1A | H314 | >= 5 % |
| Irrit. cut. 2 | H315 | 0,5 - < 2 % |
| Irrit. oc. 2 | H319 | 0,5 - < 2 % |
| Corr. cut. 1B | H314 | 2 - < 5 % |

Lista de sustancias candidatos altamente preocupantes para su Autorización

Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes en concentraciones que sea obligatorio notificar (Reglamento REACH (CE) N° 1907/2006, Artículo 59).

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Recomendaciones generales: Retirar a los accidentados de la zona de peligro protegiéndose a uno mismo. Despojarse inmediatamente de la ropa contaminada (incluida ropa interior y zapatos).

Si es inhalado: Sacar a la persona accidentada al aire libre. En caso de dificultades respiratorias, dar inhalaciones de oxígeno, procurar que el intoxicado no se mueva y protegerlo contra la pérdida de calor. Llame inmediatamente al médico.

En caso de contacto con la piel: En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua. Vendaje protector esterilizado, consultar al dermatólogo.

En caso de contacto con los ojos: Enjuagar los ojos con agua templada manteniendo los párpados abiertos, durante un periodo suficiente (10 minutos como mínimo). Consultar al oculista.

Por ingestión: En caso de ingestión, enjuáguese la boca con agua (solamente si la persona está consciente). NO provocar el vómito, pedir la asistencia médica.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Notas para el médico: Referencias sobre toxicología, véase apartado 11.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

Acciones terapéuticas: Primeros auxilios, descontaminación, tratamiento sintomático. Según la cantidad respirada, dosificar aerosol de corticoide.

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados: Dióxido de carbono (CO₂), Espuma, polvo extintor, en caso de incendios graves utilizar además chorro de agua pulverizada.

Medios de extinción no apropiados: Chorro de agua de gran volumen

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

En caso de incendio puede formarse monóxido de carbono,

dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y trazas ligerísimas de cianuro de hidrógeno (ácido cianhídrico). En caso de incendio o de explosión, no respire los humos.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

En la lucha contra incendios se requiere un equipo de protección respiratoria con alimentación autónoma de aire y traje de protección química total.

Combatir el foco del incendio, siempre que no sea peligroso intervenir. Los depósitos que corren peligro se enfriarán con agua y, si es posible, se retirarán de la zona de peligro. Evitar que el agua de extinción contaminada entre en contacto con la tierra o se mezcle con las aguas subterráneas y superficiales.

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Usar vestimenta de protección (véase sección 8). Procúrese aireación/renovación del aire suficiente. Mantener lejos a las personas ajenas.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No echar al agua superficial o al sistema de alcantarillado sanitario.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Recoger con un absorbente de productos químicos o con arena seca. Introducir en recipientes cerrados, debidamente marcados. Depositar también el material empleado en la limpieza en recipientes cerrados.

6.4 Referencia a otras secciones

Eliminación adicional véase sección 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Las condiciones generales de uso se especifican con más detalle en el anexo de acuerdo con el Reglamento REACH (CE) n.º 1907/2006.

Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia. Disponer de la suficiente renovación del aire y/o de extracción en los lugares de trabajo.

Los trabajos se realizarán de forma que los operarios no queden expuestos a los efectos del producto. Dirigir

el aire residual industrial a la atmósfera sólo a través de separadores o lavadores idóneos.

Hay que adoptar medidas generales contra la acumulación de cargas electrostáticas que pueden producirse en función de los aparatos, la manipulación y el embalaje de los productos.

Deben cumplirse las medidas de protección exigidas para la manipulación de sustancias irritativas y corrosivas. Evitar absolutamente el contacto con la piel y los ojos, así como la inhalación de los vapores.

Observar estrictamente las normas de higiene industrial y personal. Manténgase lejos de alimentos y condimentos. Lávense las manos antes de los descansos y después de terminar la jornada laboral. Mantenga separadas las ropas de trabajo del resto del vestuario. Quitarse enseguida la ropa sucia o impregnada y vestir otra limpia. Si el traje de protección total se contamina, dúchese primero con el traje puesto.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Consérvese el recipiente seco y herméticamente cerrado en lugar fresco y bien ventilado.

7.3 Usos específicos finales

Para obtener información detallada sobre los usos identificados según la REACH-normativa (EU) n.º 1907/2006, consulte el anexo de esta hoja de datos de seguridad.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

Las medidas de gestión de riesgos se especifican con más detalle en el anexo de acuerdo con el Reglamento REACH (CE) n.º 1907/2006.

8.1 Parámetros de control

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

| Sustancia | No. CAS | Base | Tipo | Valor | Valor Límite Máximo | Observaciones |
|-----------------------------------|-----------|----------|------------|---------|---------------------|---------------|
| Hidróxido de sodio; sosa cáustica | 1310-73-2 | VLA (ES) | VLA-E C | 2 mg/m3 | | |

Nivel sin efecto derivado (DNEL)

Hidróxido de sodio; sosa cáustica

| Tipo valor | Vía de exposición | Efectos sobre la salud | Valor | Observaciones |
|--------------|-------------------|---------------------------------|---------|--|
| Trabajadores | Inhalación | A largo plazo - efectos locales | 1 mg/m3 | Criterio de valoración más sensible: Irritación (sistema respiratorio) |
| Trabajadores | Inhalación | Aguda - efectos locales | | Sin datos disponibles |
| Trabajadores | Cutáneo | A largo plazo - efectos locales | | Sin datos disponibles |
| Trabajadores | Cutáneo | Aguda - efectos locales | < 2 % | |

Concentración prevista sin efecto (PNEC)

Hidróxido de sodio; sosa cáustica

| Compartimento | Valor | Observaciones |
|-------------------------|-------|---------------|
| Agua dulce | | No aplicable |
| Sedimento de agua dulce | | No relevante |
| Agua de mar | | No aplicable |
| Sedimento marino | | No relevante |

| | | |
|---|--|--------------|
| Planta de tratamiento de aguas residuales | | No aplicable |
| Suelo | | No relevante |
| Oral | | No relevante |

8.2 Controles de la exposición**Controles técnicos apropiados**

Medida técnica de seguridad para limitar la exposición ambiental, véase también en la Sección 7 "Manipulación y almacenaje".

Protección respiratoria

En caso de formarse vapores, es necesario el uso de protección respiratoria. En caso de presencia de gases, usar hasta 0,5% en volumen filtro protector combinado con DIN EN 141 B-P2 (color característico gris/blanco) y hasta 1% en volumen filtro protector combinado con DIN EN 141 B-P3. Para mayores concentraciones o en condiciones no definidas claramente, usar aparato de protección respiratoria independiente.

Si procede, en el anexo se encuentran recomendaciones adicionales sobre la protección respiratoria.

Protección de las manos

Materiales adecuados para guantes de protección; EN 374:

Caucho natural - NR: espesor $\geq 0,5\text{mm}$; Tiempo de rotura $\geq 480\text{min}$.

Policloropreno - CR: espesor $\geq 0,5\text{mm}$; Tiempo de rotura $\geq 480\text{min}$.

Caucho nitrilo - NBR: espesor $\geq 0,35\text{mm}$; Tiempo de rotura $\geq 480\text{min}$.

Poli(cloruro de vinilo) - PVC: espesor $\geq 0,5\text{mm}$; Tiempo de rotura $\geq 480\text{min}$.

Caucho fluorado - FKM: espesor $\geq 0,4\text{mm}$; Tiempo de rotura $\geq 480\text{min}$.

Caucho butilo - IIR: espesor $\geq 0,5\text{mm}$; Tiempo de rotura $\geq 480\text{min}$.

Recomendación: gestionar los guantes contaminados.

Protección de los ojos

Úsese protección para los ojos/la cara.

Protección de la piel y del cuerpo

Usar vestimenta impermeable de protección. En caso de contacto con el producto (p.e: en la toma de muestras, derrame o fuga de producto): ropa de protección total o contra productos químicos.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas**9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Estado físico: líquido a 20 °C a 1.013 hPa

Aspecto: líquido

Color: incoloro

Olor: casi inodoro

Límite umbral de olor: no determinado

pH: > 14 a 100 g/l a 20 °C

Temperatura de solidificación: aprox. 7 °C

Punto /intervalo de ebullición: 120 °C a 1.013 hPa

Punto de inflamación: no se inflama

Tasa de evaporación: no determinado

Inflamabilidad (sólido, gas): No aplicable

Índice de combustibilidad: No aplicable

Límites superior/inferior de inflamabilidad o de explosividad: no determinado

Presión de vapor: no determinado

Densidad relativa del vapor: no determinado

Densidad: 1,349 g/cm³ a 20 °C

DIN 51757

Miscibilidad con agua: miscible a 15 °C

Solubilidad en agua: no determinado

Tensión superficial: no determinado

| | |
|--|------------------|
| Coeficiente de reparto (n-octanol/agua): | no determinado |
| Temperatura de auto-inflamación: | No aplicable |
| Temperatura de ignición: | No aplicable |
| Temperatura de descomposición: | no determinado |
| Calor/calefacción de combustión: | no determinado |
| Viscosidad, dinámica: | 17 mPa.s a 20 °C |
| Viscosidad, cinemática: | no determinado |

9.2 Otra información

Los valores indicados no se corresponden necesariamente con la especificación del producto. Consulte los datos de la especificación en la hoja de información del producto o la hoja de información técnica.

| | |
|-------------------------------|----------------|
| Propiedades explosivas: | no determinado |
| Clase de explosión del polvo: | No aplicable |
| Propiedades comburentes: | no determinado |

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Esta información no está disponible.

10.2 Estabilidad química

Esta información no está disponible.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacciona violentamente con ácidos y con metales no nobles, como aluminio, magnesio y cinc, formando hidrógeno. Estable en condiciones normales.

10.4 Condiciones que deben evitarse

Esta información no está disponible.

10.5 Materiales incompatibles

Aluminio Metales ligeros Metales Cinc vidrio

10.6 Productos de descomposición peligrosos

Ningún producto de descomposición peligroso si se almacena y maneja correctamente.

SECCIÓN 11: Información toxicológica

No se dispone de estudios toxicológicos del producto.

A continuación encontrará los datos toxicológicos disponibles de los componentes (componentes peligrosos).

11.1. Información sobre las clases de peligro de conformidad con el Reglamento (CE) nº 1272/2008

Toxicidad aguda, oral

Hidróxido de sodio; sosa cáustica

No existen datos válidos disponibles.

No es necesario el estudio por razones científicas.