

AGRAÏMENTS

En nom de totes les components del grup, en primer lloc, volem donar les gràcies al nostre director de projecte que ens ha ajudat durant tot el període d'elaboració del projecte resolent els dubtes que anaven sorgint cada setmana. El seu suport i consells ens han servit enormement en l'elaboració d'aquest.

Cal agrair també l'ajuda de tots els professors de la Universitat Rovira i Virgili, la seva tasca docent durant els anys d'estudi i la seva col·laboració en moments de dubte ens han permès formar-nos com a futures Enginyeres Tècniques Químiques.

Finalment, volem donar les gràcies a la nostra família, pel seu suport i ajuda en tot moment. I, en general, a totes les persones que ens han animat durant l'elaboració del projecte, ja que sense ells/elles hauria estat més difícil realitzar-lo.

Moltes gràcies a tots!

ÍNDIX

1. Introducció	1
2. Bases de disseny	2
2.1. Descripció del projecte	2
2.2. Abast del projecte	2
2.3. Antecedents històrics	2
2.4. Planificació inicial del projecte	3
3. Bases de disseny per al desenvolupament del projecte	5
3.1. Bases de disseny per a l'enginyeria	5
3.1.1. Especificacions d'alimentació i producte	5
3.1.2. Capacitat, flexibilitat operativa I factor de servei	5
3.1.3. Condicions de la material primera	6
3.1.4. Normes i codis de disseny	6
3.2. Dades bàsiques per al desenvolupament de l'enginyeria	7
3.2.1. Energies disponibles	8
3.2.1.1. Aigües	8
3.2.1.2. Aire	8
3.2.1.3. Energia elèctrica	9
3.2.1.4. Combustibles	9
3.2.2. Preus de les energies	9
3.2.3. Dades de l'emplaçament.....	9
3.2.3.1. Clima	11
3.2.3.2. Terreny	11
3.2.4. Balanços	12
3.2.4.1. Balanç de matèria	12
3.2.4.2. Balanç d'energia	12
4. Desenvolupament de l'enginyeria bàsica.....	14
4.1. Elaboració de diagrames	14
4.1.1. Diagrama de bloc	14
4.1.2. PFD	15
4.1.3. PCD	16
4.1.4. Situació i emplaçament	17
4.1.5. P&ID	18

4.1.6. Plot plan	20
4.2. Disseny bàsic.....	21
4.2.1. Disseny de canonades	21
4.2.1.1. Dimensionament de canonades	21
4.2.1.2. Llista de canonades	22
4.2.1.3. Càlcul de vàlvules	27
4.2.1.4. Llista de vàlvules	30
4.2.1.5. Fulls d'especificació de vàlvules.....	34
4.2.1.5.1. Fulls d'especificació de vàlvules de control	34
4.2.1.5.2. Fulls d'especificació de vàlvules de seguretat	38
4.2.2. Disseny de la instrumentació i control	53
4.2.2.1. Caracterització de les estratègies de control.....	53
4.2.2.1.1. Zona de descàrrega	53
4.2.2.1.2. Zona d'emmagatzematge	54
4.2.2.1.3. Zona de regasificació	55
4.2.2.2. Relació d'instruments de control.....	58
4.2.3. Disseny d'equips.....	61
4.2.3.1. Tancs d'emmagatzematge	61
4.2.3.2. Disseny regasificador	64
4.2.3.3. Disseny vaporitzador atmosfèric	67
4.2.3.3.1. Vaporitzador atmosfèric de la zona de descàrrega	67
4.2.3.3.2. Vaporitzadors atmosfèrics en els dipòsits	68
4.2.4. Fulls d'especificació dels equips	70
4.2.4.1. Fulls d'especificació dels tancs d'emmagatzematge	70
4.2.4.2. Fulls d'especificació dels regasificadors	72
4.2.4.3. Fulls d'especificació vaporitzadors atmosfèrics	74
4.3. Descripcions.....	77
4.3.1. Descripció funcional del projecte	77
4.3.1.1. Instal·lació de descàrrega	77
4.3.1.1.1. Estat inicial de la instal·lació.....	77
4.3.1.1.2. Connexió de les mànegues criogèniques.....	77
4.3.1.2. Descàrrega de GNL.....	78
4.3.1.2.1. Igualació i augment de la pressió.....	78
4.3.1.3. Zona d'emmagatzematge.....	79

4.3.1.3.1. Estat inicial de la instal·lació.....	79
4.3.1.3.2. Estat en el dipòsit.....	79
4.3.1.4. Regasificació	80
4.3.1.4.1. Vaporitzador.....	80
4.3.2. Descripció de la instal·lació.....	81
5. Seguretat al disseny de les instal·lacions	82
5.1. Protecció d'equips a sobrepressions.....	82
5.2. Mesura de protecció contra incendis o vessaments	83
5.3. Sistemes de protecció personal	83
5.4. Anàlisi de risc preliminar	84
5.5. Fire &Explosion Index (F&EI)	88
5.6. Càlcul del cubeto de retenció	90
5.7. Normes d'atmosferes explosives	91
6. Medi Ambient al disseny de les instal·lacions	92
6.1. Identificació i avaluació de les emissions	92
6.2. Condicionants socioeconòmics.....	94
6.3. Consum d'energia i de recursos naturals	95
6.4. Contribució a l'Efecte Hivernacle	96
6.5. Conclusions.....	96
6.6. Manual de sistemes de gestió del Medi Ambient ISO 14001.....	97
7. Manteniment de les instal·lacions	99
8. Manual d'operació.....	103
8.1. Definicions	103
8.2. Posada en marxa	103
8.3. Proves periòdiques.....	105
8.4. Funcionament en estat estacionari	105
9. Estudi econòmic	106
9.1. Compte de resultats	106
9.1.1. Avaluació d'entrades	106
9.1.2. Avaluació de sortides	106
9.2. Avaluació global de la inversió	107
9.2.1. Establiment de paràmetres financers	107
9.2.2. Rendibilitat de la inversió	107
9.2.2.1. Mètode Payback	107

9.2.2.2. Anàlisi de sensibilitat	108
9.2.2.3. Conclusions	110
10. Bibliografia.....	111

ANNEX

A.1. Propietats del Gas Natural.....	112
A.2. Balanços	114
A.3. Disseny Tanc	117
A.4. Càlculs pel disseny d'un bescanviador de calor.....	119
A.5. Càlcul per al disseny del vaporitzador atmosfèric.....	127
A.6. Avaluació econòmica	133
A.7. Cash Flow Projecte i Avaluació econòmica.....	136

1 INTRODUCCIÓ.

Doing NaturGas és una nova planta re gasificadora de Gas Natural Liquat, formada per tres joves emprenedors.

El nou projecte de l'empresa ha estat l'estudi d'una Planta Satèl·lit regasificadora de Gas Natural Liquat per tal d'alimentar les calderes de la Central Tèrmica d'Andorra, a la província de Terol.

L'objectiu d'aquest disseny és construir una planta fiable i segura que garanteixi l'alimentació continua a les calderes esmentades.

2 ETAPA PRELIMINAR

2.1 Descripció del projecte.

En el següent projecte s'estudia una planta de regasificació de Gas Natural Liquat per tal d'alimentar amb un cabal normal de 600 m³/h una caldera, tenint en compte això, ha estat dissenyada amb una autonomia de 7 dies. Aquest es desenvolupa i s'implanta en una parcel·la d'Andorra (Terol).

El gas natural liquat arriba a la planta mitjançant camions cisterna. Aquest és transformat en la planta de regasificació per ser enviat a una caldera externa a la instal·lació.

Així, es determina que l'objectiu principal del projecte és garantir l'alimentació de la caldera. Aquesta, consumeix en condicions normals 600 m³/h de Gas Natural, però en ocasions punta uns 740 m³/h.

2.2 Abast del projecte.

Es determinen els límits de bateria, des de l'arribada de camions cisterna amb gas natural liquat a la planta, passant per la zona d'emmagatzematge, que conté dos tancs de 90 m³ per tenir producte suficient per una setmana, fins la brida d'entrada de la caldera de la central a la que es subministra incloent tots els equips excepte el sistema de generació d'aigua calenta de la planta. Dins d'aquests límits es dissenya i estudia tota la instal·lació.

2.3 Antecedents històrics.

En el passat, el gas natural es considerava un subproducte sense valor associat a l'extracció de petroli cru, fins que en 1920, es va fer evident que era una valuosa font de combustió.

Durant el segle XIX, l'ús del gas natural va estar localitzat degut a que no hi havia cap forma de transportar-lo en grans quantitats i a llargues distàncies, raó per la qual aquest va romandre allunyat del desenvolupament industrial.

Les primeres plantes de líquefacció de gas natural es van instal·lar a la dècada dels quaranta en els Estats Units, amb el fi de satisfer demandes de consums punta estacionals en xarxes de distribució de Gas Natural ja saturades; en èpoques de baixa demanda el gas és líquat i emmagatzemat en grans dipòsits criogènics, en general de gran capacitat, i novament regasificat i emes a la xarxa en èpoques d'elevada demanda.

Partint d'aquestes plantes establertes com a base, van néixer de forma perifèrica les anomenades plantes satèl·lits amb les mateixes funcions però de menor mesura; desproveïdes d'unitats de líquefacció i abastides amb GNL per transport terrestre mitjançant cisternes o ferrocarril.

En Espanya, el primer GNL va arribar el 1969 sense una infraestructura prèvia de xarxes de Gas Natural. La primera planta satèl·lit es va posar en servei en Novembre de 1970 a Figueres, quan feia menys d'un any de les primeres descàrregues de GNL a Barcelona. En març d 1971 ja s'havien instal·lat 4 plantes.

Les plantes satèl·lit d'emmagatzematge i regasificació locals de GNL, es venen efectuant des de fa més de 25 anys, amb resultats plenament satisfactoris. Usant una tècnica constructiva simple, disponible i experimentada.

2.4 Planificació inicial del projecte.

Per tal de planificar el treball durant el temps d'execució del projecte, ens hem basat en l'elaboració d'un Diagrama de Gantt.

En aquest, s'ha distribuït la feina durant les setmanes de duració del Projecte Final de Carrera. Hi ha diferents tasques a realitzar durant el període de temps corresponent, tal i com es mostra al diagrama. Algunes d'aquestes tasques són dependents les unes de les altres, és a dir, que si una tasca no entra dins del pla exigirà un retràs de les altres tasques.

A continuació, es mostra el Diagrama de Gantt amb el qual està planificat el nostre treball.

Nombre	febrero 2009			marzo 2009				abril 2009				mayo 2009		
	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19
[-] Etapa preliminar														
... Abast de projecte														
... Antecedents històrics														
... Planificació inicial														
... Estudi bibliogràfic														
[+] Bases de disseny														
... Especificacions d'alimentació														
... Capacitat, flexibilitat operativa i factor de servei														
... Especificacions del producte														
... Condicions de les matèries primeres														
... Normes de disseny a aplicar														
... Dades bàsiques per al desenvolupament de l'enginyeria														
[+] Desenvolupament														
... Diagrames														
... Disseny bàsic														
... Descripcions														
[+] Seguretat al disseny														
... Protecció d'equips a sobrepressions														
... Mesures de protecció contra incendis i vessaments														
... Anàlisi de risc laboral														
... Sistemes de protecció personal														
[+] Mediambient														
... Identificació i avaluació de les emissions														
... Consum d'Energies i Recursos naturals														
... Contribució Efecte Hivernacle														
... Manteniment de les instal·lacions														
... Manual d'operació														
... Estudi econòmic														

3 BASES DE DISSENY PER AL DESENVOLUPAMENT DEL PROJECTE

La planta satèl·lit de regasificació de gas natural líquid té una autonomia pensada per 7 dies de funcionament d'aquesta. S'ha tingut en compte que la planta consumeix $600\text{Nm}^3/\text{h}$ de gas i la relació entre aquest i el gas líquid, és de 1:600, és a dir, $600\text{ m}^3/\text{h}$ de Gas Natural equivalen a $1\text{ m}^3/\text{h}$ de Gas Natural Líquid.

També s'han de regular la pressió i la temperatura de sortida del producte per tal que sigui la requerida de la caldera a la qual va destinat com a alimentació.

3.1 Bases de disseny per a l'enginyeria.

3.1.1 Especificacions d'alimentació i producte.

Les característiques de qualitat que ha de reunir la matèria primera, en aquest cas el gas natural líquid, per tal que es conservi en l'estat i les condicions desitjades són -165 °C i 5 bar, aquest ja serà descarregat en aquestes condicions del camió cisterna i també hi serà emmagatzemat. Un cop el gas natural sigui regasificat també haurà de complir una sèrie de requisits per tal de poder ser utilitzat per alimentar les calderes de la central tèrmica d'Andorra (Terol), aquestes calderes necessiten que el gas natural oscil·li entre 15 i 20 °C i amb una pressió d'uns 0.3 o 0.4 bars.

3.1.2 Capacitat, flexibilitat operativa i factor de servei.

Les següents dades fan referència als rangs de capacitat en els que pot funcionar la instal·lació.

- Capacitat Emmagatzematge.

La Capacitat Real d'Emmagatzematge (CRA) correspon al 95% de la Capacitat Nominal d'Emmagatzematge (CNA). La capacitat total dels tancs d'emmagatzematge és de 180 m^3 ja que aquestos estan pensats per proveir gas natural durant una setmana.

$$\text{CRA} = 0.95 \cdot \text{CNA} = 0.95 \cdot 180 = 171\text{ m}^3 \text{ útils}$$

- Flexibilitat operativa.

La flexibilitat operativa és entesa com el rang de capacitats màxim i mínim en que pot funcionar la instal·lació.

- Rang màxim de capacitat: 740m³/h
- Rang mínim de capacitat: 600m³/h

- Factor de servei.

La planta treballa durant tot l'any, de forma que el factor de servei es considera 91,32 %.

3.1.3 Condicions de la matèria primera.

A continuació, en la Taula 3.1.3.1. es descriuen les propietats principals de la matèria primera de la planta en els seus límits de bateria, és a dir, en la sortida i entrada de la instal·lació a estudiar.

Taula 3.1.3.1. *Condicions de la matèria primera.*

	Entrada GNL	Sortida GN
Cabal (kg/h)	22145	51165
Estat	Líquid	Gas
Pressió (bar)	5	0.3-0.4
Temperatura (°C)	-165	18

3.1.4 Normes i codis de disseny.

Per la realització del projecte sobre la instal·lació de la planta satèl·lit de Gas Natural líquid, s'ha de tenir en compte diferents normes o reglaments, ja sigui per els aparells, instal·lacions i la manipulació del gas.

En primer lloc, s'ha buscat el *Real Decret 919/2006* que ens aporta al Reglament *ITC-ICG04 de plantes satèl·lit de gas natural líquid (GNL)*, aquest reglament s'aplica en instal·lacions que tinguin una capacitat geomètrica d'emmagatzematge no superior a 1000 m³ de GNL. També explica el muntatge de la planta, ja que ha de ser realitzada per una empresa especialitzada en treballs criogènics.

Aquest Reglament arriba fins a les Normatives UNE, les quals expliquen com construir els tancs on s'emmagatzemarà el GNL i les diferents instal·lacions de la planta. Dins les normes UNE cal destacar *UNE 60250 Instal·lacions de emmagatzematge de gasos líquats del petroli en dipòsit fixes per el seu consum en instal·lacions receptores*, aquesta norma descriu tant les característiques dels equips com la seva construcció i manteniment. L'altra normativa a tenir en compte és la *UNE 60210 Plantes satèl·lit de Gas Natural Liqueat (GNL)*, la qual indica el disseny, la construcció de les instal·lacions, el seu control, seguretat, etc.

Es treballa amb el reglament *MIE-AP15 Reglaments per a aparells a pressió referent al emmagatzematge de gas natural líquat en dipòsits criogènics a pressió (plantes satèl·lits)*, aquest reglament servirà per el càlcul i dimensionament dels diferents aparells a pressió que al procés.

Finalment també s'haurà de fer ús del reglament de *Real decret 681/2003 referent a atmosferes explosives (AtEx)* aquest document permetrà saber els compliment dels requisits de les directives sobre atmosferes explosives, per això s'ha de tenir en compte els equips de la instal·lació de la zona i la forma amb la qual treballen.

3.2 Dades bàsiques per al desenvolupament de l'enginyeria.

Aquest apartat compren tota la informació que facilita el desenvolupament de l'enginyeria. Es descriuen totes les energies necessàries en la planta:

3.2.1 Energies disponibles.

3.2.1.1 Aigües.

- Aigua desmineralitzada.

L'aigua serà necessària per el funcionament de les calderes, que aquesta es farà servir per el regasificador i escalfarà el gas natural líquid, fins que el gas natural estigui a una temperatura de 18°C. L'aigua que es farà servir per el regasificador serà desmineralitzada.

Taula 3.2.1.1.1. *Característiques de l'aigua de refrigeració de la planta.*

Característiques	Valors
Cabal	5,1m ³ /h
Pressió de subministrament	4 bar
Temperatura de subministrament	90°C
Temperatura de retorn	30°C
pH	7,5
Factor de Fouling (Bescanviadors)	0,0002 m ² .K/W

3.2.1.2 Aire.

L'aire que s'utilitza a la planta serà pels vaporitzadors atmosfèrics. Aquest aire serveix per què passi el gas natural líquid a gas natural, per la descàrrega de la cisterna i per mantenir la pressió de dins el tanc.

Taula 3.2.1.2.1. *Característiques de l'aire usat en la planta.*

Característiques	Valors
Pressió de subministrament	1,01 bar
Temperatura de subministrament	15°C

3.2.1.3 Energia Elèctrica.

La planta de regasificació és de Baixa-Mitjana voltatge, de 400/230V. Aquesta potència es farà servir només per l'enllumenat de la planta, ja que en cap equip, ni accessori del procés es subministra energia elèctrica.

3.2.1.4 Combustibles.

El combustible necessari per la planta és el gas natural, que es farà servir per el sistema de generació d'aigua calenta, per què aquesta es pugui escalfar i després enviar-la al vaporitzador. Aquest combustible s'agafarà directament del procés ja que és un part molt petita i no afectarà la producció de 600m³/h que s'ha d'enviar a la central tèrmica. Tot i així la planta tindrà un subministrament exterior de gas.

3.2.2 Preus de les energies.

Les energies necessàries durant el procés són l'aigua i el gas natural.

Taula 3.2.2.1. *Preus de les energies.*

Energia	Preu (€/unitat)
Gas natural	0,5 m ³
Aigua desmineralitzada	1,07 m ³

3.2.3 Dades de l'emplaçament.

S'ha fet un estudi en diferents llocs per tal d'ubicar la planta Doing NaturGas en un passatge on sigui fàcil la seva accessibilitat, tingui unes bones condicions meteorològiques, un bon terreny per la seva construcció i també que pugui fer arribar el Gas Natural a una altra empresa per tal de que aquesta el pugui utilitzar per les seves calderes.

La planta Doing NaturGas s'ubica al costat de la Central Tèrmica d'Andorra (Terol); així el gas natural es distribuirà directament a la central de forma que tindrà el gas necessari per el funcionament de les corresponents calderes.

La planta s'ubicarà a les afores del poble d'Andorra, a la província de Terol situat ha l'est d'aquesta i a uns 140km de la capital, Terol. La ciutat es troba a 714m d'altitud sobre el nivell del mar, té un superfície de 142km² i una població de 8300 habitants, el tercer nucli poblacional de la província.

Principals vies de comunicació:

- La ciutat es localitza a la intersecció dels eixos de carreteres de Saragossa-València i Madrid-Barcelona.
- Està ben comunicada, es troba a 17km de la carretera Nacional 232 entre Saragossa i Castelló, al punt quilomètric 141.
- A 12km de la carretera Nacional 211, entre Terol i Alcanyís, en el seu punt quilomètric 213.

En la Figura 3.2.3.1 s'observa una imatge aèria del Polígon Comarcal d'Andorra.



Figura 3.2.3.1. Ubicació del Polígon Comarcal a la població d'Andorra.

Es podrà veure la situació geogràfica de la planta al plànol de situació i emplaçament de la pàgina 18 del present document.

3.2.3.1 Clima.

El clima de la població d'Andorra és moderat de muntanya. A l'estiu les temperatures són suaus, encara que no tenen molta oscil·lació tèrmica pel que fa durant el dia i la nit. A l'hivern són extremadament fredes, amb mínimes molt baixes i de vegades poden arribar a un valor inferior de -10°C. Pel que fa el tema de precipitacions a l'hivern són molt poc freqüents, i l'època de l'any més abundants es troba al final de la primavera, tot i així es pot dir que és un clima amb escasses precipitacions.

En general el clima d'Andorra es fred i sec durant l' i les temperatures mitjanes anuals oscil·len entre 8 i 12 graus i amb nevades hivernals i llargs períodes de gelades.

Taula 3.2.3.1.1. *Taula de les dades climatològiques d'Andorra.*

Dades climatològiques		
	Màximes	Mínimes
Temperatura estiu	30°C	20°C
Temperatura hivern	14°C	-10°C
Precipitacions	Primavera - Tardor	
Humitat relativa	58%	

També s'ha de tenir en compte el vent sec i fred del hivern que arriba del NO, i a l'estiu és càlid i sec però arriba de SE. Tot i això el vent fort no és molt abundant.

3.2.3.2 Terreny

Pel que fa el tema dels moviments sísmics, les terres d'Andorra no són propenses a tenir moviments forts ni sobtats. Això fa que sigui un bon lloc per instal·lar diverses edificacions i instal·lacions.

A la comarca també cal destacar que s'hi poden trobar importants recursos miners. Junt amb el carbó, també és una zona amb el terreny abundant d'argila, en tota la comarca existeixen grans reserves abundants i amb una bona qualitat d'aquest sòl.

3.2.4 Balancos.

En aquest apartat s'ha realitzat un estudi del balanç de matèria i d'energia del procés, els quals són necessaris per després poder fer altres càlculs, com per exemple el dimensionament dels diferents equips que intervenen al procés, càlcul de canonades, vàlvules, etc. (ref.9)

3.2.4.1 Balanç de matèria.

S'ha fet un balanç de matèria del procés tenint en compte les corrents principals del PFD, per tal de saber la quantitat de matèria que passa per les canonades.

Durant el procés no es troba cap reacció química. Per tant, per fer el balanç de matèria serà més senzill; a aquest balanç només se li haurà de tenir en compte el factor de relació per el canvi de volum en el moment de canvi de fase de Gas Natural Lìquid a Gas Natural, aquest valor és de 1/600 respectivament. El fet que no hi hagi cap reacció ens indica que tota la matèria que entra dins del procés també en surt. En les corrents 2, 3 i 4 la matèria transferida és la mateixa. En canvi la matèria del corrent 1 és diferent ja que aquesta s' emmagatzema dins del tanc, i aquest està en discotinu, només es càrrega durant un temps determinat. La temperatura de les línies del procés varia juntament amb la seva pressió, aquests valors també es veuen reflectits dins del balanç de matèria.

En la pàgina 16, s'adjunta juntament amb el PFD la taula de corrents.

3.2.4.2 Balanç d'energia.

Durant el procés de la planta de regasificació de Gas Natural, s'ha fet un estudi de la calor que s'intercanvia entre les corrents principals, les quals estan indicades al PFD. Aquesta calor s'ha calculat mitjançant un balanç d'energia. Aquest estudi s'ha fet a partir de l'equació bàsica del balanç, que es mostra a continuació.

$$A = E - S + Q$$

[Eq.3.2.4.2.1.]

S'ha de tenir el compte que en aquest procés no hi ha acumulació, que tot el cabal que entra dins de la planta, surt per la mateixa però en forma de gas. Per tant el valor de l'acumulació serà zero. Així, la fórmula es descriu de la següent manera:

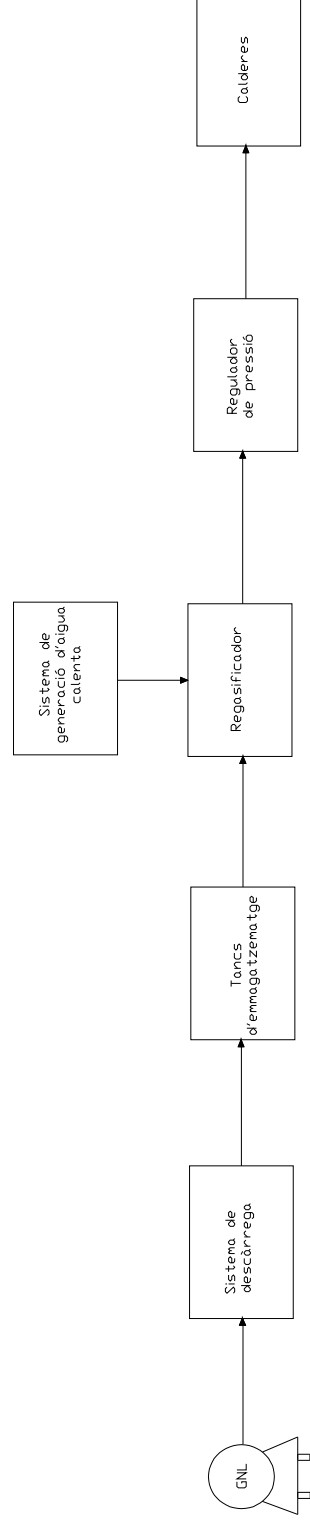
$$Q = S - E \quad [\text{Eq.3.2.4.2.2}]$$

Per tant el balanç d'energia es farà únicament amb aquesta fórmula, i es calcularà la calor de cada corrent.

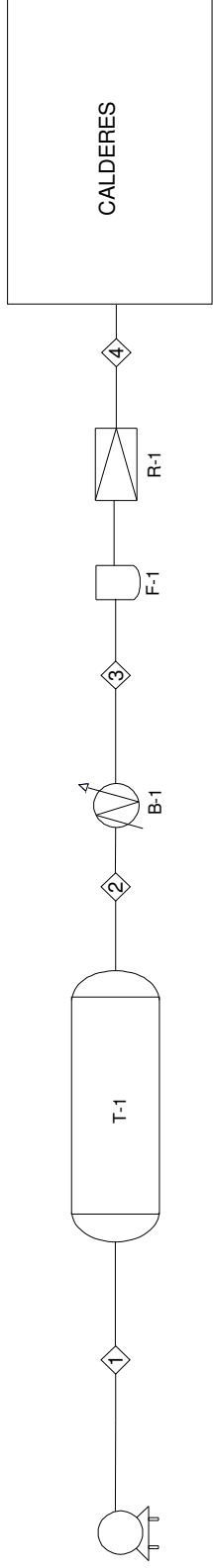
4 DESENVOLUPAMENT DE L'ENGINYERIA BÀSICA

4.1 Elaboració de diagrames

4.1.1 Diagrama de blocs.



4.1.2 PFD



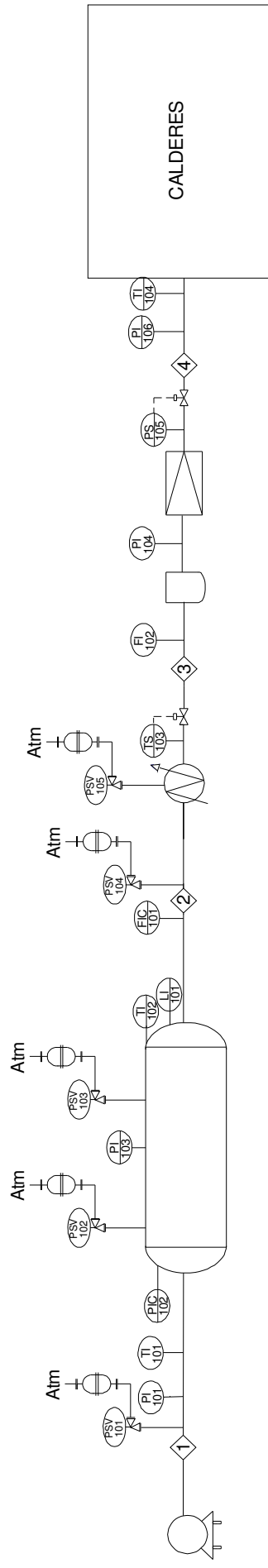
Taula 4.1.2.1. Balanç de matèria.

Corrents	1	2	3	4
Metà (kg/h)	19799,81	396,00	378,62	378,62
Età (kg/h)	1542,30	30,85	39,75	39,75
Propà (kg/h)	565,25	11,31	20,98	20,98
Total (kg/h)	21907,36	438,15	439,35	439,35
Total (m3/h)	50	1	600	600
T (°C)	-165	-165	18	18
P (bar)	5	5	4	0
Estat	liquid	liquid	gas	gas

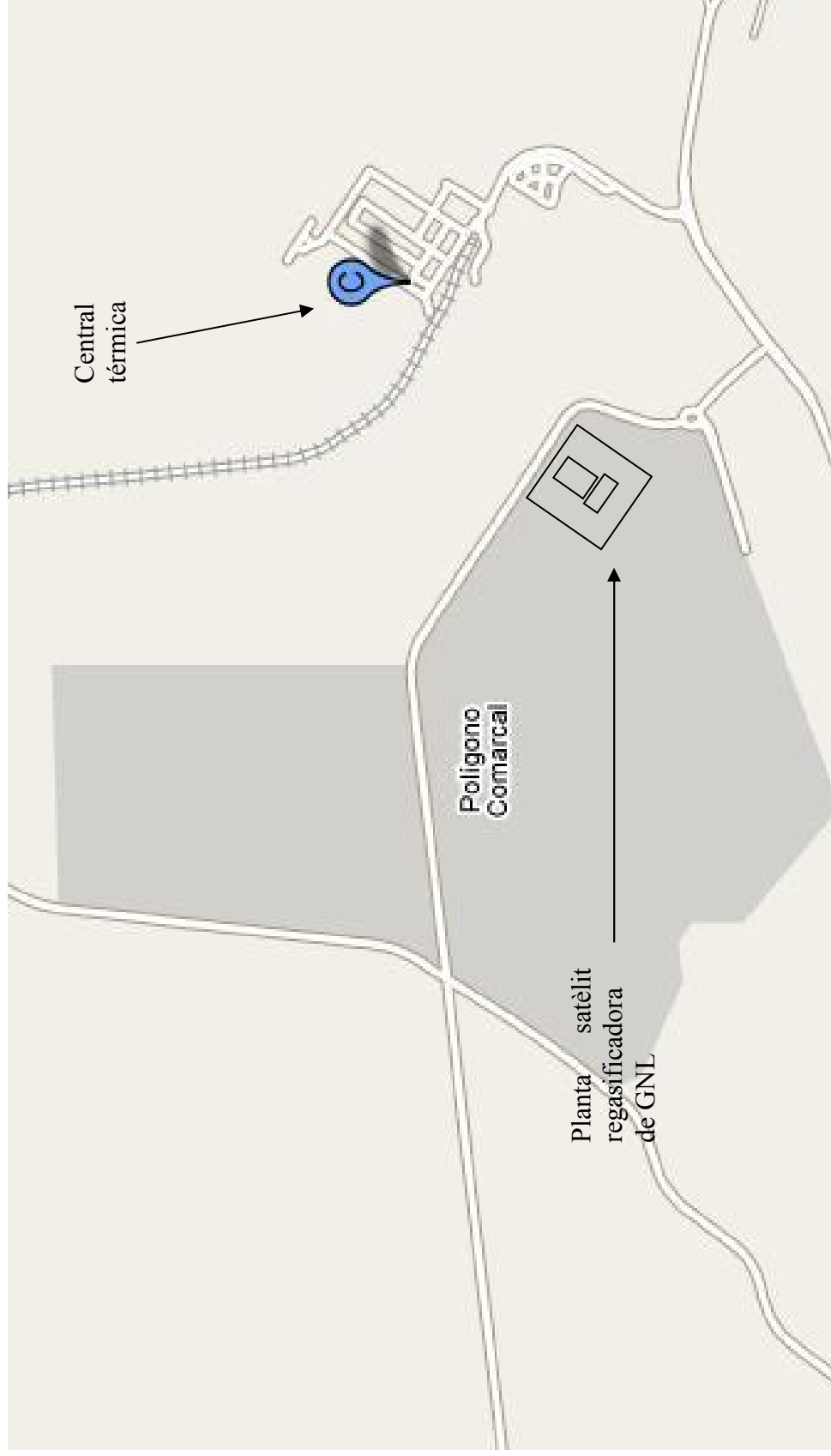
Taula 4.1.2.2. Equips principals.

Equips	Explicació
T-1	Tanc
B-1	Intercanviador tub/carcassa
F-1	Filtre
R-1	Regulador de pressió

4.1.3 PCD

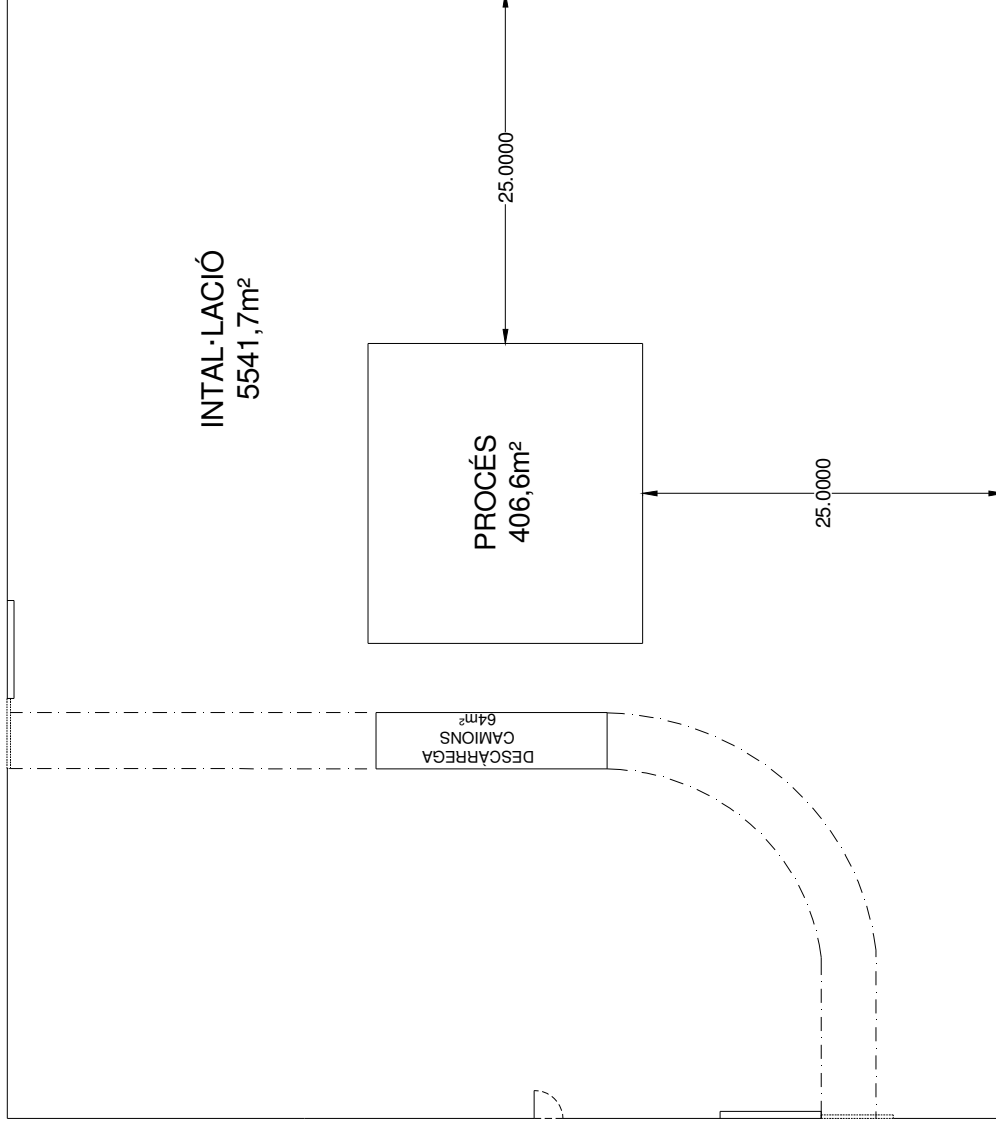


4.1.4 Plànol de situació i emplaçament.



4.1.5 P&ID

4.1.6 Plot plan



4.2 Disseny bàsic.

4.2.1 Disseny de canonades.

4.2.1.1 Dimensionament de canonades.

Tot el gas natural que es tracta durant el procés de la planta circula per canonades ja que si té contacte amb l'aire s'evapora i es mescla, i després no es pot recuperar, per tant el gas natural circularà durant tot el procés per dins de les canonades.

En aquest apartat s'explicarà el procés que s'ha fet servir per a realitzar el dimensionament de les canonades del procés per tal de que així hi hagi el cabal necessari per a la central tèrmica.

Per el càlcul de les canonades s'ha necessitat el cabal volumètric que passa per cada una d'aquestes, i a partir d'aquí s'ha fet el dimensionament.

Després de tenir el cabal volumètric en m³/h es passa a m³/s, un cop el cabal està en aquestes unitats, es fixa la velocitat del cabal, s'agafa una velocitat estàndard. En el procés s'ha considerat que per els líquids aquesta serà de 0,6m/s i per els gasos serà de 15m/s.

Seguidament s'ha calculat l'àrea de la secció de la canonada dividint el cabal amb la velocitat. Després del càlcul de l'àrea es calcula el diàmetre interior del la canonada amb la formula següent:

$$A = \frac{D \cdot \pi^2}{4} \quad [\text{Eq.4.2.1.1.1.}]$$

I finalment si s'aïlla el diàmetre queda la equació següent:

$$D = \frac{A \cdot 4}{\pi^2} \quad [\text{Eq.4.2.1.1.2.}]$$

Un cop el diàmetre està calculat es buscaran els diàmetres estàndards de les canonades que es troben al mercat. El diàmetre que sigui més pròxim al calculat, sempre hi quan sigui superior, serà el diàmetre que es farà servir per el dimensionament cada una de les canonades del procés. A continuació es calcularà la llargada de les canonades tenint en compte les distàncies de seguretat entre el equips, i de les vàlvules i altres accessoris de la planta.

A més a més d'aquest càlculs també s'ha calculat la velocitat òptima del fluid amb l'àrea de la canonada. En aquest cas es calcularà l'àrea d'aquest amb la formula [Eq.4.2.1.1.1.], però s'haurà de realitzar amb els diàmetres estàndards. Després de calcular l'àrea es troba la velocitat de la mateixa manera que s'ha trobat anteriorment, dividint el cabal volumètric per que s'ha calculat l'àrea.

4.2.1.2 Llista de les canonades.

A continuació es mostra una llista de totes les canonades que intervenen al procés, amb les seves característiques principals:

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI DEPARTAMENT D'ENGINYERIA QUÍMICA Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química										LLISTA DE LÍNIES				PREPARAT PER GRUP 3	
										PROJECTE: PLANTA SATEL·LIT				DATA: 08/05/09	
										DE REGASIFICACIÓ DE GAS					
										NATURAL LIQUAT					
DN (in)	Sche	Long (m)	Espessor (in)	Nº sèrie	Extrems de línies		Subst.	V (m³/h)	Material	T (°C)	P (bar)	OBSERVACIONS			
					de	a									
8	40	2	0.322	C-101	M-101	FI-101	GNL	50	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA			
8	40	3	0.322	C-102	FI-101	TK-101	GNL	50	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA			
8	40	3	0.322	C-103	FI-101	TK-102	GNL	50	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA			
1	40	1.75	0.133	C-104	M-102	E-101	GNL	1	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA			
1 1/2	40	1	0.145	C-105	E-101	VO/O-101	GN	54	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA			
2	40	0.5	0.154	C-106	VO/O-101	M-103	GN	91	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA			
2	40	3.5	0.154	C-107	C-107"	VO/O-101	GN	90	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA			

2	40	0.5	0.154	C-107'	TK-101	C-107"	GN	90	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA
2	40	4.5	0.154	C-107"	TK-102	C-107	GN	90	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA
3/4	40	1	0.113	C-108	TK-101	E-102	GNL	0.42	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA
4	40	1	0.237	C-108'	E-102	TK-101	GN	252	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA
3/4	40	1	0.113	C-109	TK-102	E-103	GNL	0.42	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA
4	40	1	0.237	C-109'	E-103	TK-102	GN	252	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA
1 1/2	40	1	0.145	C-110	TK-101	FIC-102	GNL	1.25	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA
1 1/2	40	2.5	0.145	C-110'	FIC-102	VR-111	GNL	1.25	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA
1 1/2	40	1	0.145	C-111	TK-102	FIC-103	GNL	1.25	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA
1 1/2	40	2.5	0.145	C-111'	FIC-103	VR-111	GNL	1.25	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA
1 1/2	40	1	0.145	C-112	VR-111	E-104B	GNL	1.25	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA

1 1/2	40	1.15	0.145	C-112'	PSV-111	E-104A	GNL	1.25	AISI 304L	-196	5.5	FRIORIFUGADA
6	40	3.3	0.28	C-113	E-104B	VA-104	GN	740	AISI 304L	0	5.5	
6	40	1.5	0.28	C-113'	E-104A	TIC-104	GN	740	AISI 304L	0	5.5	
6	40	0.75	0.28	C-113"	P-108	VM-125	GN	740	AISI 304L	0	5.5	
6	40	2	0.28	C-114	VA-104	VR-113	GN	740	AISI 304L	0	0.35	
6	40	0.75	0.28	C-114'	VM-125	VM-126	GN	740	AISI 304L	0	0.35	
6	40	0.75	0.113	C-115	PI-111	ODORITZANT	GN	740	AISI 304L	0	0.35	
6	40	0.75	0.113	C-115'	ODORITZANT	VM-119	GN	740	AISI 304L	0	0.35	
2	40	19.65	0.154	C-116	SGAC*	E-104B	AIGU A	5.1	AISI 304L	0	4	CALORIFUGADES
2	40	18.5	0.154	C-116'	SGAC*	E-104A	AIGU A	5.1	AISI 304L	0	4	CALORIFUGADES
2	40	19.5	0.154	C-117	E-104B	VM-123	AIGU A	5.1	AISI 304L	0	4	

2	40	20.65	0.154	C-117'	E-104A	SGAC*	AIGU A	5.1	AISI 304L	0	4	
1	40	15	0.133	C-118	VM-130	SGAC*	GN	1.56	AISI 304L	0	0.35	
2 1/2	40	26	0.203	C-119	VR-113	TÈRMICA	GN	740	AISI 304L	0	0.35	
8	40	5	0.322	M-101	CAMIÓ CISTERNA	C-101	GNL	50	AISI 304L	-196	5.5	
1	40	5	0.133	M-102	CAMIÓ CISTERNA	C-104	GNL	1	AISI 304L	-196	5.5	
2	40	5	0.154	M-103	CAMIÓ CISTERNA	C-106	GNL	91	AISI 304L	-196	5.5	

* Sistema de Generació D'aigua Calenta

4.2.1.3 Càlcul de vàlvules.

En aquest apartat es farà el dimensionament de les vàlvules que s'han de posar a les canonades i als equips del procés. Aquest accessoris són necessaris després per el dimensionament de la planta.

Per el càlcul de vàlvules s'ha de trobar el valor de Kv, que es defineix com el coeficient de cabal o dimensionament de la vàlvula. Aquest valor significa el cabal d'aigua en m³/h a una temperatura de 15°C que passa a través de la vàlvula per un obertura determinada quan la pèrdua de càrrega és de 1 bar. (ref.1;7)

S'ha calculat el valor de Kv en les vàlvules reguladores automàtiques. A continuació s'explicarà el procediment de càlcul de la vàlvula VA-101.

Primer de tot s'ha buscat el valor de longitud equivalent en diàmetres de conducte (Le/D) que té una vàlvula de globus. En el cas de la VA-101 té un valor de 340. A continuació es necessitarà buscar el valor del factor de fricció (Ft). Aquest valor dependrà del diàmetre que tingui la canonada. Depenen d' on estigui situada la vàlvula aquest variarà. En el cas que s'està estudiant la canonada té un diàmetre de 1.5 polsades per tant el valor del Ft serà de 0,021. (ref.1).

Aquests valors són necessaris per el càlcul del coeficient de resistència (K), que després serà necessari per el càlcul de pèrdues menors de la vàlvula.

1) Per trobar el coeficient de resistència s'ha fet servir la formula següent.

$$K = \frac{Le}{D} f_T \quad [\text{Eq.4.2.1.3.1.}]$$

El valor del coeficient per la vàlvula VA-101 és de 7.14.

2) Seguidament es podran calcular les pèrdues menors de la vàlvula les quals es trobaran a partir de l'equació següent:

$$h_L = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad [\text{Eq.4.2.1.3.2.}]$$

El valor de les pèrdues en la vàlvula que s'està estudiant és de 81.88m.

3) A continuació es calcularà el coeficient Kv de la vàlvula amb l'expressió següent, aquesta és la necessària per les vàlvules on el fluid que passa és gas:

$$Kv = \frac{F}{n_3 \cdot p_1 \cdot Y \sqrt{x/MT_1Z}} \quad [\text{Eq.4.2.1.3.3.}]$$

A la taula següent es mostren el valors necessaris per el càlcul de Kv. Ja que el gas natural té un percentatge de metà molt elevat es realitzarà el càlcul amb aquest component.

Taula. 4.2.1.3.1. Dades càlcul X.

Paràmetre	Valor	Paràmetre	Valor
F (m ³ /h)	50	Y	0.01
P ₁ (bars)	6,5	n ₃	2,621
T ₁ (K)	113	x	12.6
		Factor de	
Pes molecular, M	16	compressibilitat, Z	0,9925

- El valor de x es calcula a partir de la fórmula següent:

$$x = \frac{h_L}{p_1} \quad [\text{Eq.4.2.1.3.4.}]$$

On serà necessari el valor de la pèrdues de càrrega de la vàlvula calculat anteriorment i la pressió del fluid.

- El valor de Y es calcularà amb l'equació següent:

$$Y = \frac{1 - x}{3 \cdot F_K \cdot x_T} \quad [\text{Eq.4.2.1.3.5.}]$$

El qual serà necessari el valor de F_K que es calcula amb l' expressió que es mostrarà a continuació:

$$F_K = \frac{C_p/C_v}{1,14} \quad [\text{Eq.4.2.1.3.6}]$$

Amb aquest valors ja es pot fer el càlcul de la Kv de la vàlvula.

Taula.4.2.1.3.2. Dades càlcul Kv.

Paràmetres	Valors
Cp (kJ/kg)	247
Cv (kJ/kg·K)	4,555
x_T	0,75

Finalment el valor de la Kv de la vàlvula de VA-101 és de 312. Amb aquest procediment s'han calculat la resta de vàlvules del procés.

4.2.1.4 Llista de vàlvules.

Seguidament es mostra una llista amb totes les vàlvules necessàries durant el procés.

Taula 4.2.1.4.1. *Llista de vàlvules.*

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química				LLISTA DE VÀLVULES		Preparat per: Grup3
				PLANTA SATÈL·LIT DE REGASIFICACIÓ DE GNL		Data: 08/05/09
Vàlvula	Tipus de vàlvula	Actuador	Canonada	Diàmetre (mm)	Fluid	Material
VO/O-101 FO	ON/OFF Bola	Pistó	C-106	50	GN	AISI-304
VO/O-102 FO	ON/OFF Bola	Pistó	C-104	25	GNL	AISI-304
VO/O-103 FO	ON/OFF Bola	Pistó	C-101	200	GNL	AISI-304
VO/O-104 FC	ON/OFF Bola	Pistó	C-102	200	GNL	AISI-304
VO/O-105 FC	ON/OFF Bola	Pistó	C-103	200	GNL	AISI-304
VO/O-106 FC	ON/OFF Bola	Pistó	C-108	40	GNL	AISI-304
VO/O-107 FC	ON/OFF Bola	Pistó	C-108'	20	GN	AISI-304
VO/O-108 FC	ON/OFF Bola	Pistó	C-109	100	GNL	AISI-304
VO/O-109 FC	ON/OFF Bola	Pistó	C-109'	20	GN	AISI-304
VO/O-110 FO	ON/OFF Bola	Pistó	C-110	100	GNL	AISI-304
VO/O-111	ON/OFF	Pistó	C-111	40	GNL	AISI-304

FO	Bola					
VO/O-112 FC	ON/OFF Bola	Pistó	C-113	150	GN	AISI-304
VO/O-113 FC	ON/OFF Bola	Pistó	C-113	150	GN	AISI-305
VM-101	Bola	Manual	C-106	50	GN	AISI-304
VM-102	Bola	Manual	C-104	25	GNL	AISI-304
VM-103	Bola	Manual	C-101	200	GNL	AISI-304
VM-104	Bola	Manual	C-105	40	GN	AISI-305
VM-105	Bola	Manual	C-104	25	GNL	AISI-304
VM-106	Bola	Manual	C-102	200	GNL	AISI-304
VM-107	Bola	Manual	C-103	200	GNL	AISI-304
VM-108	Bola	Manual	C-107'	50	GN	AISI-304
VM-109	Bola	Manual	C-107"	50	GN	AISI-304
VM-110	Bola	Manual	C-108	20	GN	AISI-304
VM-111	Bola	Manual	C-108'	100	GN	AISI-304
VM-112	Bola	Manual	C-110	40	GNL	AISI-304
VM-113	Bola	Manual	C-109	20	GNL	AISI-304
VM-114	Bola	Manual	C-109'	100	GN	AISI-304
VM-115	Bola	Manual	C-111	40	GNL	AISI-304
VM-116	Bola	Manual	C-112'	40	GNL	AISI-304
VM-117	Bola	Manual	C-112'	40	GNL	AISI-304
VM-118	Bola	Manual	C-116	50	AIGUA	AISI-304
VM-119	Bola	Manual	C-116'	50	AIGUA	AISI-304
VM-120	Bola	Manual	C-113	150	GN	AISI-304
VM-121	Bola	Manual	C-113'	150	GN	AISI-304
VM-122	Bola	Manual	C-117'	50	AIGUA	AISI-304
VM-123	Bola	Manual	C-117	50	AIGUA	AISI-304
VM-124	Bola	Manual	C-113'	150	GN	AISI-304
VM-125	Bola	Manual	C-114'	150	GN	AISI-304
VM-126	Bola	Manual	C-114'	150	GN	AISI-304
VM-127	Bola	Manual	C-113	150	GN	AISI-305

VM-128	Bola	Manual	C-113	150	GN	AISI-306
VM-129	Bola	Manual	C-115	150	GN	AISI-304
VM-130	Bola	Manual	C-115'	150	GN	AISI-304
VM-131	Bola	Manual	C-114	150	GN	AISI-304
VM-132	Bola	Manual	C-118	25	GN	AISI-304
VR-101	Anti-retorn		C-104	25	GN	AISI-304
VR-102	Anti-retorn		C-101	200	GNL	AISI-304
VR-103	Anti-retorn		C-102	200	GNL	AISI-304
VR-104	Anti-retorn		C-103	200	GNL	AISI-304
VR-105	Anti-retorn		C-108	20	GNL	AISI-304
VR-106	Anti-retorn		C-108'	100	GN	AISI-304
VR-107	Anti-retorn		C-109	20	GNL	AISI-304
VR-108	Anti-retorn		C-109'	100	GN	AISI-304
VR-109	Anti-retorn		C-110	40	GNL	AISI-304
VR-110	Anti-retorn		C-111	40	GNL	AISI-304
VR-111	Anti-retorn		C-112	40	GNL	AISI-304
VR-112	Anti-retorn		C-113	150	GN	AISI-304
VR-113	Anti-retorn		C-114	150	GN	AISI-304
VA-101 FC	Globus	Diafragma	C-110	40	GNL	AISI-304
VA-102 FC	Globus	Diafragma	C-111	40	GNL	AISI-304
VA-103 FO	Globus	Diafragma	C-116	50	AIGUA	AISI-304
VA-104 FO	Globus	Diafragma	C-113	150	GN	AISI-305
P-101	Purga	Manual	C-104	25	GNL	AISI-304
P-102	Purga	Manual	C-101	200	GNL	AISI-304
P-103	Purga	Manual	C-104	25	GNL	AISI-304
P-104	Purga	Manual	C-101	200	GNL	AISI-304
P-105	Purga	Manual	TK-101	90m ³	GNL	AISI-304
P-106	Purga	Manual	TK-102	90m ³	GNL	AISI-304
P-107	Purga	Manual	C-112	40	GNL	AISI-304
P-108	Purga	Manual	C-113	150	GN	AISI-304
P-109	Purga	Manual	C-114	150	GN	AISI-305
PSV-101	Globus	Diafragma	E-101	1 m ³	GN	AISI-304
PSV-102	Globus	Diafragma	C-101	200	GN	AISI-304

PSV-103	Globus	Diafragma	TK-101	90 m ³	GN	AISI-304
PSV-104	Globus	Diafragma	TK-101	90m ³	GN	AISI-304
PSV-105	Globus	Diafragma	TK-101	90m ³	GN	AISI-304
PSV-106	Globus	Diafragma	E-102	1m ³	GN	AISI-304
PSV-107	Globus	Diafragma	TK-102	90m ³	GN	AISI-304
PSV-108	Globus	Diafragma	TK-103	90m ³	GN	AISI-304
PSV-109	Globus	Diafragma	TK-104	90m ⁵	GN	AISI-304
PSV-110	Globus	Diafragma	E-103	1 m ³	GN	AISI-304
PSV-111	Globus	Diafragma	C-112	40	GN	AISI-304
PSV-112	Globus	Diafragma	E-104A	2,4 m ³	GN	AISI-304
PSV-113	Globus	Diafragma	E-104B	2,4 m ³	GN	AISI-305
PSV-114	Globus	Diafragma	C-113	150	GN	AISI-306
PSV-115	Globus	Diafragma	C-114	150	GN	AISI-307

4.2.1.5 Fulls d'especificació de vàlvules.

4.2.1.5.1 Fulls d'especificació de vàlvules de control.

ESPECIFICACIÓ DE VÀLVULES DE CONTROL					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	VA-101				
	Línia	C-110				
	Cos	Vàlvula de globus	Obturador	Isopercentual		
	Kv calculat	312				
	Model	01611				
Condicions de servei	Fluid	GNL				
	Cabal normal	1 m3/h				
	Cabal màxim	1,25 m3/h				
	Pressió entrada normal	5	Màxima	5,5		
	ΔP Normal		Màxima			
	T normal	-165 °C	Màxima	-196 °C		
	Densitat a -165	448	kg/m3			
	Viscositat	9,36E-06	Pa·s			
Cos	Tipus	Globus				
	Material	Acer inoxidable PN 50				
	Connexions	Bridades				
Part interna	Característica	Isopercentual				
	Forma					
	Material obturador	Acer inoxidable PN 50				
	Núm. seient	1	Material	Acer inoxidable PN 50		
Tapa	Tipus	Cara Plana				
	Estopada	CAF				
	Engreixada					
Posició	Fallada aire	FAIL CLOSE				
Accessoris						

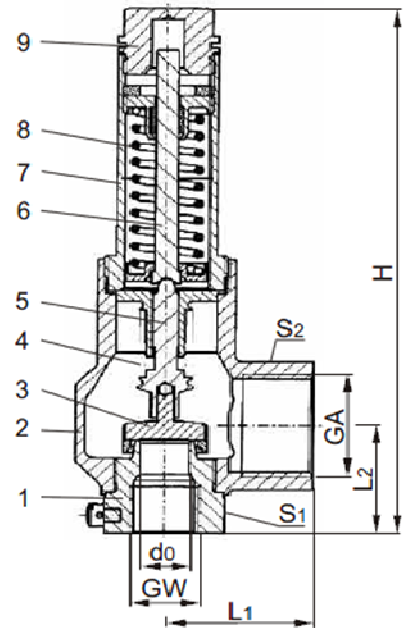
ESPECIFICACIÓ DE VÀLVULES DE CONTROL					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	VA-102				
	Línia	C-111				
	Cos	Vàlvula de globus	Obturador	Isopercentual		
	Kv calculat	312				
	Model	01611				
Condicions de servei	Fluid	GNL				
	Cabal normal	1 m3/h				
	Cabal màxim	1,25 m3/h				
	Pressió entrada normal	5	Màxima	5,5		
	ΔP Normal		Màxima			
	T normal	-165 °C	Màxima	-196 °C		
	Densitat a -165	448	kg/m3			
Viscositat	9,36E-06	Pa·s				
Cos	Tipus	Globus				
	Material	Acer inoxidable PN 50				
	Connexions	Bridades				
Part interna	Característica	Isopercentual				
	Forma					
	Material obturador	Acer inoxidable PN 50				
	Núm. seient	1	Material	Acer inoxidable PN 50		
Tapa	Tipus	Cara Plana				
	Estopada	CAF				
	Engreixada					
Posició	Fallada aire	FAIL CLOSE				
Accessoris						

ESPECIFICACIÓ DE VÀLVULES DE CONTROL					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	VA-103				
	Línia	C-113				
	Cos	Vàlvula de globus	Obturador	Isopercentual		
	Kv calculat	535				
	Model	01611				
Condicions de servei	Fluid	GN				
	Cabal normal	600 m3/h				
	Cabal màxim	740 m3/h				
	Pressió entrada normal	5	Màxima	5,5		
	ΔP Normal		Màxima			
	T normal	-165 °C	Màxima	-196 °C		
	Densitat a -165	0.798	kg/m3			
Viscositat	1,05-E-05	Pa·s				
Cos	Tipus	Globus				
	Material	Acer inoxidable PN 50				
	Connexions	Bridades				
Part interna	Característica	Isopercentual				
	Forma					
	Material obturador	Acer inoxidable PN 50				
	Núm. seient	1	Material	Acer inoxidable PN 50		
Tapa	Tipus	Cara Plana				
	Estopada	CAF				
	Engreixada					
Posició	Fallada aire	FAIL OPEN				
Accessoris						

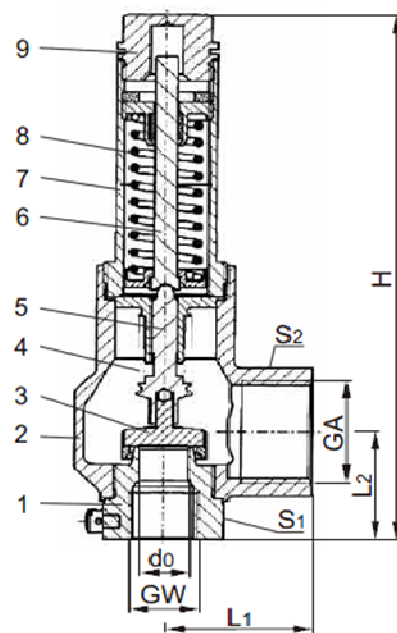
ESPECIFICACIÓ DE VÀLVULES DE CONTROL					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	VA-104				
	Línia	C-113				
	Cos	Vàlvula de globus	Obturador	Isopercentual		
	Kv calculat	535				
	Model	01611				
Condicions de servei	Fluid	GN				
	Cabal normal	600 m3/h				
	Cabal màxim	740 m3/h				
	Pressió entrada normal	5	Màxima	5,5		
	ΔP Normal		Màxima			
	T normal	-165 °C	Màxima	-196 °C		
	Densitat a -165	0,798	kg/m3			
Viscositat	1,05-05	Pa·s				
Cos	Tipus	Globus				
	Material	Acer inoxidable PN 50				
	Connexions	Bridades				
Part interna	Característica	Isopercentual				
	Forma					
	Material obturador	Acer inoxidable PN 50				
	Núm. seient	1	Material	Acer inoxidable PN 50		
Tapa	Tipus	Cara Plana				
	Estopada	CAF				
	Engreixada					
Posició	Fallada aire	FAIL OPEN				
Accessoris						

4.2.1.5.2 Fulls d'especificació de vàlvules de seguretat.

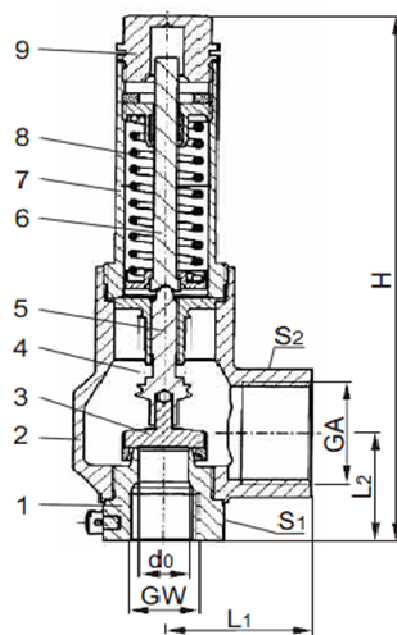
ESPECIFICACIÓ DE VALVULES DE SEGURETAT				DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	
				Prep. Per: Grup 3	
				Rev:	
General	Tag	PSV-101			
	Equip	E-101			
	Model	06800			
	Grandària Nominal	1/2			
Condicions de servei	Fluid	GN			
	Cabal normal	308,5 kcal/h			
	Cabal màxim	380,5 kcal/h			
	Pressió entrada normal	5,5	Màxima	6,1	bar
	ΔP Normal	5,5	Màxima		bar
	Rang temperatura	-270°C	Màxima	225 °C	
	Densitat a -165	0,798	kg/m ³		
	Viscositat	1,05E-05	Pa·s		
	Diàmetre interior orifici	12,5	mm		
	L1	44	mm		
	L2	35	mm		
	H	170	mm		
	S1	36	mm		
	S2	41	mm		
Pes	1	kg			
Materials	Cos intern	A227 Grade 316Ti			
	Cos extern	A351 CF8			
	Disc	A276 Grade 321			
	Fuelle	A276 Grade 316Ti			
	Eix fuelle	A276 Grade 316Ti			
	Vàsteg	B103 UNS C52100			
	Bonnet	A314 Grade 303			
	Muelle	A276 Grade 316Ti			
	Tapa	A276 Grade 304			



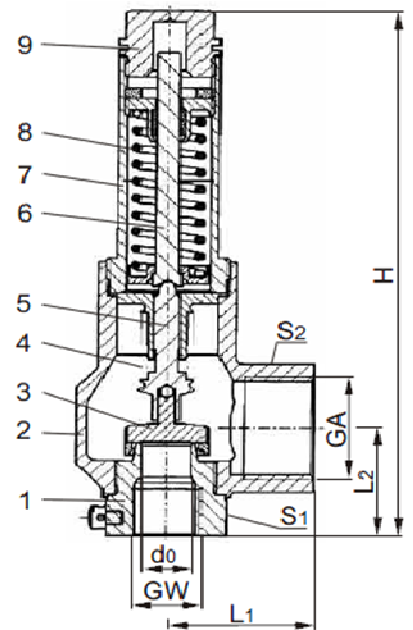
ESPECIFICACIÓ DE VALVULES DE SEGURETAT					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	PSV-102				
	Equip	C-101				
	Model	06800				
	Grandària Nominal	1/2				
Condicions de servei	Fluid	GN				
	Cabal normal	308,5 kcal/h				
	Cabal màxim	380,5 kcal/h				
	Pressió entrada normal	5,5	Màxima	6,1	bar	
	ΔP Normal	5,5	Màxima		bar	
	Rang temperatura	-270°C	Màxima	225	°C	
	Densitat a -165	0,798	kg/m ³			
	Viscositat	1,05E-05	Pa·s			
	Diàmetre interior orifici	12,5	mm			
	L1	44	mm			
	L2	35	mm			
	H	170	mm			
	S1	36	mm			
	S2	41	mm			
Pes	1	kg				
Materials	Cos intern	A227 Grade 316Ti				
	Cos extern	A351 CF8				
	Disc	A276 Grade 321				
	Fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Eix fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Vàsteg	B103 UNS C52100				
	Bonnet	A314 Grade 303				
	Muelle	A276 Grade 316Ti				
	Tapa	A276 Grade 304				



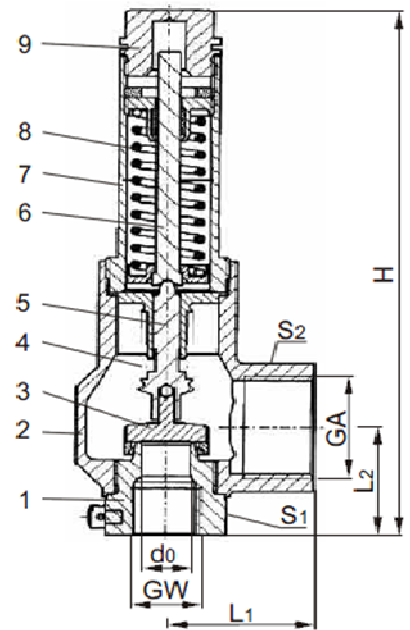
ESPECIFICACIÓ DE VALVULES DE SEGURETAT					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	PSV-103				
	Equip	TK-101				
	Model	06800				
	Grandària Nominal	1/2				
Condicions de servei	Fluid	GN				
	Cabal normal	308,5 kcal/h				
	Cabal màxim	380,5 kcal/h				
	Pressió entrada normal	5,5	Màxima	6,1	bar	
	ΔP Normal	5,5	Màxima		bar	
	Rang temperatura	-270°C	Màxima	225	°C	
	Densitat a -165	0,798	kg/m ³			
	Viscositat	1,05E-05	Pa·s			
	Diàmetre interior orifici	12,5	mm			
	L1	44	mm			
	L2	35	mm			
	H	170	mm			
	S1	36	mm			
	S2	41	mm			
Pes	1	kg				
Materials	Cos intern	A227 Grade 316Ti				
	Cos extern	A351 CF8				
	Disc	A276 Grade 321				
	Fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Eix fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Vàsteg	B103 UNS C52100				
	Bonnet	A314 Grade 303				
	Muelle	A276 Grade 316Ti				
	Tapa	A276 Grade 304				



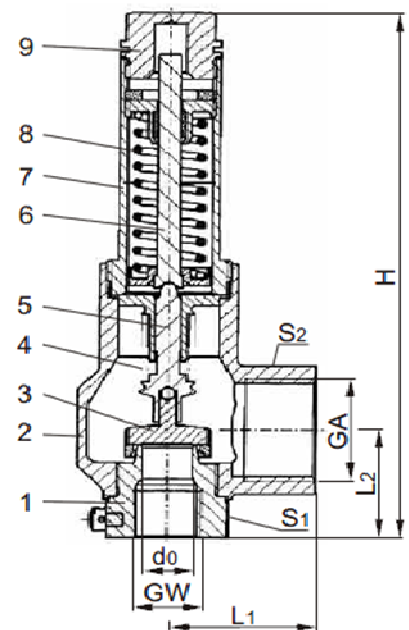
ESPECIFICACIÓ DE VALVULES DE SEGURETAT					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	PSV-104				
	Equip	TK-101				
	Model	06800				
	Grandària Nominal	1/2				
Condicions de servei	Fluid	GN				
	Cabal normal	308,5 kcal/h				
	Cabal màxim	380,5 kcal/h				
	Pressió entrada normal	5,5	Màxima	6,1	bar	
	ΔP Normal	5,5	Màxima		bar	
	Rang temperatura	-270°C	Màxima	225	°C	
	Densitat a -165	0,798	kg/m ³			
	Viscositat	1,05E-05	Pa·s			
	Diàmetre interior orifici	12,5	mm			
	L1	44	mm			
	L2	35	mm			
	H	170	mm			
	S1	36	mm			
	S2	41	mm			
Pes	1	kg				
Materials	Cos intern	A227 Grade 316Ti				
	Cos extern	A351 CF8				
	Disc	A276 Grade 321				
	Fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Eix fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Vàsteg	B103 UNS C52100				
	Bonnet	A314 Grade 303				
	Muelle	A276 Grade 316Ti				
	Tapa	A276 Grade 304				



ESPECIFICACIÓ DE VALVULES DE SEGURETAT					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	PSV-105				
	Equip	TK-101				
	Model	06800				
	Grandària Nominal	1/2				
Condicions de servei	Fluid	GN				
	Cabal normal	308,5 kcal/h				
	Cabal màxim	380,5 kcal/h				
	Pressió entrada normal	6,5	Màxima	7,1	bar	
	ΔP Normal	6,5	Màxima		bar	
	Rang temperatura	-270°C	Màxima	225	°C	
	Densitat a -165	0,798	kg/m ³			
	Viscositat	1,05E-05	Pa·s			
	Diàmetre interior orifici	12,5	mm			
	L1	44	mm			
	L2	35	mm			
	H	170	mm			
	S1	36	mm			
	S2	41	mm			
Pes	1	kg				
Materials	Cos intern	A227 Grade 316Ti				
	Cos extern	A351 CF8				
	Disc	A276 Grade 321				
	Fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Eix fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Vàsteg	B103 UNS C52100				
	Bonnet	A314 Grade 303				
	Muelle	A276 Grade 316Ti				
	Tapa	A276 Grade 304				

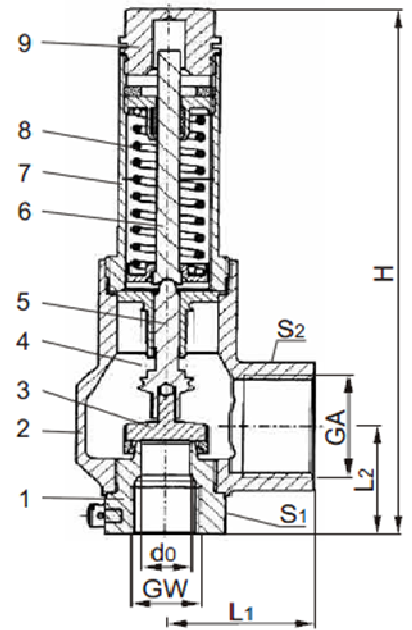


ESPECIFICACIÓ DE VALVULES DE SEGURETAT					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	PSV-106				
	Equip	E-102				
	Model	06800				
	Grandària Nominal	1/2				
Condicions de servei	Fluid	GN				
	Cabal normal	308,5 kcal/h				
	Cabal màxim	380,5 kcal/h				
	Pressió entrada normal	5,5	Màxima	6,1	bar	
	ΔP Normal	5,5	Màxima		bar	
	Rang temperatura	-270°C	Màxima	225	°C	
	Densitat a -165	0,798	kg/m ³			
	Viscositat	1,05E-05	Pa·s			
	Diàmetre interior orifici	12,5	mm			
	L1	44	mm			
	L2	35	mm			
	H	170	mm			
	S1	36	mm			
	S2	41	mm			
Pes	1	kg				
Materials	Cos intern	A227 Grade 316Ti				
	Cos extern	A351 CF8				
	Disc	A276 Grade 321				
	Fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Eix fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Vàsteg	B103 UNS C52100				
	Bonnet	A314 Grade 303				
	Muelle	A276 Grade 316Ti				
	Tapa	A276 Grade 304				

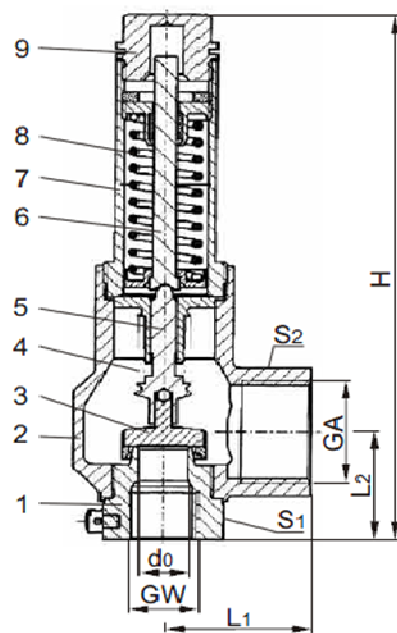


ESPECIFICACIÓ DE VALVULES DE SEGURETAT L					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	PSV-107				
	Equip	TK-102				
	Model	06800				
	Grandària Nominal	1/2				
Condicions de servei	Fluid	GN				
	Cabal normal	308,5 kcal/h				
	Cabal màxim	380,5 kcal/h				
	Pressió entrada normal	5,5	Màxima	6,1	bar	
	ΔP Normal	5,5	Màxima		bar	
	Rang temperatura	-270°C	Màxima	225	°C	
	Densitat a -165	0,798	kg/m ³			
	Viscositat	1,05E-05	Pa·s			
	Diàmetre interior orifici	12,5	mm			
	L1	44	mm			
	L2	35	mm			
	H	170	mm			
	S1	36	mm			
	S2	41	mm			
Pes	1	kg				
Materials	Cos intern	A227 Grade 316Ti				
	Cos extern	A351 CF8				
	Disc	A276 Grade 321				
	Fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Eix fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Vàsteg	B103 UNS C52100				
	Bonnet	A314 Grade 303				
	Muelle	A276 Grade 316Ti				
	Tapa	A276 Grade 304				

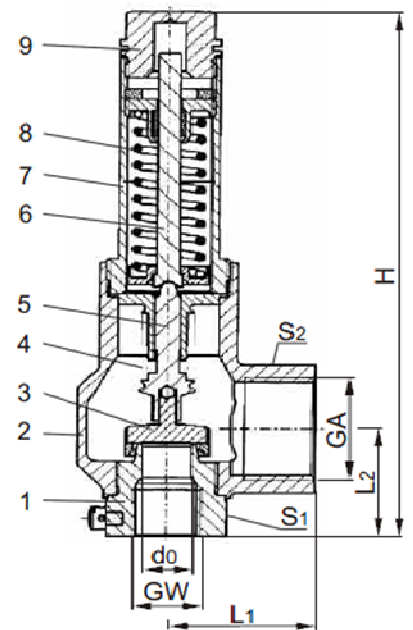
ESPECIFICACIÓ DE VALVULES DE SEGURETAT					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	PSV-108				
	Equip	TK-102				
	Model	06800				
	Grandària Nominal	1/2				
Condicions de servei	Fluid	GN				
	Cabal normal	308,5 kcal/h				
	Cabal màxim	380,5 kcal/h				
	Pressió entrada normal	5,5	Màxima	6,1	bar	
	ΔP Normal	5,5	Màxima		bar	
	Rang temperatura	-270°C	Màxima	225	°C	
	Densitat a -165	0,798	kg/m ³			
	Viscositat	1,05E-05	Pa·s			
	Diàmetre interior orifici	12,5	mm			
	L1	44	mm			
	L2	35	mm			
	H	170	mm			
	S1	36	mm			
	S2	41	mm			
Pes	1	kg				
Materials	Cos intern	A227 Grade 316Ti				
	Cos extern	A351 CF8				
	Disc	A276 Grade 321				
	Fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Eix fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Vàsteg	B103 UNS C52100				
	Bonnet	A314 Grade 303				
	Muelle	A276 Grade 316Ti				
	Tapa	A276 Grade 304				



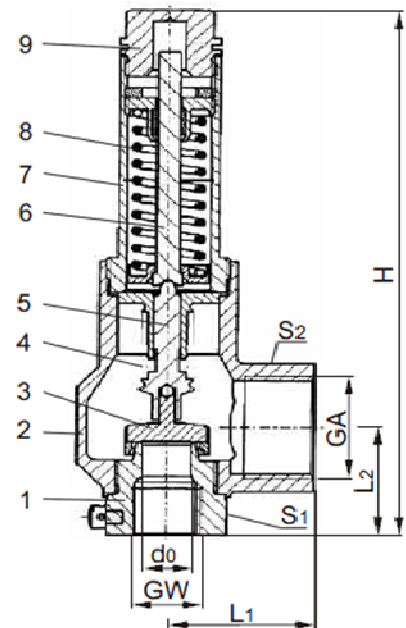
ESPECIFICACIÓ DE VALVULES DE SEGURETAT L					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	PSV-109				
	Equip	TK-102				
	Model	06800				
	Grandària Nominal	1/2				
Condicions de servei	Fluid	GN				
	Cabal normal	308,5 kcal/h				
	Cabal màxim	380,5 kcal/h				
	Pressió entrada normal	6,5	Màxima	7,1	bar	
	ΔP Normal	6,5	Màxima		bar	
	Rang temperatura	-270°C	Màxima	225	°C	
	Densitat a -165	0,798	kg/m ³			
	Viscositat	1,05E-05	Pa·s			
	Diàmetre interior orifici	12,5	mm			
	L1	44	mm			
	L2	35	mm			
	H	170	mm			
	S1	36	mm			
	S2	41	mm			
Pes	1	kg				
Materials	Cos intern	A227 Grade 316Ti				
	Cos extern	A351 CF8				
	Disc	A276 Grade 321				
	Fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Eix fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Vàsteg	B103 UNS C52100				
	Bonnet	A314 Grade 303				
	Muelle	A276 Grade 316Ti				
	Tapa	A276 Grade 304				



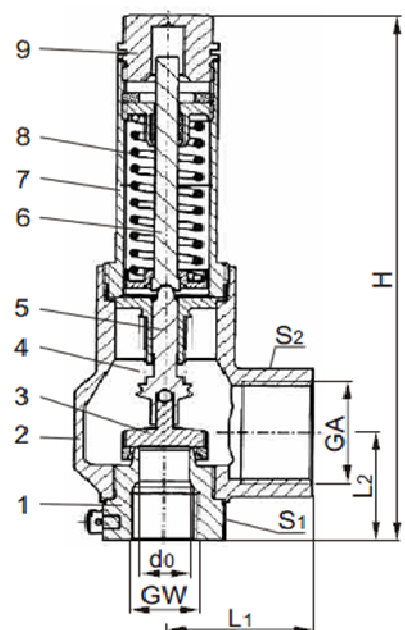
ESPECIFICACIÓ DE VALVULES DE SEGURETAT					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	PSV-110				
	Equip	E-103				
	Model	06800				
	Grandària Nominal	1/2				
Condicions de servei	Fluid	GN				
	Cabal normal	308,5 kcal/h				
	Cabal màxim	380,5 kcal/h				
	Pressió entrada normal	5,5	Màxima	6,1	bar	
	ΔP Normal	5,5	Màxima		bar	
	Rang temperatura	-270°C	Màxima	225	°C	
	Densitat a -165	0,798	kg/m ³			
	Viscositat	1,05E-05	Pa·s			
	Diàmetre interior orifici	12,5	mm			
	L1	44	mm			
	L2	35	mm			
	H	170	mm			
	S1	36	mm			
	S2	41	mm			
Pes	1	kg				
Materials	Cos intern	A227 Grade 316Ti				
	Cos extern	A351 CF8				
	Disc	A276 Grade 321				
	Fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Eix fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Vàsteg	B103 UNS C52100				
	Bonnet	A314 Grade 303				
	Muelle	A276 Grade 316Ti				
	Tapa	A276 Grade 304				



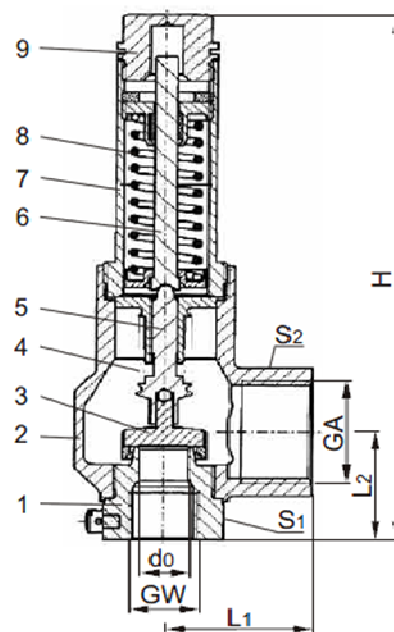
ESPECIFICACIÓ DE VALVULES DE SEGURETAT					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	PSV-111				
	Equip	C-112				
	Model	06800				
	Grandària Nominal	1/2				
Condicions de servei	Fluid	GN				
	Cabal normal	308,5 kcal/h				
	Cabal màxim	380,5 kcal/h				
	Pressió entrada normal	5,5	Màxima	6,1	bar	
	ΔP Normal	5,5	Màxima		bar	
	Rang temperatura	-270°C	Màxima	225	°C	
	Densitat a -165	0,798	kg/m ³			
	Viscositat	1,05E-05	Pa·s			
	Diàmetre interior orifici	12,5	mm			
	L1	44	mm			
	L2	35	mm			
	H	170	mm			
	S1	36	mm			
	S2	41	mm			
Pes	1	kg				
Materials	Cos intern	A227 Grade 316Ti				
	Cos extern	A351 CF8				
	Disc	A276 Grade 321				
	Fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Eix fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Vàsteg	B103 UNS C52100				
	Bonnet	A314 Grade 303				
	Muelle	A276 Grade 316Ti				
	Tapa	A276 Grade 304				



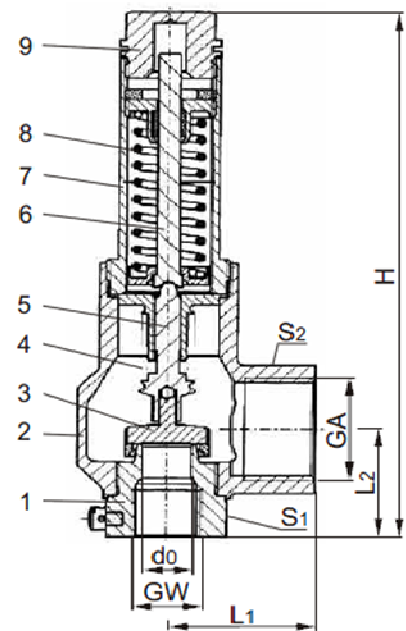
ESPECIFICACIÓ DE VALVULES DE SEGURETAT					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	PSV-112				
	Equip	E-104A				
	Model	06800				
	Grandària Nominal	1/2				
Condicions de servei	Fluid	GN				
	Cabal normal	308,5 kcal/h				
	Cabal màxim	380,5 kcal/h				
	Pressió entrada normal	5,5	Màxima	6,1	bar	
	ΔP Normal	5,5	Màxima		bar	
	Rang temperatura	-270°C	Màxima	225	°C	
	Densitat a -165	0,798	kg/m ³			
	Viscositat	1,05E-05	Pa·s			
	Diàmetre interior orifici	12,5	mm			
	L1	44	mm			
	L2	35	mm			
	H	170	mm			
	S1	36	mm			
	S2	41	mm			
Pes	1	kg				
Materials	Cos intern	A227 Grade 316Ti				
	Cos extern	A351 CF8				
	Disc	A276 Grade 321				
	Fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Eix fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Vàsteg	B103 UNS C52100				
	Bonnet	A314 Grade 303				
	Muelle	A276 Grade 316Ti				
	Tapa	A276 Grade 304				



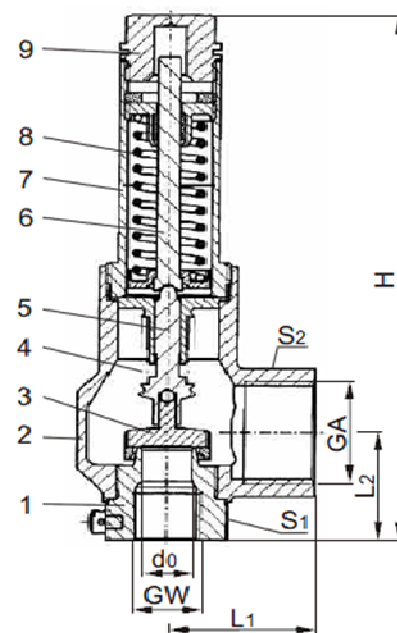
ESPECIFICACIÓ DE VALVULES DE SEGURETAT					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	PSV-113				
	Equip	E-104B				
	Model	06800				
	Grandària Nominal	1/2				
Condicions de servei	Fluid	GN				
	Cabal normal	308,5 kcal/h				
	Cabal màxim	380,5 kcal/h				
	Pressió entrada normal	5,5	Màxima	6,1	bar	
	ΔP Normal	5,5	Màxima		bar	
	Rang temperatura	-270°C	Màxima	225	°C	
	Densitat a -165	0,798	kg/m ³			
	Viscositat	1,05E-05	Pa·s			
	Diàmetre interior orifici	12,5	mm			
	L1	44	mm			
	L2	35	mm			
	H	170	mm			
	S1	36	mm			
	S2	41	mm			
Pes	1	kg				
Materials	Cos intern	A227 Grade 316Ti				
	Cos extern	A351 CF8				
	Disc	A276 Grade 321				
	Fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Eix fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Vàsteg	B103 UNS C52100				
	Bonnet	A314 Grade 303				
	Muelle	A276 Grade 316Ti				
	Tapa	A276 Grade 304				



ESPECIFICACIÓ DE VALVULES DE SEGURETAT					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	PSV-114				
	Equip	C-113				
	Model	06800				
	Grandària Nominal	1/2				
Condicions de servei	Fluid	GN				
	Cabal normal	308,5 kcal/h				
	Cabal màxim	380,5 kcal/h				
	Pressió entrada normal	5,5	Màxima	6,1	bar	
	ΔP Normal	5,5	Màxima		bar	
	Rang temperatura	-270°C	Màxima	225	°C	
	Densitat a -165	0,798	kg/m ³			
	Viscositat	1,05E-05	Pa·s			
	Diàmetre interior orifici	12,5	mm			
	L1	44	mm			
	L2	35	mm			
	H	170	mm			
	S1	36	mm			
	S2	41	mm			
Pes	1	kg				
Materials	Cos intern	A227 Grade 316Ti				
	Cos extern	A351 CF8				
	Disc	A276 Grade 321				
	Fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Eix fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Vàsteg	B103 UNS C52100				
	Bonnet	A314 Grade 303				
	Muelle	A276 Grade 316Ti				
	Tapa	A276 Grade 304				



ESPECIFICACIÓ DE VALVULES DE SEGURETAT					DATA: 08/05/09	
Client		Projecte		E.Núm.	Prep. Per: Grup 3	
					Rev:	
General	Tag	PSV-115				
	Equip	C-114				
	Model	06800				
	Grandària Nominal	1/2				
Condicions de servei	Fluid	GN				
	Cabal normal	308,5 kcal/h				
	Cabal màxim	380,5 kcal/h				
	Pressió entrada normal	5,5	Màxima	6,1	bar	
	ΔP Normal	5,5	Màxima		bar	
	Rang temperatura	-270°C	Màxima	225	°C	
	Densitat a -165	0,798	kg/m ³			
	Viscositat	1,05E-05	Pa·s			
	Diàmetre interior orifici	12,5	mm			
	L1	44	mm			
	L2	35	mm			
	H	170	mm			
	S1	36	mm			
	S2	41	mm			
Pes	1	kg				
Materials	Cos intern	A227 Grade 316Ti				
	Cos extern	A351 CF8				
	Disc	A276 Grade 321				
	Fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Eix fuelle	A276 Grade 316Ti				
	Vàsteg	B103 UNS C52100				
	Bonnet	A314 Grade 303				
	Muelle	A276 Grade 316Ti				
	Tapa	A276 Grade 304				



4.2.2 Disseny de la instrumentació i control.

4.2.2.1 Caracterització de les estratègies de control.

En aquest apartat s'explicarà el servei dels diversos llaços de control.

4.2.2.1.1 Zona de descàrrega.

En aquest punt es troben diversos controladors per tal de conèixer l'estat en el que arriba el GNL i per mantenir-ne un control d'aquest.

El primer que es troba es un controlador PIC tal i com mostra la figura 4.2.2.1.1.1. Aquest és un indicador i controlador de pressió.

En cas que la pressió augmenti dins la cisterna, tanca les vàlvules VO/O-101 i VO/O-102. En cas contrari actuarà obrint-les.

També s'observa una vàlvula de seguretat (PSV 101) situada al vaporitzador (E-101).

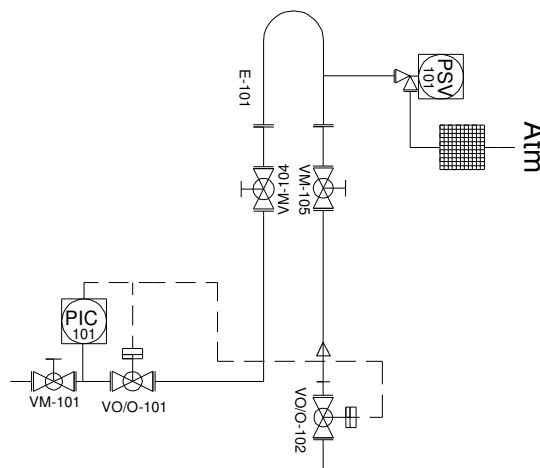


Figura 4.2.2.1.1.1. Controladors canonades descàrrega

Tot seguit es troben els indicadors de pressió (PI 102), de temperatura (TI 101) i de cabal (FI 101). On la pressió registrada pel controlador s'envia cap a la sala de control i la temperatura i el cabal són indicadors locals com a mesura de seguretat per saber les condicions del fluid.

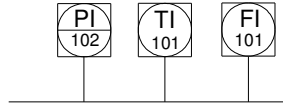


Figura 4.2.2.1.1.3. Canonada de descàrrega

4.2.2.1.2 Zona d'emmagatzematge.

En els tancs d'emmagatzematge situats en paral·lel (TK-101 i TK-102) es troben la mateixa classe de controladors i en la mateixa posició per a les mateixes finalitats.

A l'esquerra del tanc es troba el PIC 103 o PIC 106 que és un indicador i controlador de pressió que actuarà obrint o tancant les vàlvules on/off (VO/O-106 i VO/O-107 o VO/O-108 i VO/O-109) del vaporitzador.

També hi ha una alarma per molt alt nivell i per molt baix nivell juntament un interruptor que en cas que hi hagi molt alt nivell en el tanc actuarà tancant la vàlvula d'entrada VO/O-104 o VO/O-105.

Sobre el tanc 1 s'observen les vàlvules de seguretat PSV 103 i PSV 105 connectades a l'interior del tanc, i la vàlvula PSV 104 en el buit. També es troba un indicador de pressió (PI-104) connectat dins el tanc que envia la senyal cap a la sala de control, en el cas del tanc 2 es troben el PSV 107 , PSV 109 i PI-107 a l'interior del tanc i PSV 108 al buit. Aquests controladors s'utilitzen amb les mateixes finalitats en ambdós tancs.

D'aquestes vàlvules PSV connectades amb l'interior del tanc una està dissenyada per tal d'evitar que la sobrepressió dins el tanc passi del 110%, l'altra està tarada a un màxim del 130% de la pressió màxima de treball per si hi hagués una fallada de la primera.

L'indicador de pressió s'utilitza per conèixer la pressió a l'interior d'aquest.

A la dreta hi ha un indicador de pressió (PI-105 o PI-108) del buit entre les parets del tanc, un indicador local de nivell (LI-103 o LI-106) i un indicador de temperatura (TI-102 o TI-103)

que envia la senyal cap a la sala de control. Aquests controladors s'utilitzen com a mesura de seguretat per saber les condicions en les que es troba el fluid dins el tanc.

També hi ha un vaporitzador per cada tanc que es el que fa possible la descàrrega d'aquest mitjançant el mètode de diferència de pressions. Aquests vaporitzadors atmosfèrics de posada a pressió ràpida tindran una vàlvula de seguretat PSV com el de la zona de descàrrega.

A la sortida del tanc es troba una vàlvula on/off (VO/O-110 o VO/O-111), la qual es pot parar des de la sala de control (SS-101 o S-102) en cas que es detecti alguna anomalia, juntament amb una vàlvula reguladora (VA-101 o VA-102) connectada a un indicador i controlador de cabal (FIC 102 o FIC 103) enviant la senyal cap a la sala de control per tal de regular la sortida.

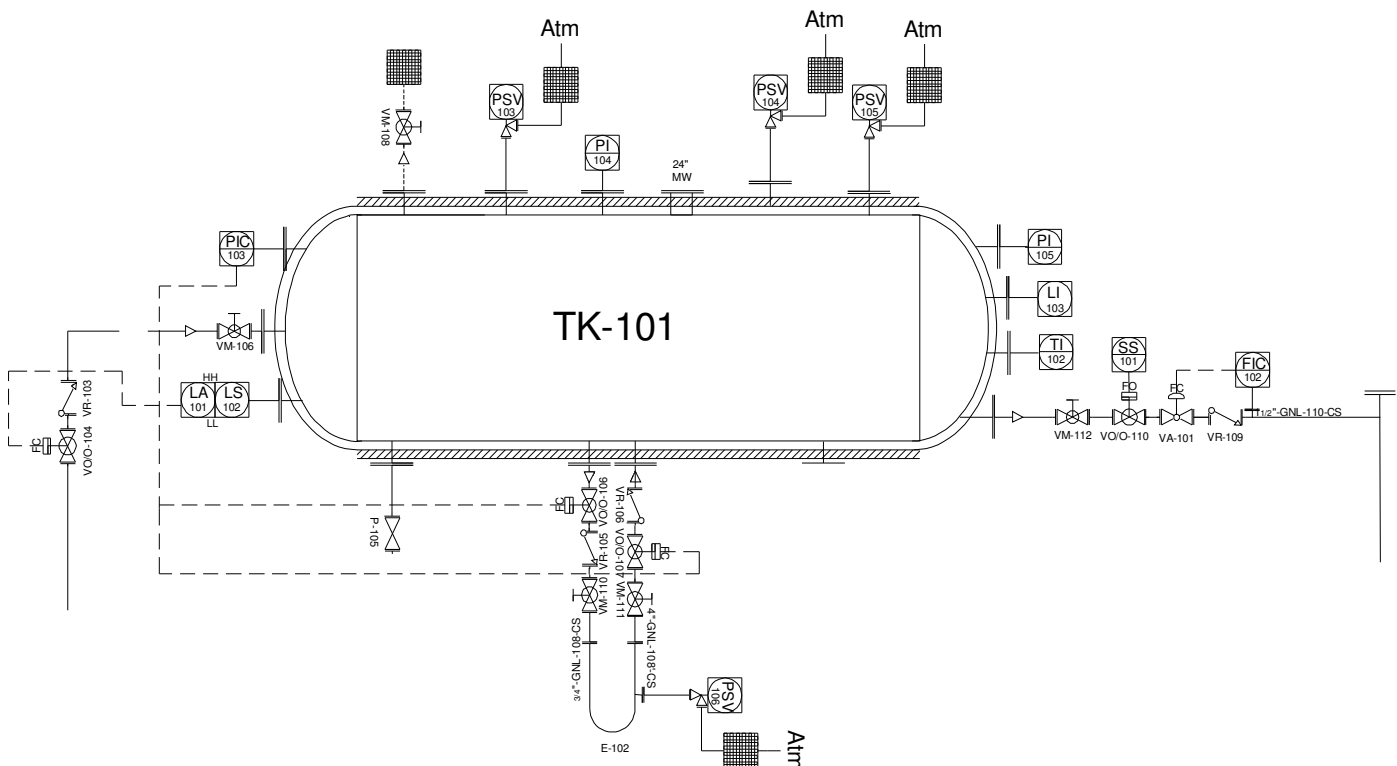


Figura 4.2.2.1.2.1 Tanc d'emmagatzematge.

4.2.2.1.3 Zona de regasificació.

Es troba una vàlvula de seguretat (PSV 111) abans de l'intercanviador perquè hi ha un tram de canonada en el que GNL es podria quedar estancat quan les dues vàlvules que l'envolten estiguessin tancades.

Hi ha dos regasificadors (E-104A i E-104B) per si un no funciona.

El regasificador té una altra vàlvula de seguretat (PSV 112 o PSV 113) per si hi hagués una sobrepressió en aquest. A la seva sortida hi ha un indicador i controlador de temperatura (TIC-104) que en cas que la temperatura no sigui la desitjada actuarà regulant el cabal d'aigua calenta amb la vàlvula (VA-103), si aquesta temperatura és inferior a 15°C es tancarà la vàlvula VO/O-112 que la accionarà el interruptor per temperatura mínima, un cop assolida aquesta, la vàlvula s'obrirà manualment.

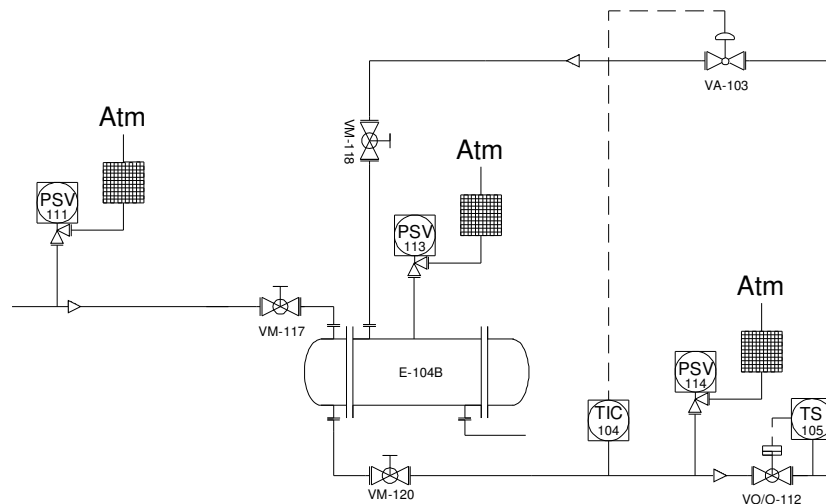


Figura 4.2.2.1.3.1. Regasificador.

Tot seguit es troba un indicador local de cabal (FI 104) per comprovar que s'envia la quantitat necessària. També hi ha un indicador local de pressió abans (PI 110) de la vàlvula reguladora de pressió per conèixer la variació d'aquesta, juntament amb un controlador de pressió màxima (PC 111) que actuarà sobre la vàlvula VA-104 regulant el cabal per obtindre la pressió desitjada, juntament amb un interruptor per màxima pressió (PS 112) que tancarà la vàlvula VO/O-113 en cas que sigui superior a la màxima que es desitja.

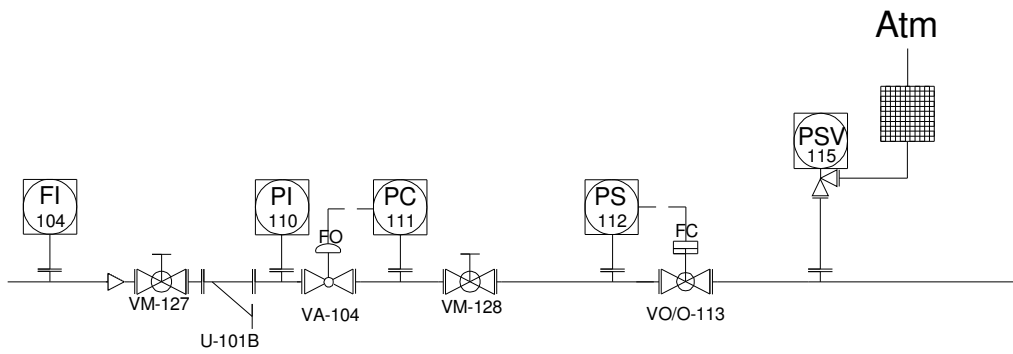


Figura 4.2.2.1.3.2. Regulador de pressió.

Per últim, hi ha un indicador de pressió (PI 113) abans de l'odoritzant per conèixer la pressió abans d'aquest.

Per tal de enviar en les condicions necessàries el gas natural cap a les calderes de la central, hi ha un controlador de cabal (FC 105) que actua sobre la vàlvula VA-105 regulant-la. També es troba un registrador de pressió (PI-114) i un de temperatura (TI-106).

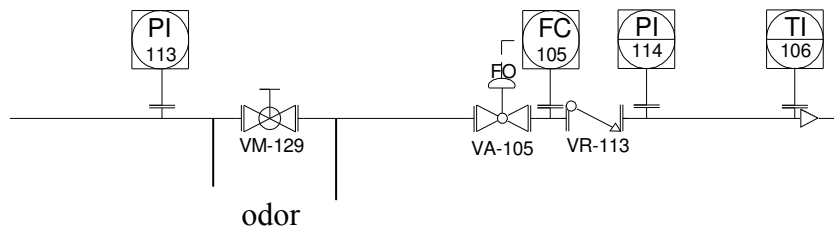


Figura 4.2.2.1.3.3. Sortida de la planta.

4.2.2.2 Relació d'instruments de control.

Universitat Rovira i Virgili Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química		LLISTA INSTRUMENTACIÓ				PREPARAT PER
SERVEI / LOCAL		PROJECTE: PLANTA SATÈL·LIT DE REGASIFICACIÓ DE GAS NATURAL LIQUAT		RANG		GRUP 3
TAG	FUNCIÓ	TIPUS	RANG		Not.	DATA: 08/05/09
PIC-101	ALIMENTACIÓ CISTERNA	INDICADOR CONTROLADOR PRESSIÓ	TUB BOURDON	0-100%	bar	
PI-102	C-101	INDICADOR PRESSIÓ	DIAFRAGMA	0-7,5	bar	
PIC-103	VO/O-106, VO/O-107	INDICADOR CONTROLADOR PRESSIÓ	TUB BOURDON	0-100%		
PI-104	TK-101	INDICADOR PRESSIÓ	DIAFRAGMA	0-7,5	bar	
PI-105	TK-101	INDICADOR PRESSIÓ	DIAFRAGMA	0-7,5	bar	
PIC-106	VO/O-108, VO/O-109	INDICADOR CONTROLADOR PRESSIÓ	TUB BOURDON	0-100%		
PI-107	TK-102	INDICADOR PRESSIÓ	DIAFRAGMA	0-7,5	bar	
PI-108	TK-102	INDICADOR PRESSIÓ	DIAFRAGMA	0-7,5	bar	
PI-109	C-113"	INDICADOR PRESSIÓ	DIAFRAGMA	0-7,5	bar	
PI-110	C-113	INDICADOR PRESSIÓ	DIAFRAGMA	0-7,5	bar	

PC-111	VA-104	CONTROLADOR PRESSIÓ	TUBO	0-100%	
PS-112	VO/O-113	INTERRUPTOR PRESSIÓ	TUB BOURDON	0-7,5	bar
PI-113	C-114	INDICADOR PRESSIÓ	DIAFRAGMA	0-7,5	bar
PI-114	C-119	INDICADOR PRESSIÓ	DIAFRAGMA	0-7,5	bar
TI-101	C-101	INDICADOR TEMPERATURA	TERMOPAR T	-200-(+500)	°C
TI-102	TK-101	INDICADOR TEMPERATURA	TERMOPAR T	-200-(+500)	°C
TI-103	TK-102	INDICADOR TEMPERATURA	TERMOPAR T	-200-(+500)	°C
TIC-104	VA-103	INDICADOR CONTROLADOR TEMPERATURA	TERMOPAR T	-200-(+500)	°C
TS-105	VO/O-112	INTERRUPTOR TEMPERATURA	TERMOPAR T	-200-(+500)	°C
TI-106	C-119	INDICADOR TEMPERATURA	TERMOPAR T	-200-(+500)	°C
FI-101	C-101	INDICADOR CABAL	TUB PITOT	0-100	
FIC-102	VA-101	INDICADOR CONTROLADOR CABAL	TUB PITOT	0-100%	
FIC-103	VA-102	INDICADOR CONTROLADOR CABAL	TUB PITOT	0-100%	
FI-104	C-113	INDICADOR CABAL	TUB PITOT	0-100	
FC-105	VA-105	CONTRLADOR CABAL	TUB PITOT	0-100%	
LA-101	VO/O-103	ALARMA NIVELL	FLOTADOR	5-95%	

LS-102	VO/O-103	INTERRUPTOR NIVELL	FLOTADOR	0-100
LI-103	TK-101	INDICADOR NIVELL	FLOTADOR	0-100
LA-104	VO/O-105	ALARMA NIVELL	FLOTADOR	5-95%
LS-105	VO/O-106	INTERRUPTOR NIVELL	FLOTADOR	0-100
LI-106	TK-102	INDICADOR NIVELL	FLOTADOR	0-100
PSV-101	E-101	SEGURETAT		0-100%
PSV-102	C-101	SEGURETAT		0-100%
PSV-103	TK-101	SEGURETAT		0-100%
PSV-104	BUIT TK-101	SEGURETAT		0-100%
PSV-105	TK-101	SEGURETAT		0-100%
PSV-106	E-102	SEGURETAT		0-100%
PSV-107	TK-102	SEGURETAT		0-100%
PSV-108	BUIT TK-102	SEGURETAT		0-100%
PSV-109	TK-102	SEGURETAT		0-100%
PSV-110	E-103	SEGURETAT		0-100%
PSV-111	C-112	SEGURETAT		0-100%
PSV-112	E-104A	SEGURETAT		0-100%
PSV-113	E-104B	SEGURETAT		0-100%
PSV-114	C-113	SEGURETAT		0-100%
PSV-115	C-114	SEGURETAT		0-100%

4.2.3 Disseny d'equips.

4.2.3.1 Tancs d'emmagatzematge.

En aquesta unitat s'emmagatzema el GNL necessari per garantir l'alimentació de les calderes de la Central Tèrmica d'Andorra.

Les bases de disseny específiques per al tanc de GNL són les següents:

- El transport de GNL es durà a terme mitjançant camions cisterna de 50 m³ de capacitat.
- Les condicions d'emmagatzematge de GNL són a condicions criogèniques T = -165°C i a P= 5 bar.
- Les bases de disseny del tanc seguiran les instruccions:
 - Instrucció Tècnica Complementària MIE-AP15 del Reglament d'Aparells a Pressió referent a l'emmagatzematge de gas natural líquid en dipòsits criogènics a pressió (planta satèl·lit).
 - UNE-60210 de Febrer de 2001. Planta satèl·lit de Gas Natural Líquid.
- El tanc és horitzontal, amb els caps semiesfèrics. El recipient interior del tanc serà de Acer austenític al 9% de Ni (AISI 304L), mentre que el recipient exterior serà d'Acer al Carbó (AISI 304). L'aïllament tèrmic serà de perlita mentre que alhora s'efectuarà el buit entre l'espai entre tancs.
- El codi de disseny seguit és l'ASME sec.VIII, on s'estableixen els requeriments mínims per al disseny, fabricació i inspecció per als recipients a pressió.

El propòsit primari dels tancs a pressió és separar dos zones a diferents pressions. Aquests són sotmesos a pressions internes majors que la pressió ambient o que la pressió exterior.

La diferència de pressió entre dintre i fora provoca estrès a les parets de l'aparell. El procés de disseny implica la selecció més econòmica de l'espessor de la paret de forma que garanteixi que funciona de forma segura. (ref.2;6;10)

Els càlculs i procediment seguit per al seu disseny es mostra en l'Annex A.2.

- **Disseny geomètric.**

El disseny geomètric s'ha fet per a una autonomia de la planta de 7 dies. Tenint present que el cabal d'alimentació que s'ha de garantir, com a mínim, es de 600 m³/h. El volum dels tancs té un màxim de grau de plenament del 95%.

$$600 \frac{m^3}{h} GN \cdot \frac{1m^3GNL}{600m^3GN} \cdot \frac{24h}{1dia} \cdot \frac{7dies}{1setmana} = 168m^3/setmana \quad [Eq.4.2.3.1.1.]$$

$$168m^3 + (5\% de 168)m^3 = 176.4m^3 \quad [Eq.4.2.3.1.2.]$$

$$V = (\pi \cdot r^2 \cdot L) + \left(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3\right) \quad [Eq.4.2.3.1.3.]$$

Com es treballa amb estàndards generalitzats pel que fa a les dimensions, la capacitat del tanc serà de 180m³. La planta disposarà de dos tancs iguals de capacitat de 90m³.

En la Taula 4.2.3.1.1. es mostres les dades més destacades del disseny geomètric del tanc.

Taula 4.2.3.1.1. Dades geomètriques del tanc interior d'emmagatzematge de GNL.

Dades Geomètriques	
Codi d'aplicació	Codi ASME
Número de tancs	2 tancs
Volum	90 m ³
Llargada tanc	10,75 m
Diàmetre tanc	3 m
Producte	GNL
Densitat	448 kg/m ³
Pressió de disseny	7 bars
Temperatura de disseny	-196°C

- **Disseny mecànic.**

Durant la fabricació dels depòsits s'han d'assajar els materials utilitzats per tal de determinar les característiques exigides per el Codi de Disseny, que en aquest cas es el codi ASME.

- Recipient interior.

El recipient interior conté el GNL a temperatura criogènica i es separat de qualsevol contacte amb l'exterior mitjançant l'aïllament. Està constituït per materials acceptats i comprovats per a que puguin treballar en condicions criogèniques tenint les característiques adequades, tant mecàniques com d'estanqueïtat.

Concretament, el material utilitzat és Acer austenític al 9% de Níquel (AISI 304L), ja que la seva temperatura mínima de treball és de -196°C.

- Recipient exterior.

L'objectiu d'aquest depòsit es assegurar la permanència de l'aïllament al buit, servirà de suport al recipient interior que tindrà permès el desplaçament relatiu per així poder compensar les contraccions tèrmiques a les quals estaria sotmès durant l'operació; disposarà d'un suport fix i un altre mòbil.

El material del recipient exterior serà Acer al Carbó (AISI 304).

- Aïllament.

L'espai comprès entre els dos recipients constituirà l'aïllament tèrmic del depòsit. En aquest espai hi haurà un medi aïllant estable i fiable en la temperatura de treball, com és la perlita expandida. És un material que evita les pèrdues per radiació, a la vegada que dificulta el moviment de les molècules d'aire romanents en l'espai buit.

Per reduir al mínim la transmissió de calor, així com per evitar la formació de rosada en l'espai entre recipients, es practicarà un buit entre 50-100 microbars. Aquest buit es controlarà mitjançant un indicador de pressió entre les dues parets.

Taula 4.3.2.1.2. Dades mecàniques del tanc d'emmagatzematge de GNL.

Dades Mecàniques	
Material Recipient Interior	Acer austenític al 9% de Ni
Material Recipient Exterior	Acer al carbó
Aïllament	Perlita + buit
Gruix casc cilíndric	9 mm
Gruix cap semiesfèric	3 mm
Suplement Corrosió	2mm

4.2.3.2 Disseny regasificador.

En aquest apartat s'ha dissenyat el regasificador útil per poder passar el gas natural líquid a gas natural i així poder-lo enviar a les calderes de la planta tèrmica. Els productes necessaris per aquest són el gas natural líquid que s'enviarà des de el tanc, i l'aigua necessària perquè el gas pugui ser escalfat fins a la temperatura desitjada.

Taula 4.2.3.2.1. Dades de la temperatura.

Producte	Temperatura d'entrada (K)	Temperatura de sortida (K)
Gas natural líquid	108	291
Aigua	363	303

L'objectiu principal d'aquest bescanviador és escalfar la corrent de gas natural que surt del tanc a una temperatura de 108K fins a una temperatura de 291K per realitzar el canvi s'ha fet servir aigua calenta 363K, ja que és un fluid econòmic per treballar i no presenta gaires impediments de disseny. Pel que fa el bescanviador serà de tub i carcassa i tindrà dos passos. El gas natural es trobarà a la part de la carcassa i l'aigua es farà passar per els tubs. (ref.3)

Primer de tot, cal seleccionar alguns paràmetres, que s'han de complir al moment de fer el disseny inicial per el càlcul de bescanviador. Aquest paràmetres són els següents:

Taula 4.2.3.2.2. Paràmetres inicials.

Paràmetres	Valors
U (W/m ² ·K)	1300
F	0,95
D exterior del tubs (mm)	15,875
Pt (mm)	19,84
L tubs (m)	2
Diàmetre de la carcassa (mm)	300

Un cop definit tots el paràmetres inicials, es pot començar a fer el càlcul i disseny de l'intercanviador per el mètode de Kern.

En primer lloc, es calcula la calor necessària i l'àrea d'intercanvi amb els paràmetres inicials. A continuació es defineixen diferents característiques dels tubs, ja sigui la seva llargada, gruix, diàmetre interior i exterior. Amb aquests valors es troba la coeficient de convecció i la pèrdua de càrrega. Seguidament es troben els mateixos valors de convecció i pèrdua de càrrega amb la carcassa.

Finalment, es re-calcula l'àrea d'intercanvi del bescanviador, si aquesta àrea final és més petita que l'àrea d'intercanvi calculada amb el paràmetres inicials, els càlculs seran els correctes. Cal tenir en compte que el gas natural quan entra al regasificador es troba en estat líquid, i després passa a gas, per tant s'haurà de vigilar que la correlació per el càlcul de la convecció sigui la correcta per aquest casos.

A continuació, en la Taula 4.2.3.2.3 es poden veure els resultats obtinguts:

Taula 4.2.3.2.3. Resultats destacats del disseny.

	T entrada (K)	T sortida (K)	Cabal (kg/s)	AP (bar)
Gas natural	108	291	0,122	0,06
Aigua	363	303	1,42	0,05

Seguidament es mostra una taula amb les característiques més importants per el dimensionament de l'intercanviador:

Taula 4.2.3.2.4. Dimensionament del bescanviador

Dimensionament del bescanviador			
L. tubs (m)	2	Disposició	Quadrada
Diam Tubs (mm)	15,875	Pitch (mm)	19,84
D. interior (mm)	13,386	N. tubs	24
Grossor (mm)	2,489	Àrea d'intercanvi (m²)	2,4
N. passos	2	Àrea requerida (m²)	1,9
Sobre dimensionament (%)	25	Q intercanviat (kW)	356

La calor total d'intercanvi del regasificador és de 356kW. Els càlculs més extensos es poden veure A.3.

Cal dir que el regasificador estarà dissenyat d'acer al carbó amb un 9% de Níquel (AISI304L); i que el seu model complirà els requisits del codi de disseny ASME.

Les seves dimensions geomètriques seran de 2m de llargada amb 0,30m de diàmetre, els quals formen un àrea de 2,4m².

4.2.3.3 Disseny vaporitzador atmosfèric.

El vaporitzador atmosfèric, en la zona de descàrrega i d'emmagatzematge, té la funció de regasificar part de GNL per tal d'augmentar la pressió, a l'interior dels tancs o de la cisterna.

És un vaporitzador format per tubs en U, pels quals circula GNL. La font tèrmica és aire, en circulació forçada. Aquests tubs son d'alumini i proveïts d'aletes, per tal de millorar la transferència de calor.

A l'interior dels tubs te lloc el canvi d'estat del GNL a GN, i en aquestes aletes es poden presentar problemes de congelació.

L'equació bàsica per l'estudi energètic dels vaporitzadors és la següent:

$$q = m_c \cdot Cp_c \cdot (T_{e,c} - T_{s,c}) = m_f \cdot Cp_f \cdot (T_{s,f} - T_{e,f}) \quad [\text{Eq.4.2.3.3.1}]$$

També es tindrà en compte la calor transferida per les aletes dels tubs.

4.2.3.3.1 Vaporitzador atmosfèric de la zona de descàrrega.

La seva utilització es veu enfocada en augmentar la pressió a l'interior de la cisterna per tal d'iniciar la descàrrega de GNL, mitjançant la transformació de GNL a GN.

Taula 4.2.3.3.1.1. Dades inicials de les corrents d'entrada.

	GNL	Aire
T entrada(°C)	-165	15
T sortida (°C)	-110	-10
Cp (kJ/kg·°C)	16640	1003.2
Densitat (kg/m ³)	448	1024

La transferència es produeix pels mecanismes d'evaporació i convecció externa forçada. Un dels mètodes per calcular aquest coeficient de convecció és el proposat per Chen. Els càlculs més extensos es troben en l'Annex A.4.

A continuació, es troben els resultats obtinguts, en el dimensionament tèrmic i mecànic.

Taula 4.2.3.3.2. Resultats del dimensionament mecànic.

Dimensionament mecànic	
Longitud tubs (m)	2
Diàmetre exterior (m)	0.013
Pitch (m)	0.016
Nombre de tubs	32
Nombre d' aletes	37
Àrea total	4.36 m ²

Taula 4.2.3.3.3. Resultats del dimensionament tèrmic.

Dimensionament tèrmic	
h (W/m ² ·K)	10970
Q total (kW)	116
AP _{tubs} (bar)	1.5·10 ⁻³

4.2.3.3.2 Vaporitzadors atmosfèrics en els dipòsits d'emmagatzematge.

Ambdós dipòsits d'emmagatzematge disposen d'un vaporitzador atmosfèric per tal d'augmentar la pressió al seu interior, en els moments en que la baixada de pressió sigui significativa. Aquests entraran en funcionament quan el nivell del tanc es trobi ³/₄ parts de la seva capacitat d'emmagatzematge, accionant la vàlvula VO/O-106 i VO/O-107 o VO/O-108 i VO/O-109 que permetrà el pas de GNL cap al vaporitzador.

En la taula 4.2.3.3.2.1, es mostren les dades inicials:

Taula 4.2.3.3.2.1. Dades inicials de les corrents d'entrada.

	GNL	Aire
T entrada(°C)	-165	15
T sortida (°C)	-110	-10
Cp (kJ/kg·°aC)	16640	1003.2
Densitat (kg/m ³)	448	1024

Els càlculs més extensos es troben en A.4.

A continuació, es troben els resultats obtinguts, en el dimensionament tèrmic i mecànic.

Taula 4.2.3.3.2.2. Resultats del dimensionament mecànic.

Dimensionament mecànic	
Longitud tubs (m)	2
Diàmetre exterior (m)	0.013
Pitch (m)	0.016
Nombre de tubs	16
Nombre d' aletes	37
Àrea total (m ²)	2.90

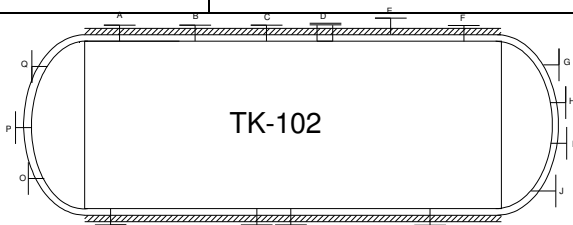
Taula 4.2.3.3.2.3. Resultats del dimensionament tèrmic.

Dimensionament tèrmic	
h (W/m ² ·K)	5485
Q total (kW)	49
AP	5·10 ⁻⁵

4.2.4 Fulls d'especificació dels equips.

4.2.4.1 Fulls d'especificació dels tancs d'emmagatzematge.

1	D E S I G N M A T E R I A L S N O Z Z L E S C H E D U L E	Manufacture:				DRUM SKETCH						
2		Operating Pressure (eff.)	bar	5								
3		Operating Temperature	°C	-165								
4		Liquid Density	kg/m3	448								
5		Contents Lethal		No								
6		Design Pressure (eff.)	bar	7								
7		Design Temperature	°C	-196								
8		MAWP (eff.)	bar	6,2								
9		Limited by										
10		Hidrostatic Test (eff.)	bar	5,7								
11		Shell Heads Corr. Allow.	mm	2								
12		Shell Heads Joint Eff.		1								
13		Code:	ASME	Certificate:								
14		Radiograph:	100%	Stress Relieve:					20000 psi			
16		Type Supports:	Suport fix i mòbil									
17		Insulation:										
18		Fireproofing:										
19		Sandblast:	Paint:									
20		Manhole:	Hinged - Davited - Other:									
21		Platform Clips:	Ladder Clips:	Insul. Rings:								
22		Pipe Supports:										
23		Wind Load:	N/m2	Seismic:					No			
24		Wt. Empty:	3,8E+05 N	Water:					8,4E+05 N			
25		Materials	Item.	Thickness					Mat Class	Mat -Minimum Quality		
26	Shell		9 mm	AISI 304L								
27	Heads		3 mm	AISI 304L								
28		Lining	mm									
31		Service	Mark	No.	Size	Rat.	Face	Type				
32		Controlador	A		1 ½ in							
33		Controlador	B		1 ½ in							
34		Controlador	C		1 ½ in							
35		Boca Home	D		24 in							
36		Controlador	E		1 ½ in							
37		Controlador	F		1 ½ in							
38		Controlador	G		1 ½ in							
39		Controlador	H		1 ½ in							
40		Controlador	I		1 ½ in							
41		Descàrrega	J		1 ½ in							
42		No utilitzada	K		2 in							
43		Entrada GN	L		4 in							
44		Cap a V.atmosfèric	M		¾ in							
45		Purga	N		2 in							
46		Controlador	O		1 ½ in							
47			P		8 in l							
48		Càrrega	Q		½ in							
		UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI										
		DEPARTAMENT D'ENGINYERIA QUÍMICA										
		Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química										
Sheet Nr. of												

1		Manufacture:							DRUM SKETCH
2		Operating Pressure (eff.)	bar						
3		Operating Temperature	°C						
4		Liquid Density	kg/m3						
5		Contents Lethal							
6		Design Pressure (eff.)	bar						
7		Design Temperature	°C						
8		MAWP (eff.)	bar						
9		Limited by							
10		Hidrostatic Test (eff.)	bar						
11		Shell Heads Corr. Allow.	mm						
12		Shell Heads Joint Eff.							
13		Code:	ASME	Certificate:					
14		Radiograph:	100%	Stress Relieve:		20000 psi			
16		Type Supports:		Support	fix i mòbil				
17		Insulation:							
18		Fireproofing:							
19		Sandblast:		Paint:					
20		Manhole:	Hinged - Davited - Other:						
21		Platform Clips:	Ladder Clips:			Insul. Rings:			
22		Pipe Supports:							
23		Wind Load:	N/m2	Seismic:		No			
24				Wt. Full					
24		Wt. Empty:	3,8E+05 N	Water:		8,4E+05 N			
25	Materials	Item.	Thickness	Mat Class	Mat Minimum Quality				
26		Shell	9 mm	AISI 304L					
27		Heads	3 mm	AISI 304L					
28		Lining	mm						
31		Service	Mark	No.	Size	Rat.	Face	Type	
32	N	Controlador	A		1 ½ in				
33	O	Controlador	B		1 ½ in				
34	Z	Controlador	C		1 ½ in				
35	Z	Boca Home	D		24 in				
36	L	Controlador	E		1 ½ in				
37	E	Controlador	F		1 ½ in				
38	S	Controlador	G		1 ½ in				
39	C	Controlador	H		1 ½ in				
40	H	Controlador	I		1 ½ in				
41	E	Descàrrega	J		1 ½ in				
42	D	No utilitzada	K		2 in				
43	U	Entrada GN	L		4 in				
44	L	Cap a V atmosfèric	M		¾ in				
45	E	Purga	N		2 in				
46		Controlador	O		1 ½ in				
47		Càrrega	P		8 in				
48		Controlador	Q		1 ½ in				
UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI DEPARTAMENT D'ENGINYERIA QUÍMICA Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química									
Sheet Nr. of									

4.2.4.2 Fulls d'especificació dels regasificadors.

Type	Manufacturer: _____ ; Type _____ ; Model: _____											
	Horiz. - Vert. - Sloped _____ °to horiz _____ FTS with Exp. Joint - U-Tube - Kettle - Coil - Hairpin - Box Floating Hd. - Pull Thru - Clamp Ring - Packed - Thermosypon - Fintube - Other: _____											
Performance of one unit	Additional Proc. Data on Sheet No. _____						In- SHELL SIDE - Out _____			In- TUBE SIDE -Out _____		
	Fluid: _____						GNL _____			GN _____ Aigua _____		
	Total Flow _____ kg/s						0.13 _____			1.42 _____		
	Liquid _____ kg/s						0.13 _____			1.42 _____		
	Density _____ kg/m3						448 _____			1000 _____		
	Viscosity _____ Pa.s						9.36E-06 _____			3.15E-04 _____		
	Specific Heat _____ kJ/kg.K						16.6 _____			4.18 _____		
	Coeff.of heat transfer _____ W/m2.K						91000 _____			4500 _____		
	Vapour _____ kg/s						78 _____					
	Mol,Mass _____ kg/kmol Density _____ kg/m3						0.798 _____					
	Viscosity _____ Pa.s						1.05E-05 _____					
	Specific Heat _____ kJ/kg.K						0.035 _____					
	Coeff. of heat transfer _____ W/m2.K											
	Non-Condensables _____ kg/s						Mol.Mass= _____ kg/kmol			Mol Mass _____ kg/mol		
	Velocity Max./Min. _____						0.62 0.5 _____			1.85 1.5 1.85 1.5 _____		
	Norm ASME Max.Operating Temp _____						-196°C _____					
	Operating Press (inlet) (eff.) _____ bar						4 _____					
	Pressure Drop _____ bar						Allow 0.1 _____			Calc 0.05 Allow 0,1 Calc 0.06 _____		
	Film Coeff _____ W/m2.K						8900 _____			2800 _____		
	Fouling Factor _____ W/m2.K						0.01 _____			0.02 _____		
Over-all Coefficient Uo _____ W/m2.K						Clean _____			Service LMTD 117 K _____			
Installed Area/Unit _____ m ²												
Design Data Per Shell	SHELL SIDE						TUBE SIDE					
	Design Temperature °C						-196					
	Design Pressure (eff.) bar						6.5					
	Hydrostatic Test (eff.) bar						5.2					
	Corrosion Allow./Lining mm						2					
	Number of Passes:						1					
	Cross Baffles: Type _____ ; Segment Cut _____						No. Fins _____ per tube _____ per m					
	Provide _____ mm Horizontal Cut on Bottom for Condensate Drain.						Vessel Supports - Saddles - Lugs - Other: _____					
	Long Baffles: Type _____ ;Number _____						weir Height _____ mm ; Shell After Weir _____ mm					
	Nozzles per Shell	SHELL SIDE						TUBE SIDE				
Ser		Mk	Size	Rtg	Face	Type	Mk	Size	Rtg	Face	Type	
In		1	1/2									
Water		2	2									
PSV		3	2									
GN		4	6									
Water	5	2										
Esquema												
E-104A												

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Type	Manufacturer: ; Type ; Model:											
	Horiz. - Vert. - Sloped °to horiz FTS with Exp. Joint - U-Tube - Kettle - Coil - Hairpin - Box Floating Hd. - Pull Thru - Clamp Ring - Packed - Thermosypon - Fintube - Other:											
Performance of one unit	Additional Proc. Data on Sheet No.					In- SHELL SIDE - Out			In- TUBE SIDE -Out			
	Fluid:					GNL			GN		Aigua	
	Total Flow kg/s					0.13			1.42			
	Liquid kg/s					0.13			1.42			
	Density kg/m3					448			1000			
	Viscosity Pa.s					9.36E-.06			3.15E-04			
	Specific Heat kJ/kg.K					16.6			4.18			
	Coeff.of heat transfer W/m2.K					91000			4500			
	Vapour kg/s								78			
	Mol.,Mass kg/kmol Density kg/m3								0.798			
	Viscosity Pa.s								1.05E-05			
	Specific Heat kJ/kg.K								0.035			
	Coeff. of heat transfer W/m2.K											
	Non-Condensables kg/s					Mol.Mass=			kg/kmol		Mol Mass kg/mol	
	Velocity Max./Min.					0.62 0.5		1.8 1.5		1.85 1.5		
	Nor ASME Max.Operating Temp					-196°C						
	Operating Press (inlet) (eff.) bar					4						
	Pressure Drop bar					Allow 0.1		Cal 0.05		Allo w 0,1		Calc 0.06
	Film Coeff W/m2.K								8900		2800	
	Fouling Factor W/m2.K					0.01			0.02			
Over-all Coefficient Uo W/m2.K					Clean 4E3		Service 700		LMTD		117 K	
Installed Area/Unit m ²												
Design Data Per Shell			SHELL SIDE			TUBE SIDE			Shell ID (Approximate) 0.035			
	Design Temperature °C		-196			-196			No. Tubes (approximate) 24			
	Design Pressure (eff.) bar		6.5			5.2			Tube O.D. m		Tube Wall Thk.	
	Hydrostatic Test (eff.) bar								Tube length 2		m	
	Corrosion Allow./Lining mm		2			2			Tube Pitch 15.875		mm	
	Number of Passes:					1			Join t: 1			
	Cross Baffles: Type					; Segment Cut			No. Fins per tube		per m	
	Provide mm		Horizontal Cut on Bottom for Condensate Drain.			Vessel Supports - Saddles - Lugs - Other:						
Long Baffles: Type					;Number			weir Height mm		Weir mm		
Nozzles per Shell	SHELL SIDE					TUBE SIDE					Esquema	
	Ser	M k	Siz e	Rt g	Fac e	Typ e	M k	Siz e	Rt g	Fac e		Typ e
	In	1	1 ½									
	Water	2	2									
	PSV	3	2									
	GN	4	6									
Water	5	2										
<p style="text-align: center;">E-104B</p> <p style="text-align: center;">E-104B</p>												

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

4.2.4.3 Fulls d'especificació vaporitzadors atmosfèrics.

Type	Manufacturer: _____ ; Type _____ ; Model: _____															
	Horiz. - Vert. - Sloped _____ °to horiz _____ FTS with Exp. Joint - U-Tube - Kettle - Coil - Hairpin - Box Floating Hd. - Pull Thru - Clamp Ring - Packed - Thermosypon - Fintube - Other: _____															
Performance of one unit	Additional Proc. Data on Sheet No. _____						In- SHELL SIDE - Out			In- TUBE SIDE -Out						
	Fluid: _____						Aire			GNL GN						
	Total Flow _____ kg/s						7,2			0,12						
	Liquid _____ kg/s						7,2			0,12						
	Density _____ kg/m3						1024			448						
	Viscosity _____ Pa.s						1.8E-.05			9,50E-06						
	Specific Heat _____ kJ/kg.K						1,006			16,6						
	Coeff.of heat transfer _____ W/m2.K						536,5			5485						
	Vapour _____ kg/s									30						
	Mol.Mass _____ kg/kmol Density _____ kg/m3									0,798						
	Viscosity _____ Pa.s									1,05E-05						
	Specific Heat _____ kJ/kg.K									0,035						
	Coeff. of heat transfer _____ W/m2.K															
	Latent Heat _____ kJ/kg									58,3						
	Non-Condensables _____ kg/s						Mol.Mass= _____ kg/kmol			Mol Mass _____ kg/mol						
	Velocity Max./Min. _____									0,17 0,13						
	Norm _____ ASME Max.Operating Temp _____									-196°C						
	Operating Press (inlet) (eff.) _____ bar									5						
	Pressure Drop _____ bar						Allow _____			Calc Allow 0,1 4 Calc 5.00E-4						
	Film Coeff _____ W/m2.K															
	Fouling Factor _____ W/m2.K															
	Over-all Coefficient Uo _____ W/m2.K						Clean _____ Service _____			LMTD 144,1 K						
Installed Area/Unit _____ m2																
Design Data Per Shell							SHELL SIDE			TUBE SIDE			Shell ID (Approximate)			
	Design Temperature _____ °C									-196			No. Tubes (approximate) 32			
	Design Pressure (eff.) _____ bar									6.5			Tube O.D. _____ mm		Tube Wall Thk. _____	
	Hydrostatic Test (eff.) _____ bar												Tube length _____ m			
	Corrosion Allow./Lining _____ mm									2			Tube Pitch _____ mm			
	Number of Passes: _____									1			Joint: _____			
	Insulation: _____												Type Fintubes: _____ Rectangulars			
	Cross Baffles: Type _____ ; Segment Cut _____												No. Fins _____ 37 per tube		per m	
	Number: _____ Spacing Approx. Equal - See shet no. _____												Fin Height _____ 10 mm		Fin t: 5mm	
	Provide _____ mm Horizontal Cut on Bottom for Condensate Drain. _____												Vessels Support-Saddles-Lugs-Other _____			
	Long Baffles: Type _____ ;Number _____												weir Height _____ mm		; Shell After Weir _____ mm	
	TEMA Class: _____		Lethal: Y - N _____		Code: _____					Certificate: Yes - No _____			Seismic: Yes - No _____			
	Radiograph: _____ Shell cover. - Channel. _____									Strees Relieve: _____						
	Sandblast: _____		Paint: _____		Maintain: _____					Shell ID _____						
	Nozzles per Shell	SHELL SIDE						TUBE SIDE						Esquema	E-101	
Ser		Mk	Size	Rtg	Face	Type	Mk	Size	Rtg	Face	Type					
In																
Out																
See Nozzle Sketch on Sheet No. _____																
MISC.	Shell Side: _____ Parallel banks of _____ Shells in Series															
	Tube Side: _____ Parallel banks of _____ Shells in Series															

Type	Manufacturer: ; Type ; Model:														
	Horiz. - Vert. - Sloped °to horiz						FTS with Exp. Joint - U-Tube - Kettle - Coil - Hairpin - Box								
	Floating Hd. - Pull Thru - Clamp Ring - Packed - Thermosyphon - Fintube - Other:														
Performance of one unit	Additional Proc. Data on Sheet No.						In- SHELL SIDE - Out			In- TUBE SIDE -Out					
	Fluid:						Aire			GNL GN					
	Total Flow kg/s						3.01			0,05					
	Liquid kg/s						3.01			0,05					
	Density kg/m3						1024			448					
	Viscosity Pa.s						1.8E-.05			9,50E-06					
	Specific Heat kJ/kg.K						1,006			16,6					
	Coeff.of heat transfer W/m2.K						536,5			5485					
	Vapour kg/s									30					
	Mol,Mass kg/kmol Density kg/m3									0,798					
	Viscosity Pa.s									1,05E-05					
	Specific Heat kJ/kg.K									0,035					
	Coeff. of heat transfer W/m2.K														
	Latent Heat kJ/kg									58,3					
	Non-Condensables kg/s						Mol.Mass= kg/kmol			Mol Mass kg/mol					
	Velocity Max./Min.									0,17 0,13					
	Norm ASME Max.Operating Temp									-196°C					
	Operating Press (inlet) (eff.) bar									5					
	Pressure Drop bar						Allow			Calc Allow 0,1 Calc 5.0E-4					
	Film Coeff W/m2.K														
Fouling Factor W/m2.K															
Over-all Coefficient Uo W/m2.K						Clean			Service LMTD 144,1 K						
Installed Area/Unit m2															
Design Data Per Shell							SHELL SIDE			TUBE SIDE			Shell ID (Approximate)		
	Design Temperature °C									-196			No. Tubes (approximate) 16		
	Design Pressure (eff.) bar									6.5			Tube O.D. mm		Tube Wall Thk.
	Hydrostatic Test (eff.) bar												Tube length 2 m		
	Corrosion Allow./Lining mm									2			Tube Pitch 15 mm		
	Number of Passes:									1			Joint:		
	Insulation:												Type Fintubes: Rectangulares		
	Cross Baffles: Type ; Segment Cut												No. Fins 37 per tube per m		
	Number: Spacing Approx. Equal - See shet no.												Fin Height 10 mm		Fin t: 5mm
	Provide mm Horizontal Cut on Bottom for Condensate Drain.												Vessels Support-Saddles-Lugs-Other		
	Long Baffles: Type ;Number												weir Height mm		; Shell After Weir mm
	TEMA Class:		Lethal: Y - N		Code:		Certificate: Yes - No			Seismic: Yes - No					
	Radiograph: Shell cover. - Channel.									Strees Relieve:					
	Sandblast:		Paint:		Maintain:		Shell ID								
	Nozzles per Shell	SHELL SIDE						TUBE SIDE						Esquema	E-102
Ser		Mk	Size	Rtg	Face	Type	Mk	Size	Rtg	Face	Type				
In															
Out															
See Nozzle Sketch on Sheet No.															
MISC:	Shell Side: Parallel banks of						Shells in Series								
	Tube Side: Parallel banks of						Shells in Series								
UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI															
DEPARTAMENT D'ENGINYERIA QUÍMICA Escola Tècnica Superior d'enginyeria Química															
Type	Manufacturer: ; Type ; Model:														

		Horiz. - Vert. - Sloped		°to horiz		FTS with Exp. Joint - U-Tube - Kettle - Coil - Hairpin - Box							
		Floating Hd. - Pull Thru - Clamp Ring - Packed - Thermosypon - Fintube - Other:											
Performance of one unit	Additional Proc. Data on Sheet No.					In- SHELL SIDE - Out					In- TUBE SIDE -Out		
	Fluid:					Aire					GNL GN		
	Total Flow					kg/s					3,01 0,05		
	Liquid					kg/s					3,01 0,05		
	Density					kg/m3					1024 448		
	Viscosity					Pa.s					1.8E-.05 9,50E-06		
	Specific Heat					kJ/kg.K					1,006 16,6		
	Coeff.of heat transfer					W/m2.K					536,5 5485		
	Vapour					kg/s					30		
	Mol,Mass					kg/kmol Density					kg/m3 0,798		
	Viscosity					Pa.s					1,05E-05		
	Specific Heat					kJ/kg.K					0,035		
	Coeff. of heat transfer					W/m2.K							
	Latent Heat					kJ/kg					58,3		
	Non-Condensables					kg/s					Mol.Mass= kg/kmol Mol Mass kg/mol		
	Velocity Max./Min.										0,17 0,13		
	Norm ASME Max.Operating Temp										-196°C		
	Operating Press (inlet) (eff.)					bar					5		
	Pressure Drop					bar					Allow Calc Allow 0,1 Calc 5.00E-4		
	Film Coeff					W/m2.K							
Fouling Factor					W/m2.K								
Over-all Coefficient Uo					W/m2.K					Clean Service LMTD 144,1 K			
Installed Area/Unit					m2								
Design Data Per Shell						SHELL SIDE		TUBE SIDE			Shell ID (Approximate) 16		
	Design Temperature °C										-196		
	Design Pressure (eff.) bar										6.5		
	Hydrostatic Test (eff.) bar										Tube O.D. mm Tube Wall Thk.		
	Corrosion Allow./Lining mm										2		
	Number of Passes:										Tube length 2 m		
	Insulation:										Tube Pitch 15 mm		
	Cross Baffles: Type ; Segment Cut										Joint:		
	Number: Spacing Approx. Equal - See shet no.										Type Fintubes: Rectangulares		
	Provide mm Horizontal Cut on Bottom for Condensate Drain.										No. Fins 37 per tube per m		
	Long Baffles: Type ;Number										Fin Height 10 mm Fin t: 5mm		
	TEMA Class: Lethal: Y - N Code: Certificate: Yes - No Seismic: Yes - No										; Shell After Weir mm Weir mm		
	Radiograph: Shell cover. - Channel. Strees Relieve:												
	Sandblast: Paint: Maintain: Shell ID												
	Nozzles per Shell	SHELL SIDE					TUBE SIDE					E-103	
Ser		Mk	Size	Rtg	Face	Type	Mk	Size	Rtg	Face	Type		
In													
Out													
MISC.	See Nozzle Sketch on Sheet No.												
	Shell Side: Parallel banks of Shells in Series												
	Tube Side: Parallel banks of Shells in Series												
UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI													
DEPARTAMENT D'ENGINYERIA QUÍMICA Escola Tècnica Superior d'enginyeria Química													

4.3 Descripcions.

4.3.1 Descripció funcional del projecte.

4.3.1.1 Instal·lació de descàrrega.

La descàrrega del GNL des de la cisterna fins al tanc d'emmagatzematge de la planta, es realitzarà per diferència de pressions.

4.3.1.1.1 Estat inicial de la instal·lació.

- La cisterna ve pressuritzada a 1 bar respecte l'atmosfera aproximadament.
- Els tancs d'emmagatzematge estaran pressuritzats a 5 bars.
- El tanc o depòsit a carregar deixarà de funcionar donant pas a l'altre depòsit, de forma que la instal·lació no deixi de funcionar.
- Les mànegues criogèniques estan permanentment connectades a les línies fixes de la instal·lació.

4.3.1.1.2 Connexió de les mànegues criogèniques.

Haurà d'existir i complir-se un procediment escrit que inclogui com a mínim les indicacions que es descriguin a continuació.

La cisterna es situarà a un punt pròxim de la boca de càrrega. L'operació de descàrrega haurà de ser atesa permanentment per un mínim de dos persones. L'encarregat de realitzar la descàrrega del camió cisterna serà el conductor del mateix, que coneixerà i serà conscient en tot moment de la normativa d'aplicació en el procediment de descàrrega de GNL. Juntament amb aquesta persona es trobarà personal autoritzat de la planta; que li servirà d'ajuda en cas d'alguna incidència.

Prèviament a la connexió, es retiren els taps de les mànegues i de les boques de càrrega de la cisterna havent comprovat que les vàlvules que l'envolten estan tancades, de forma que es connectin les mànegues a la cisterna. Aquesta connexió, tan sols pot ser realitzada pel conductor de la cisterna. Abans de connectar les mànegues criogèniques flexibles, s'haurà de comprovar l'estat de les juntes, de forma que s'hi hagués alguna anomalia, corregir-la.

La descàrrega no començarà fins comprovar que totes les connexions són estanques. El responsable de la planta comprovarà les connexions de la zona de descàrrega; mentre que el conductor comprovarà la cisterna.

4.3.1.2 Descàrrega de GNL.

4.3.1.2.1 Igualació i augment de la Pressió.

Un cop les mànegues flexibles criogèniques són correctament connectades s'inicia la descàrrega de GNL. Inicialment, la pressió en la cisterna és inferior que la pressió existent en els tancs d'emmagatzematge. De forma que, es procedeix a pressuritzar la cisterna i les mànegues.

El procediment a seguir per pressuritzar la cisterna és el següent:

- Comprovar que les vàlvules VM-103, VM-104 i VO/O-103 estiguin tancades.
- Obrir les vàlvules VM-101, VO/O-101, VO/O-102 i VM-102 presents a la zona de descàrrega.
- Part del GN que es troba en la fase gasosa del tanc d'emmagatzematge en el qual s'efectua la càrrega, serà enviada a la corrent d'entrada del camió, gràcies a aquest procediment s'evitarà llençar a l'atmosfera el gas contingut en els tancs, i ajudarà així a la pressurització de la cisterna.

Seguint aquest procediment, el que es fa és que GNL procedent del camió cisterna es condueixi cap al vaporitzador de posta a pressió ràpida (E-101), que és un vaporitzador atmosfèric, de la zona de descàrrega. En aquest, es produeix el canvi d'estat de líquid a gas de forma que aquesta quantitat extreta inicialment retorna a la cisterna de forma gasosa,

augmentant així la pressió en el seu interior. Aquest procediment és possible degut a que com ja s'ha anomenat anteriorment, la pressió dins la cisterna es d'un bar per sobre l'atmosfèrica. Tenint present en tot moment la pressió a l'interior de la cisterna, ja que aquesta no pot ser superior a 6,5 bar. En cas que fos així, es tallaria el subministrament de GN de retorn a la cisterna.

4.3.1.3 Zona emmagatzematge.

4.3.1.3.1 Estat inicial de la instal·lació.

- El grau de plenament del tanc serà d'un màxim del 95%.
- La pressió d'emmagatzematge del depòsit serà de 5 bars.
- La temperatura d'emmagatzematge del GNL serà de -165°C..

4.3.1.3.2 Estat en el depòsit.

La sortida de GNL del tanc provoca una disminució del nivell dins d'aquest, de forma que quan un tanc es va buidant, la part gasosa ocupa l'espai que deixa lliure el líquid, havent així una baixada de la pressió dins seu.

Per recuperar la pressió inicial d'aquest, s'instal·la un vaporitzador atmosfèric de posada a pressió ràpida (E-102 o E-103), al qual se li envia una petita part del GNL de dins del tanc i es produeix un canvi de fase a gas. Per fer aquest procediment, mentre la vàlvula de sortida del GNL al procés VO/O-110 o VO/O-111 es troba oberta per efectuar la descàrrega, s'obriran les vàlvules VO/O-106 i VO/O-107 o VO/O-108 i VO/O-109 respectivament, fent així que la pressió perduda per la descàrrega de líquid sigui recuperada mitjançant gas.

Per tant, quan s'inicia la càrrega en un tanc el gas al seu interior ocupa tot l'espai disponible a una pressió de 5 bars. A mesura que el nivell de líquid augmenta, aquest gas disposa de menys espai i conseqüentment la pressió augmenta. Per això, hi ha una corrent que envia aquest gas cap a la zona de descàrrega, ajudant a la pressurització de la cisterna.

Quant aquesta corrent de gas juntament amb la que hi arriba del vaporitzador E-101 és excessiva, es tanca la vàlvula VO/O-101 i VO/O-102 i si la pressió del tanc encara és elevada actuaran les vàlvules de seguretat situades en aquest, que alliberaran l'excés de gas a l'atmosfera.

Un cop el GNL es descarregat del tanc, s'envia cap a un vaporitzador del tipus tub i carcassa (E-104 o E-105) que canviarà l'estat del GNL a gas, per fer-ho es necessari un aportament calorífic donat per la transmissió de calor amb aigua.

4.3.1.4 Regasificació.

4.3.1.4.1 Vaporitzador.

Aquest es dissenyat per a que es produeixi un canvi de fase de líquid a gas i per escalfar el gas fins una temperatura d'uns 15-20°C amb un cabal màxim de 740 m³/h de Gas Natural.

En el vaporitzador el GNL entra a -165°C i passa per carcassa fins assolir uns 18°C, la calor la intercanvia amb aigua, la qual passa per tubs, a uns 90°C, escalfada prèviament per unes calderes. Aquestes calderes són alimentades amb una petita part del producte que serà enviat amb la canonada 118 situada després del sistema d'odorització.

Aquest circuit d'aigua de refrigeració és tancat, entra a les calderes a 30°C per sortir i dirigir-se cap a l'intercanviador a 90°C.

A la sortida del vaporitzador es troba un controlador de temperatura que, en cas que la temperatura de sortida no sigui la desitjada actua sobre el cabal d'aigua d'entrada a aquests, si hi ha alguna fallada en el procediment, l'interruptor de temperatura mínima que es troba a la sortida tancarà el pas de gas fins que sigui solucionat el problema, ja que aquesta vàlvula es d'obertura manual.

Un cop es troba en les condicions requerides, passa per un filtre, el qual elimina les impureses que hi puguin haver en ell. Tot seguit passa per una vàlvula reguladora de pressió (VA-104) que fa que aquesta disminueixi dels 4.5 bar fins a uns 0,3-0,4 bar.

També hi trobem l'odoritzant que es barrejarà en petites quantitats amb el gas natural per tal que aquest en cas de fuga pugui ser detectat. Aquesta barreja s'efectuarà mitjançant la pèrdua de càrrega d'uns 0,1 bar provocada per una placa d'orifici.

Finalment, el gas natural ja està preparat per ser enviat a les calderes de la central tèrmica d'Andorra (Terol).

4.3.2 Descripció de la instal·lació.

La instal·lació de la planta està formada per la zona de descàrrega de camions cisterna i el procés de regasificació de GNL.

Dintre de la instal·lació no hi ha cap altra unitat operativa ni edifici, aquests es troben inclosos dintre de la Central Tèrmica a la qual se li ofereix el servei.

El servei de subministrament de GN es subcontractat per la Central, els magatzems, sala de control, oficines, etc. es troben dintre les seves immediacions.

Cal destacar que com la planta està situada en un terreny on no hi ha gaire activitat industrial, a part de la central tèrmica, per tant no es podrà enviar el gas natural que surt per les vàlvules de seguretat a cap torxa, per això aquests s'enviarà directament a l'atmosfera. Tot i això és imprescindible que les vàlvules de seguretat estiguin a una distància de 10m de terra, per evitar la seva congelació i la establir més seguretat dins la planta.

5 SEGURETAT AL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS.

5.1 Protecció d'equips a sobrepressions.

Es suposa un cas en el qual pot augmentar la pressió de l'equip de forma perillosa. Llavors, cal fer el dimensionament de les vàlvules de seguretat.

- Cas d'Aportació de calor a través d'aïllament en cas de foc pròxim (T = 900°C)

Per fer el càlcul de vàlvules de seguretat, suposant la màxima aportació de calor a través de l'aïllament en cas de foc pròxim, s'utilitzarà l'equació següent:

$$Q = 565 \cdot C \cdot A^{0.82} \quad [\text{Eq.5.1.1.}]$$

On:

Q = Aportació de calor (kcal/h)

C = Coeficient de transferència de calor de l'aïllament (kcal/m²·h·°C)

A = Superfície del recipient interior (m²)

Aquesta fórmula s'extreu de l'Annex I de la Norma MIE-AP15, per aïllament tèrmic resistent al foc.

$$Q = 565 \cdot 0.047 \cdot (19.9^{0.82}) = 308.46 \text{ kcal/h} \quad [\text{Eq.5.1.2.}]$$

El cabal de gas lliurat o extret per la vàlvula de seguretat es calcularà per la següent fórmula:

$$M = \frac{3Q}{2L} \quad [\text{Eq.5.1.3.}]$$

On:

Q = Quantitat de calor aportada segons la fórmula de l'apartat anterior (kcal/h)

L = Calor latent de vaporització del gas a una pressió de saturació del 110 per 100 de la màxima pressió de treball (kcal/kg)

M = Massa de gas a evacuar (kg/h)

$$M = \frac{3Q}{2L} = \frac{3 \cdot 308,46}{2 \cdot 58,3} = 8 \text{ kg/h} \quad [\text{Eq.5.1.4.}]$$

5.2 Mesura de protecció contra incendis o vessaments.

- Instal·lació mòbil contra incendis.

En els depòsits de GNL la instal·lació estarà dotada d'extintors en proporció de 10 kg de pols sec per cada 1000 kg de producte, amb un mínim de 2 kg en dos extintors, tal com indica la normativa MIE-AP15.

De forma que els kg necessaris de pols sec, seran:

$$90m^3 \cdot \frac{448 \text{ kg}}{1 m^3} = 40302 \text{ kg GNL}$$

$$\frac{40302}{1000} = 40.32 \cdot 10 = 400 \text{ kg pols sec}$$

Es disposaran 4 carros mòbils de 100 kg cadascun per a cada tanc. És a dir, un total de 8 carros de 100 kg en la zona d'emmagatzematge i en un lloc fàcilment accessible.

5.3 Sistemes de protecció personal.

El sistemes de seguretat i protecció personal dels que disposarà la planta serviran per prevenir accidents tant en operació normal de la unitat com en treballs de manteniment i reparació.

En tot moment, els treballadors i persones autoritzades a entrar a la planta han de mantenir un comportament adequat i aplicar el sentit comú en qualsevol situació de risc.

És necessari que les proteccions dels treballadors de la planta estiguin dissenyades per la seguretat d'aquests, ja sigui per les cremades per explosió del GN o per les cremades pel fet de treballar a temperatures molt baixes.

Els treballadors de la planta aniran equipats amb:

- Casc de seguretat.
- Sabates de seguretat
- Guants de protecció.
- Ulleres de protecció.
- Roba ignífuga i antiestàtica

Tot i així a la zona de descàrrega i de regasificació es disposaran de sistemes de dutxa i renta ulls com a mesura immediata. Tot seguit, s'avisarà als serveis mèdics per tenir un informe detallat de l'estat del afectat

En el cas que es realitzin algun tipus de operació perillosa de manteniment o reparació s'aplicaran els sistemes de seguretat pertinents indicats en la norma MIE-AP15.

5.4 Anàlisi de risc preliminar.

El HAZOP és una tècnica d'identificació de riscos basada en la premissa de que els accidents es produeixen com a conseqüència d'una desviació de les variables de procés respecte dels paràmetres normals d'operació.

La tècnica consisteix en analitzar sistemàticament les causes i les conseqüències d'unes desviacions de les variables de procés plantejades a través d'unes paraules guia.

Amb aquest estudi, aprofundim més en el disseny de la planta i en el seu sistema de control; identificant possibles causes de problemes que podien haver afectat la funcionalitat de la planta en un futur. Aquests problemes principals que hi pot haver a la planta són:

- Les fugues produïdes en qualsevol punt de la planta.
- Una font d'ignició prop d'aquesta i que pugui ser perjudicial per la seguretat dels treballadors.
- La congelació de l'aigua que passa pels regasificadors.

A la següent pàgina, es presenta l'estudi HAZOP realitzat en els punts o nusos més crítics de la planta.

Taula 5.4.1 Estudi preliminar de risc HAZOP

Nus	Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta sistema	Accions a emprendre
0	Poca	Pressió	<ul style="list-style-type: none"> - Mal funcionament dels vaporitzadors atmosfèrics. - Vàlvules de seguretat tarades a una pressió inferior a la màxima de treball. - Fallada del controlador de pressió del tanc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Impossibilitat de la descàrrega de la cisterna i els tancs. 	<ul style="list-style-type: none"> - Esgotament del gas natural liquat dins dels tancs. - No poder subministrar gas natural a les calderes. - Possibilitat de buit. 	<ul style="list-style-type: none"> - Realitzar una tarada correcta de les vàlvules de seguretat. - Revisar el funcionament dels vaporitzadors i controladors.
1	Massa	Pressió	<ul style="list-style-type: none"> - Mal funcionament del PIC de la descàrrega i/o dels tancs. - Obstrucció dels apaga flames. 	<ul style="list-style-type: none"> - Augment de la pressió dins del camió cisterna o tanc. - Augment de la pressió al procés. 	<ul style="list-style-type: none"> - Obertura de les vàlvules de seguretat del tanc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tancament manual de les vàlvules VM-101 i VM-102. - Obertura de les purgues del procés.
2	Massa	Nivell	<ul style="list-style-type: none"> - Vàlvules d'entrada al tanc no responguin. - Vàlvules de sortida del tanc estiguin tancades. - Mal funcionament de l'interruptor de nivell. 	<ul style="list-style-type: none"> - Augment de la pressió al tanc. - Deformació del tanc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Activació de l'alarma d'alt nivell. - Obertura de les vàlvules de seguretat. 	<ul style="list-style-type: none"> - Parar la descàrrega de la cisterna. - Tancament de les vàlvules manuals d'entrada als tancs. - Obertura de les purgues del tanc. - Manteniment periòdic vàlvules

3	Poc	Nivell	<ul style="list-style-type: none"> Mal funcionament de la vàlvula VO/O-103 o les d'entrada al tanc. 	<ul style="list-style-type: none"> Impossibilitat d'enviar producte. 	<ul style="list-style-type: none"> Activació de la alarma de baix nivell. 	<ul style="list-style-type: none"> Parar la descàrrega del tanc. Manteniment periòdic de les vàlvules.
4	Massa	Cabal	<ul style="list-style-type: none"> Mal funcionament de les vàlvules reguladores de cabal. 	<ul style="list-style-type: none"> Augment de la pressió. Deformacions i fissures. 	<ul style="list-style-type: none"> Lliurament del gas natural per les vàlvules de seguretat. 	<ul style="list-style-type: none"> Control periòdic de les vàlvules de regulació de cabal.
5	Poc	Cabal	<ul style="list-style-type: none"> Mal funcionament de la vàlvula VA-101 o VA-102. Fallada del controlador FIC 102 o FIC 103. 	<ul style="list-style-type: none"> Quantitat de producte insuficient. 	<ul style="list-style-type: none"> No hi ha sortida del producte de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> Manteniment periòdic de les vàlvules reguladores i dels controladors. Tancament de la vàlvula de sortida del tanc.
6	Massa	Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> Mal funcionament dels vaporitzadors dels tancs o del regasificador. Massa cabal d'aigua als intercanviadors. 	<ul style="list-style-type: none"> Augment de la pressió. Subministrament a temperatura superior a la desitjada. 	<ul style="list-style-type: none"> Actuació de les vàlvules de seguretat del procés. 	<ul style="list-style-type: none"> Parar la descàrrega del tanc. Tancament de les vàlvules manuals de l'intercanviador.

7	Poca	Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> - L' aigua regasificador no arriba prou calenta. - Fallada del controlador de temperatura mínima. 	<ul style="list-style-type: none"> - Subministrament a temperatura inferior a la desitjada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Regulació del cabal d'aigua calenta. - Tancament de la vàlvula on/off de temperatura mínima. 	<ul style="list-style-type: none"> - Parar la descàrrega del tanc. - Tancar les vàlvules manuals de l'intercanviador. - Revisió del sistema de control i de les calderes.
8	No	electricitat	<ul style="list-style-type: none"> - Fallada del subministrament de la companyia elèctrica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Impossibilitat d'actuar sobre el control de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aturada general de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emprendre mesures legals contra la companyia.

5.5 Fire and explosion index (F&EI)

L'índex d'explosió i foc es fa servir com una guia per la selecció de mètodes per la protecció contra el foc, ja que dona un valor relatiu al risc d'un procés.

Aquesta guia va ésser publicada per l' institut americà d'enginyers químics.

L'índex es calcula mitjançant el tipus de procés i els components d'aquest, amb el que s'obté el grau de perillositat de la instal·lació. Aquests graus són extrets de la taula següent:

Taula 5.5.1. *Grau de risc per F&EI.*

Grau de risc per F&EI	
Rang F&EI	Grau de risc
1 – 60	Lleuger
61 – 96	Moderat
97 – 127	Entremig
128 – 158	Gran
Més de 159	Greu

A continuació es mostra la taula on es calcula aquest índex per la planta satèl·lit regasificadora de gas natural líquid:

Taula 5.5.2. Càlcul del índex de foc i explosió.

PROCES I MATERIAL		
PRODUCTES EN LA UNITAT DE PROCÉS		
gas natural liquat, aigua i aire		
ESTAT DE L'OPERACIÓ		MATERIAL:
inici		GAS NATURAL LIQUAT
FACTOR DEL MATERIAL		21
1. Riscos generals del procés	Rang de penalització	Penalització utilitzada
Factor base	1,00	1,00
A. Reacció química exotèrmica	0,30 - 1,25	
B. Procés endotèrmic	0,20 - 0,40	
C. Material de transferència	0,25 - 1,05	
D. Unitats de procés interiors	0,25 - 0,90	
E. Accessos	0,20 - 0,35	
F. Control del vessant	0,25 - 0,50	0,50
Factor de risc general del procés (F1)		1,50
2. Procés amb riscos especials		
Factor base	1,00	1,00
A. Materials tòxics	0,20 - 0,80	
B. Pressions sota de l'atmosfèrica	0,50	
C. Operacions dins o a prop rang d'inflamació no inert		
1. Tanc d'emmagatzematge de líquids inflamables	0,50	
2. Procés de vessat o fallada de purga	0,30	0,30
3. Sempre pel damunt del rang inflamable	0,80	
D. Explosió per pols	0,25 - 2,00	
E. Pressió d'operació 5 bar		0,25
F. Baixa temperatura	0,20 - 0,30	0,50
G. Quantitat d'inflamable/Material inestable Quantitat = 180 m3 Hc = 21,5 BTU/lb		
1. Gasos, líquids i materials reactius al procés		
2. Gasos i líquids emmagatzemats		1,50
3. Combustible sòlid en pols emmagatzemat		
H. Corrosió i erosió	0,10 - 0,75	
I. Ús forns		
J. Bescanvi de calor per oli	0,15 - 1,15	
K. Equips rotatius	0,50	
Factor de risc procés especial (F2)		3,55
Unitat de factor de risc (F1 x F2 = F3)		5,33
Índex de foc i explosió (F3 x MF = F&EI)		111,83

L'índex de la planta és de 111,83, per tant, té un grau de risc entremig.

Ara es procedirà a calcular el radi i l'àrea a la que afectaria en cas que hi hagués un explosió de la planta.

Per conèixer aquest radi s'ha de multiplicar el F&EI per un factor de 0,84:

$$\mathbf{Radi = 111,83 \times 0,84 = 93,94 \text{ ft}} \quad [\text{Eq. 5.5.1}]$$

93,94 ft → 28,63 m

Un cop calculat el radi es procedeix a fer el càlcul de l'àrea afectada en cas de foc o explosió:

$$\mathbf{\text{Àrea} = \pi \times radi^2 = \pi \times 28,63^2 = 2575,46 \text{ m}^2} \quad [\text{Eq 5.5.2}]$$

5.6 Càlcul del cubeto de retenció

Per tal de determinar les dimensions del cubeto de protecció contra derrames s'ha tingut en compte les següents dades:

- Capacitat d'emmagatzematge dels dos dipòsits de GNL 180m3.
- Llei UNE-60210:2001; Planta Satèl·lit de Gas Natural Liqueat (GNL)

Aquest cubeto de retenció ha de contenir tota la instal·lació fins la vàlvula de seguretat per temperatura mínima (VO/O-112).

Esta format per murs de contenció de 0,75 metres d'altura, però tindrà una malla metàl·lica fins arribar a 2,5 metres d'altura per tal d'evitar que entri personal no autoritzat.

Segons la norma UNE 60210, el volum d'aquest cubeto de retenció ha de ser la suma de la capacitat geomètrica dels dipòsits, és a dir, 180 m³ degut a que s'han pres mesures per tal que l'exposició al foc a causa de vessaments a qualsevol recipient dels continguts al cubeto no afecti a cap altre, però no se'n han pres per evitar que les baixes temperatures els afectin.

Tal com indica la normativa, els següents equips es troben dins d'aquest:

- 3 vaporitzadors atmosfèrics.
- 2 dipòsits.
- 2 regasificadors tub i carcassa.

A continuació, es mostren les dades utilitzades i els càlculs per determinar volum del cubeto:

$$Volum_{cubeto} = longitud \times ample \times altura \quad [Eq.5.6.1.]$$

Taula 5.6.1. Dimensions geomètriques del cubeto.

Llargada	21,90 m
Amplada	11,00 m
Altura	0,750 m

5.7 Normes d'atmosferes explosives

Aquesta instal·lació conté gas en quantitat suficient per produir atmosferes explosives, per tant, és una instal·lació de classe I, i com l'emplaçament, en condicions normals, pot contar amb la formació ocasional d'aquests tipus d'atmosferes, es considera una zona 1.

La planta no està limitada per parets, la qual cosa significa que ha d'estar rodejada per una zona 2. Aquestes zones representen que la planta ha de complir una sèrie de distàncies en les que no hi pot haver cap focus d'ignició.

Per la zona 1 no hi pot haver cap focus al voltant de tots els equips en un radi de 0,4 metres de ample i 0,8 metres en distàncies verticals. Però tal i com ja s'ha dit aquesta zona ha d'anar envoltada per la zona 2, on no hi pot haver cap focus en una distància de 0,4 metres d'amplada i 0,8 metres d'altura, donant un total de 0,8 metres d'amplada i 1,6 metres en vertical.

6 MEDI AMBIENT AL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS.

L'objectiu d'aquest apartat és analitzar l'impacte ambiental que pot produir la presència de la Planta Satèl·lit de Regasificació de GNL. Determinar i estudiar tots els factors que puguin aproximar l'estudi.

La metodologia *Planificar-Hacer-Verificar-Actuar* (PHVA) és la utilitzada per gestionar l'estudi de l'impacte ambiental.

- *Planificar*: establir els objectius i la cerca dels aspectes ambientals significatius que haurien de ser prioritaris en l'estudi.
- *Hacer*: desenvolupar les propostes de millora establertes.
- *Verificar*: realitzar un seguiment i informar sobre els resultats obtinguts.
- *Actuar*: prendre accions per millorar contínuament el funcionament de la planta.

El disseny i la implantació de la planta s'ha efectuat d'acord amb la Norma UNE-EN-ISO-14001, la qual cosa contribuirà a assegurar la protecció de l'entorn.

6.1 Identificació i avaluació de les emissions.

Per aconseguir aquest objectiu, els passos seguits per avaluar l'impacte són tractats en les següents àrees, en les quals es ressalten els aspectes ambientals més significatius.

- Contaminació Atmosfèrica.

En condicions d'operació normal les emissions atmosfèriques cal remarcar que són mínimes. Per una banda, tenim les emissions de les calderes producte de la combustió de GN. I, en cas d'emergència, es podrien produir emissions de gas natural a l'atmosfera per acció de les vàlvules de seguretat o per evaporació de gas natural procedent d'un vessament.

Propostes de millora

- En cas d'emergència, les vàlvules de seguretat del tanc alliberar en condicions de seguretat el gas a l'atmosfera. Evitar l'activació de les vàlvules de seguretat controlant minuciosament la pressió en els tancs d'emmagatzematge.
- En la zona d'emmagatzematge, s'instal·len els cubets exigits per la normativa per protecció en cas de possibles vessaments de GNL.
- Disminució al mínim possible del nombre de connexions bridades, deixant sols les necessàries per manteniment.
- Adició d'una petita part d'odorització THT (Tetrahidrotiofeno) per tal de facilitar la seva detecció en cas de fuga.

- Contaminació de les aigües.

El sistema d'aigua del regasificador és un circuit tancat. De forma que, se n'estalvia un volum important, i aquesta no rep cap contaminant de forma directa.

Les aigües sanitàries corresponents al sanejament humà, seran enviades a la xarxa de clavegueram que pertany a l'Ajuntament d'Andorra.

Propostes de millora

- Per tal d'evitar el creixement de microorganismes que pugui alterar el funcionament de les instal·lacions, s'efectua un lleuger clorat de l'aigua mitjançant hipoclorit sòdic (NaClO).

- Qualitat visual i Paisatgística.

La implantació de la planta es en el Polígon Comarcal d'Andorra. Aquesta zona correspon a un entorn plenament industrial; on el paisatge natural s'ha transformat en un paisatge artificial construït per diverses instal·lacions industrials. De forma que, la integració paisatgística d'aquesta no alterarà en cap sentit la qualitat visual de l'entorn.

- Flora i Fauna.

Considerant que la ubicació de la planta correspon a terreny industrialitzat, preparat per a la implantació d'activitat industrial, els valors naturals que puguin veure's afectats per la instal·lació seran escassos.

Respecte a la fauna, el grau d'afecció pel funcionament de les instal·lacions a la fauna de l'entorn s'haurà d'avaluar.

Propostes de millora

- Realitzar un estudi de l'impacte sobre la fauna present a la zona, amb el fi de saber l'afecció real sobre aquesta.

- Contaminació Acústica.

Durant l'operació de la planta l'entorn podria veure's afectat per l'emissió de sorolls a l'exterior. Cal destacar, que els sorolls emesos no són excessius i tolerables en la zona d'implantació de la instal·lació. Generalment, no hi ha cap font sonora destacable.

El disseny dels equips segueix la legislació pertinent, la qual cosa garanteix que tant a l'interior de la planta com a l'entorn els nivells de soroll adequats.

Propostes de millora

- Per tal de limitar la generació de soroll, el personal de la planta compleix amb el manteniment dels equips i instal·lació en general.

6.2 Condicionants socioeconòmics.

Aquest projecte suposa una inversió de 930.000 euros que es reflectiran positivament en els aspectes socioeconòmics de la zona

- Impacte econòmic directe.

La inversió directa de 930.000 euros suposarà facilitats en l'adquisició dels bens d'equip i materials requerits per a la construcció de la planta

Instal·lació de descàrrega i emmagatzematge de GNL i subministrament de GN a partir de la mateixa.

- Efecte social.

Una vegada la planta en marxa, es requeriran un total de 20 treballadors (Enginyer de Procés, Cap de Planta i Treballadors a torn); fet que farà una aportació beneficiosa per reduir la taxa d'atur. La repercussió de la instal·lació de la Planta Satèl·lit de GNL serà positiva i generadora de llocs de treball.

- Efecte d'activitats industrials.

Es produirà una generació indirecta de llocs de treball per un col·lectiu de persones. Afectarà a petits tallers de manteniment, magatzems de material, transportistes, etc.

6.3 Consums d'energia i de recursos naturals.

La planta exerceix en un terreny plenament industrial en el qual son presents les energies necessàries.

- Consum d'energia.

Es capta aigua de la present en el Polígon per:

- ús domèstic.
- circuit d'aigua del regasificador.

S'utilitza també energia elèctrica per l'enllumenat de la planta.

- Recursos Naturals.

Els recursos naturals de la zona no són explotats. Però, cal remarcar que els factors climàtics, com la baixa humitat i l'acció del vent, afavoreixen el treball del regasificador.

6.4 Contribució a l'Efecte Hivernacle.

L'objectiu final de la planta és alimentar les calderes de la Central Tèrmica d'Andorra amb Gas Natural. Les quals, eren alimentades amb carbó.

El fet de substituir el combustible per Gas Natural comporta efectes positius per a la reducció de l'efecte hivernacle. Cal destacar que el gas natural és un combustible que afavoreix el desenvolupament sostenible. Aquest és el combustible fòssil més respectuós amb l'ambient, ja que és el que té menys contingut de diòxid de carboni.

El gas natural emet entre el 25 i 30% menys CO₂ que el petroli i els seus derivats i entre el 40 i 50% menys que el carbó, menys òxid nitrós que els altres combustibles i pràcticament gens de sofre, partícules metàl·liques i compostos orgànics.

Aquest conjunt de característiques li permeten contribuir en menor grau en l'efecte hivernacle.

Durant l'operació de la planta en condicions normals les emissions a l'atmosfera que puguin contribuir en l'efecte hivernacle; són les següents:

- El CO₂ emès per les calderes que escalfen el circuit d'aigua del regasificador. Cal dir, que el combustible utilitzat per aquestes és gas natural.
- Els gasos contaminants emesos per els camions cisterna que proveeixen la planta amb GNL.

6.5 Conclusions.

En condicions de treball normals, es defineix com una planta sostenible i d'incidència pràcticament nul·la sobre el Medi Ambient. Les condicions d'operació anormals o atípiques seran l'impacte ambiental més destacat. La planta permet el desenvolupament econòmic i social sense comprometre el Medi Ambient.

El disseny general de la planta, de la seva operació i el transport de la matèria prima s'ha dissenyat i previst aplicant la normativa més exigent de seguretat.

6.6 Manual de sistemas de gestió del Medi Ambient ISO 14001

Organitzacions de tot tipus cada cop estan més interessades en aconseguir i demostrar un sòlid desenvolupament ambiental mitjançant el control dels impactes de les seves activitats, productes i serveis sobre el Medi Ambient, d'acord amb la seva política i objectius ambientals. Ho fan en un context de legislació cada cop més exigent i en un augment de la preocupació per temes ambientals, inclòs el desenvolupament sostenible.

Actualment, moltes organitzacions han emprès revisions i auditories ambientals per avaluar el seu desenvolupament ambiental. Aquestes, per ser eficients necessiten estar desenvolupades dintre d'un sistema de gestió ambiental integrat en l'organització.

L'èxit en la implantació de la gestió ambiental en una organització requereix de dos factors imprescindibles. Primer, el compromís de tot el personal de l'organització, de nivell més alt i, segon, disposar d'un sistema de gestió ambiental (SGA), com és el cas, la norma ISO 14001.

La Norma ISO 14001 és una norma internacional que especifica els requisits per un sistema de gestió ambiental que li permeti a la organització desenvolupar i implantar una política i uns objectius que tinguin en compte els requisits legals i la informació sobre els aspectes ambientals significatius. És aplicable en tot tipus i dimensió d'organitzacions i per ajustar-se a diverses organitzacions geogràfiques, culturals i socials.

La base d'aquesta visió es mostra en la figura 6.6.1. L'èxit del sistema depèn del compromís en tots els nivells i funcions de la organització.

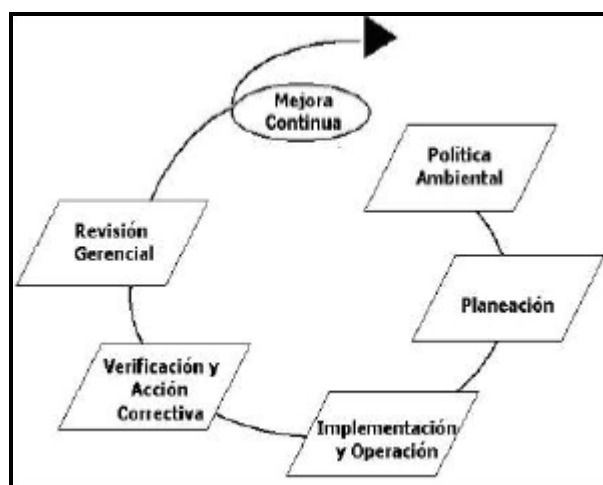


Figura 6.6.1. Model del Sistema de Gestió Ambiental basat en la norma ISO 14001

Un sistema d'aquest tipus permet a l'organització desenvolupar una política ambiental, establir objectius i procediments per aconseguir els compromisos de la política, prendre les accions necessàries per millorar el seu rendiment i demostrar la conformitat del sistema amb els requisits d'aquesta norma.

Beneficis d'implantar un Sistema de Gestió Ambiental

L'objectiu global d'aquesta norma es donar suport a la protecció ambiental i a la prevenció de la contaminació en equilibri amb les necessitats socioeconòmiques.

- L'oportunitat clara de lideratge en el camp en el qual opera l'empresa, millorant la seva imatge corporativa i les relacions amb l'entorn de l'empresa. Pel contrari, una publicitat adversa per un mal desenvolupament ambiental pot ser molt perjudicial
- Una bona gestió ambiental pot identificar oportunitats d'estalvi; millorant l'eficiència en el consum de matèries primes i energia i de mesures per a la minimització de residus.
- Un bon desenvolupament ambiental pot ser un factor clau en el posicionament d'una organització en el mercat i donar-li un avantatge competitiu real.
- La reducció de pràctiques il·legals i les sancions conseqüents, la qual cosa també comporta un avantatge competitiu.

7 MANTENIMENT DE LES INSTAL·LACIONS.

S'entén per manteniment el conjunt de tècniques i sistemes que permeten que les instal·lacions funcionin donant les prestacions per a les que foren dissenyades amb la màxima disponibilitat, la màxima fiabilitat i la màxima seguretat per a les persones, instal·lacions i entorn amb un mínim cost econòmic.

La planta s'ha de dissenyar en general per una vida operativa llarga. Les instal·lacions s'han de sotmetre a les operacions de control i manteniment que indiqui el fabricant dels equips i components. S'hauran d'efectuar periòdicament les comprovacions i verificacions necessàries per conèixer en tot moment l'estat de la instal·lació.

Cal destacar, que tots els equips de la planta i els accessoris han de tenir un fàcil accés i fàcilment desmuntables.

El titular, usuari o personal encarregat de la instal·lació haurà de conèixer el funcionament d'aquesta, i manejar correctament els equips de seguretat. A tal efecte, existirà en un lloc visible un esquema de la instal·lació i de les instruccions per al seu maneig.

Els objectius marcats respecte al manteniment de la planta són els següents:

- Reduir la probabilitat de fallades que pugin afectar la Seguretat del Procés.
- Augment de la fiabilitat i disponibilitat de les instal·lacions i equips.
- Reducció de costos de manteniment.

D'aquesta forma es pretén aconseguir que la instal·lació es mantingui en bones condicions durant el període de funcionament, la qual cosa permetrà una vida operativa més llarga.

En primer lloc, s'elabora una llista de les operacions principals de manteniment: Tots els aparells a pressió hauran de ser provats i inspeccionats en el seu lloc d'emplaçament d'acord amb la Normativa MIE-AP15.

- Tancs criogènics d'emmagatzematge.

Taula 7.1. *Descripció prova estanqueïtat en el tanc d'emmagatzematge.*

Prova d'estanqueïtat	
Moment de realització	Posada en marxa
Recursos Materials	Nitrogen
Personal Necessari	2 operaris
Durada	Almenys 24h

Taula 7.2. *Descripció posada en fred en el tanc d'emmagatzematge i circuit criogènic.*

Posada en fred del dipòsit i del circuit criogènic	
Moment realització	Abans d'efectuar la primera càrrega de GNL a la instal·lació
Recursos Materials	Nitrogen Líquid
Personal Necessari	2 operaris
Durada	30 min

Taula 7.3. *Descripció mesura de buit en el tanc d'emmagatzematge.*

Mesura de buit	
Moment realització	Posada en marxa
Recursos Materials	-
Personal Necessari	2 operaris
Durada	1h

- La instal·lació.

Taula 7.4. *Descripció prova comprovació sistemes de seguretat.*

Prova comprovació Sistemes Seguretat	
Moment realització	Posada en marxa
Recursos Materials	-
Personal Necessari	2 operaris
Durada	1-2 h

Taula 7.5. *Descripció proves hidràuliques en punts de venteig i buidatge.*

Proves hidràuliques en punts de venteig i buidatge	
Moment realització	Posada en marxa
Recursos Materials	-
Personal Necessari	2 operaris
Durada	2h

- Vàlvules.

Mensualment, és comprovaran les vàlvules manuals (la seva obertura i tancament) i s'engreixarà del seu eix. De la mateixa forma, es portarà un control continu sobre la resta de vàlvules automàtiques de la planta.

- Canonades.

S'aplicarà un manteniment preventiu per evitar possibles fuites. de GNL. Es farà una revisió de les línies mitjançant sensors d'ultrasons; i cada 5 anys es farà una revisió amb Rajos X.

- Instrumentació.

Anualment, es faran revisions i calibratges a tots els aparells de mesura dels quals disposa la planta, tant en camp com en panel.

A més, s'hauran de dur a terme les proves periòdiques que s'indiquen en la Taula 7.6.

Taula 7.6. *Descripció proves periòdiques a realitzar.*

Proves periòdiques	
Comprovació documentació equips a pressió	Cada any
Comprovació visual parts sotmeses a pressió	Cada any
Repetició proves de la posada en marxa	5 anys
Prova de pressió pneumàtica al tanc d'emmagatzematge	15 anys

Amb el resultat d'aquestes proves l'Òrgan Territorial competent de l'Administració Pública entregarà un certificat de que la inspecció periòdica s'ha efectuat amb resultat satisfactori, el qual estarà en poder del titular a disposició de la companyia subministradora de GNL.

En cas que la revisió hagi posat de manifest l'existència d'un risc imminent de danys a persones o bens, el servei de conservació del titular, l'instal·lador o l'entitat col·laboradora ho posaran immediatament en coneixement de l'Òrgan Territorial competent de l'Administració Pública.

8 MANUAL D'OPERACIÓ.

8.1 Definicions

Prova de comprovació dels sistemes de seguretat: Es comprovarà que la tarada de les vàlvules de seguretat sigui la correcta.

Mesura de buit: Aquesta prova es realitza per tal d'assegurar-se que no hi hagi conducció o convecció amb l'exterior.

Prova d'estanqueïtat: Aquesta prova s'utilitza per comprovar que no hi hagi cap pèrdua en la instal·lació, es realitzarà mitjançant nitrogen. La durada d'aquesta prova serà la necessària per comprovar que no hi ha existència de fugues, però mai inferior a 6 hores.

Prova pneumàtica: Es fa per evitar introduir humitat al dipòsit, s'ha de fer a una pressió de 1,1 vegades la pressió màxima de treball. La pressió de prova s'haurà d'aconseguir gradualment, obtenint en un primer moment una pressió del 50% de la final, després es te que augmentar en etapes del 10% fins arribar a la final, un cop aconseguida es disminueix fins a 4/5 de dita pressió final.

8.2 Posada en marxa

Durant aquest procés és necessari que hi sigui present un representant de la Delegació d'Indústria.

En primer lloc, la instal·lació ha de ser sotmesa a una prova de comprovació dels sistemes de seguretat amb les vàlvules de seguretat precintades.

Com que a la instal·lació es troben dipòsits amb aïllament al buit, es realitza una mesura de buit en comptes de la prova d'estanqueïtat. Si aquesta mesura es inferior a 0,60 mbar es pot donar com a una prova vàlida, en cas contrari s'haurà de realitzar la prova d'estanqueïtat.

En aquest punt és molt probable que es detectin fallades, per tant, hauran de ser a prop tècnics especialistes i els operadors de planta.

Per iniciar aquest procés, hauran d'estar disponibles tots els serveis, com per exemple, l'aigua per les calderes.

Per prevenir possibles fugues, es revisaran totes les vàlvules, brides, equips auxiliars, purgues, etc. Un cop realitzades aquestes proves i comprovacions amb resultat satisfactori, ja es pot posar en marxa la planta:

- Es procedeix a la descàrrega del camió cisterna, pressurant-la a l'hora que les mànegues mitjançant el vaporitzador atmosfèric de la zona de descàrrega.
- Un cop el camió assoleix 6 bar s'obre la vàlvula VM-103 i VO/O-103 que fa que es comenci a descarregar.
- En cap moment es carregaran els dos tancs a l'hora, es començarà amb la carrega del tanc 1, per tant, la vàlvula d'entrada a aquest ha d'estar oberta.
- Fins que la descàrrega de la cisterna no hagi estat completa no es procedirà a la descàrrega del tanc cap al procés.
- Un cop finalitzada la descàrrega del camió, es procedeix a despressuritzar les mànegues mitjançant les vàlvules criogèniques de purga.
- Ja es pot començar la descàrrega del tanc cap al procés.
- Aquest tanc es descarregarà $\frac{1}{4}$ de la seva capacitat per la diferència de pressió amb la canonada de sortida.
- Quan la pressió dins d'aquest baixi, actuarà el controlador de pressió obrint les vàlvules d'entrada i sortida del vaporitzador atmosfèric per tal de fer-la pujar i descarregar-lo així pel mètode de diferència de pressions.
- El GNL s'envia cap als intercanviadors de tub i carcassa on es produeix un canvi de fase fins a una temperatura determinada.
- Tot seguit es troba el regulador de pressió que actua reduint-la on ja es trobarà en les condicions requerides per poder subministrar el gas natural, però per motius de seguretat s'afegirà odoritzant per poder-lo detectar en cas que hi hagués una fuga.

8.3 Proves periòdiques

Un cop a l'any hi haurà una comprovació de la documentació dels equips a pressió i una completa comprovació visual de les parts sotmeses a pressió.

Cada 5 anys es repetiran les mateixes proves que en la posada en marxa realitzades per un organisme de control.

Cada 15 anys es realitzarà una prova de pressió pneumàtica a una pressió de 1,1 vegades la pressió màxima de treball, aquesta prova es podrà realitzar amb el producte contingut i la realitzarà un organisme de control assistit per un especialista criogènic.

Aquestes proves seran realitzades per l'instal·lador del equip. Amb els resultats se'ns farà arribar un certificat on ens informarà que la inspecció periòdica ha estat efectuada amb resultat satisfactori.

En cas que la instal·lació no rebi cap càrrega de GNL durant el període d'un any, el titular de la planta deurà procedir a l' inertitzat, mitjançant nitrogen, de la mateixa. Aquest procediment deurà ser realitzat per l'empresa que realitza el manteniment de la planta i supervisat per un organisme de control qui certificarà que la operació s'ha realitzat amb èxit.

8.4 Funcionament en estat estacionari

La planta regasificadora de gas natural líquid està formada per un equip de treballadors. Hi ha 5 treballadors, dels quals hi haurà un panelista, dos encarregats de la zona de descàrrega, un de la zona d'emmagatzematge i un altre de la zona de canvi de fase, encara que tots han de saber sobre el funcionament general de la planta.

Aquesta instal·lació funcionarà rebent el producte en fase líquida, passant-lo a gas i enviant-lo a les calderes d'una central tèrmica.

En cas que hi hagi una fallada en algun punt de la planta, el panelista serà el que la localitzi i la identifiqui i qui primer actuarà sobre el problema tancant o obrint les vàlvules necessàries en cas que aquestes es puguin manipular des de la sala de control, tot seguit avisarà a l'operari encarregat de la zona i als operaris de manteniment de la instal·lació juntament amb els responsables de la planta.

9 ESTUDI ECONÒMIC.

L'estudi econòmic està basat en les guies corresponents a estimació de costos i avaluació econòmica que es presenta a l'Annex A.5.

9.1 Compte de resultats.

9.1.1 Avaluació d'entrades.

Les entrades de capital del projecte són degudes al subministrament de Gas Natural a la Central Tèrmica d'Andorra.

Taula 9.1.1.1. *Ingrés per venda de GN.*

GN subministrat (m³/any)	Preu mitjà venda (€/m³)	Ingressos per GN (€/any)
4.800.000	0,9	4.320.000

9.1.2 Avaluació de sortides.

Les sortides de capital o despeses provenen de les matèries primeres, serveis necessaris de planta, costos de manteniment, mà d'obra, etc.

Les despeses es poden distingir entre fixes i variables; aquestes últimes depenen de la capacitat de producció mentre que les fixes no varien.

Taula 9.1.2.1. *Despeses degut a la producció de GN.*

Despesa	Tipus	Cost anual (€/any)
Operaris de planta (20)	Fix	700.000
Manteniment	Fix	28.947
Matèria Primera	Variable	915.000
Aigua desmineralitzada	Variable	43.656
Fuel/Gas	Variable	6.240

9.2 Avaluació global de la inversió.

9.2.1 Establiment de paràmetres financers.

El cost del capital s'ha determinat mitjançant el mètode del cost de compra. Aquest mètode dóna un marge d'error pel cost del capital, per alta, baixa i mitjana estimació.

Taula 9.2.1.1. Cost instal·lació segons marge d'error.

Cost del Capital Baix (-6%)	Cost del capital Probable	Cost del Capital Alt (6%)
179.950 €	199.960 €	219.960 €

9.2.2 Rendibilitat de la inversió.

S'avalua de forma global el projecte mitjançant sistemes de representació gràfica.

9.2.2.1 Mètode Payback.

Aquest mètode es basa en determinar el temps en que es trigaria a recuperar la inversió.

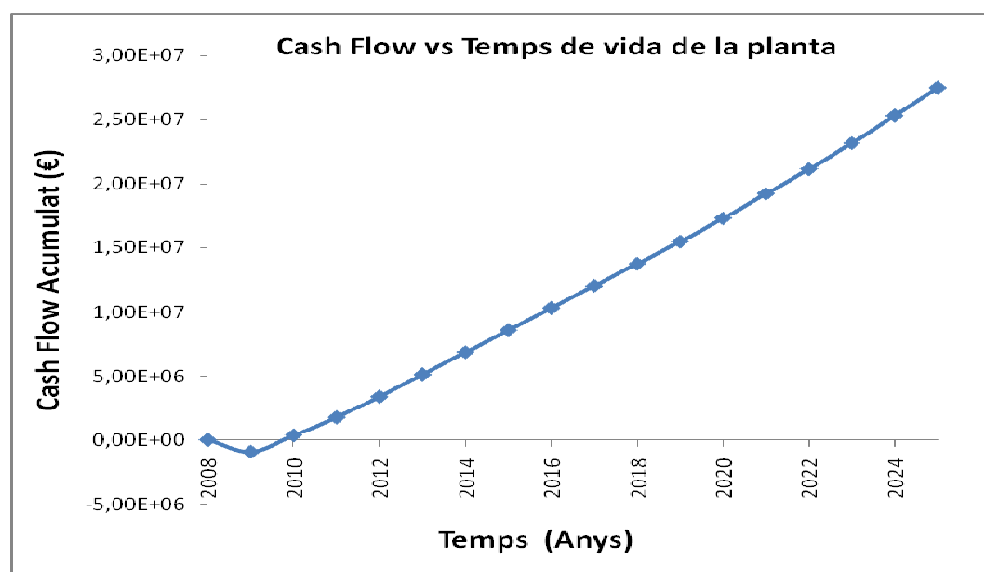


Figura 9.2.2.1.1. Cash flow vs Temps de vida de la planta.

Tal com s'observa en la figura 9.2.2.1.1, en aquest cas tan sols es necessita un any per recuperar la inversió inicial.

9.2.2.2 Anàlisi de sensibilitat.

- Anàlisi VAN per diferents costos d'oportunitat.

S'analitza el VAN per a diferents costos d'oportunitat, valor que varia segons el risc assumit, el tipus d'interès general i la situació econòmica del moment.

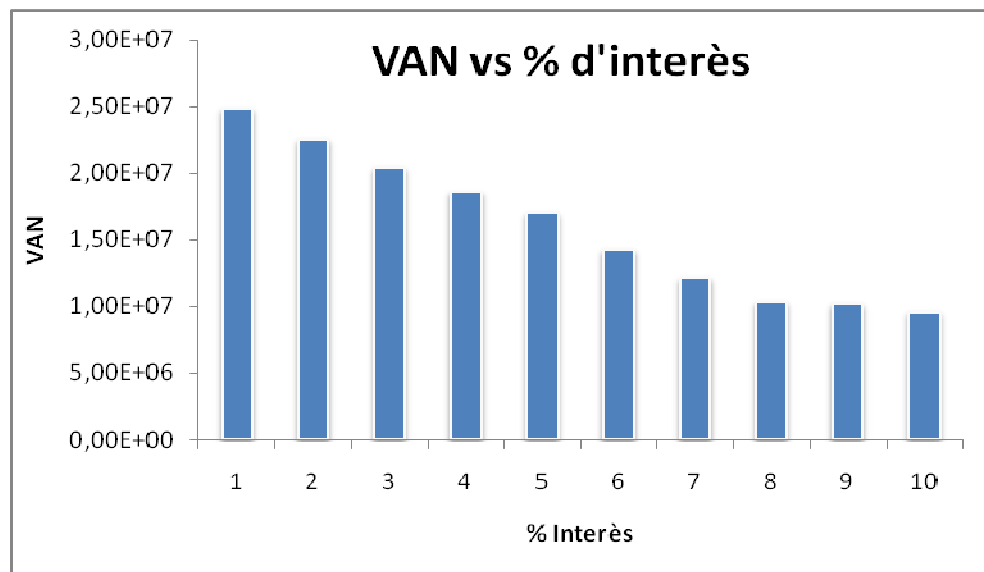


Figura 9.2.2.2.1. VAN vs diferents % interès.

El VAN d'un projecte és el que s'obté quan la suma dels valors actuals de totes les despeses es resta de la suma dels valors actuals de tots els ingressos; el VAN depèn del nombre d'anys i del interès.

- Anàlisi preus de la matèria

S'estudia també la sensibilitat en el cas que augmenti el preu de compra del GNL (matèria primera) un 10% i en el cas que disminueixi el preu de venda de GN (producte) un 10%.

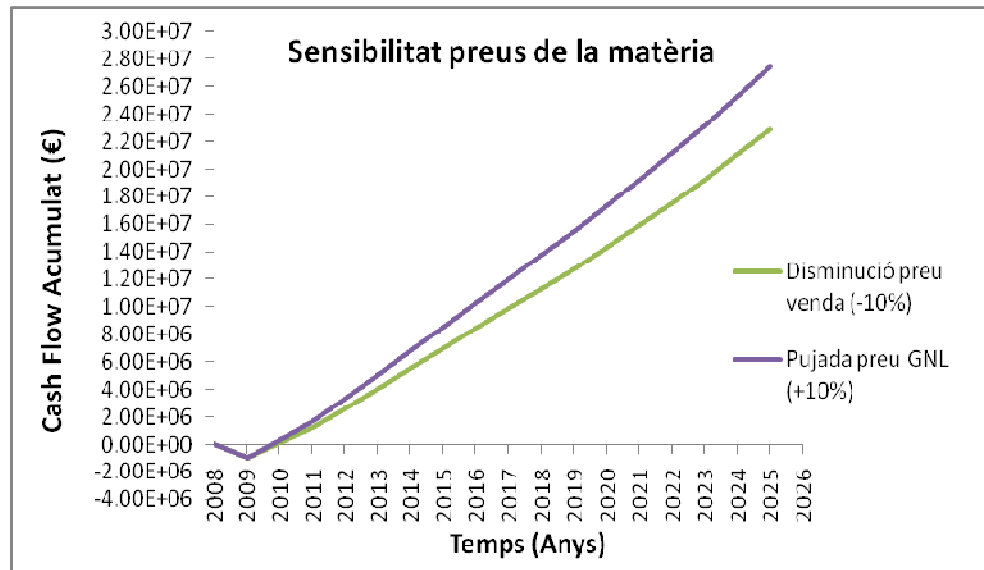


Figura 9.2.2.2.2. Sensibilitat en el preu de la matèria primera i producte.

Tal com es pot veure el la figura 9.2.2.2.2., una disminució del preu de venda del GN provocaria una disminució del Cash Flow Acumulat, mentre que una pujada del preu de venda del GNL l'augmentaria.

- Anàlisi preu instal·lació.

Alhora, s'avalua la sensibilitat en el cas que el cost del capital disminueixi o augmenti ($\pm 6\%$).

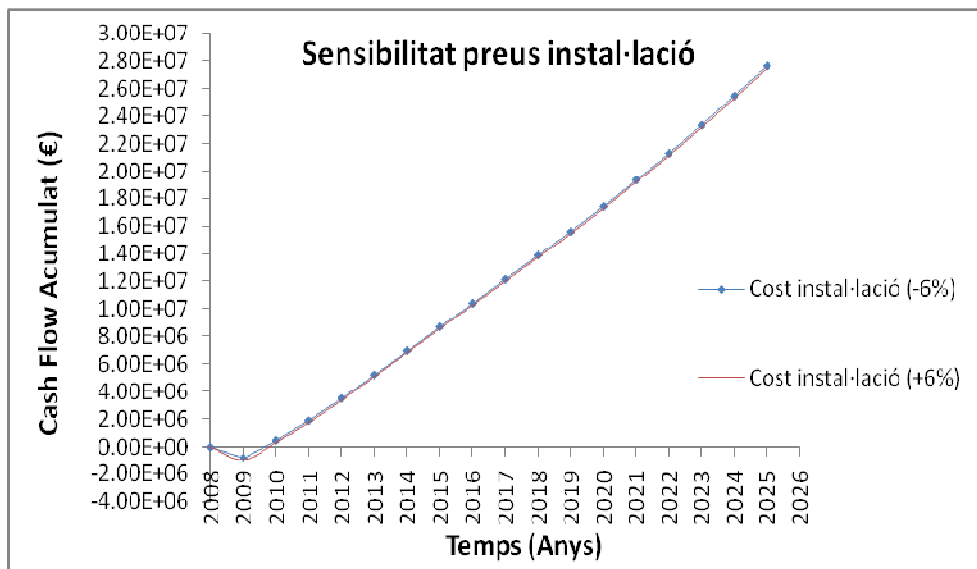


Figura 9.2.2.2.3. Sensibilitat en el preu de la instal·lació.

En la Figura 9.2.2.2.3 s'aprecia que no hi ha gaire sensibilitat en la variació del preu de la instal·lació en el cas d'un 6% menys i un 6% més.

9.2.2.3 Conclusions.

Tal com s'ha estudiat la viabilitat de la planta, tenint en compte els factors positius i negatius que l'envolten, s'aprecia que es una que retorna la inversió en poc més d'un any.

Al llarg de la seva vida útil, la instal·lació continua donant beneficis, encara que depèn del preu variable del GN.

10 BIBLIOGRAFIA.

- [1] Mott, Robert.L.Mecánica de fluidos Aplicada 4a Edición. Prentice Hall.1996.México
- [2] R.Farr, James i H.Jawad, Maan Guidebook for the design of ASME section VIII Pressure Vessels.ASME Press. 1998.New York.
- [3] Incropera, Frank.P i DeWitt, David.P. Fundamentals of Heat and mass transfer.4th Edition. John Wiley&Sons, INC.1996.NewYork.
- [4] de Andres ,J.A. ,Pomatta, R., Aroca Lastra,S. i Gándara García,M. Instalaciones de combustibles gaseosos. A.Madrid Vicente ediciones. 1997.Madrid.
- [5] Perry,Robert.H. i Green, Don.W. Perry's Chemical Engineers Handbook. 7th Edition.MacGraw-Hill.1997.Norte America
- [6] Dyer E. Carroll, Jr. The ASME Code Simplified Power Boilers. MacGraw-Hill.1997.Nort America
- [7] Smith, Peter. i Zappe, R.W. Valve Selection Handbook. 5th Edition.Elsevier.2004.USA.
- [8] Dow Chemical. Dow's fire and explosion index Hazard classification guide. 7th Edition. Alche.1994.New York.
- [9] Felder and Rousseau.Principios elementales de los procesos químicos.3a Edición.Limusa Wiley.2004.México.
- [10]Moss, Dennis.R. Pressure Vessel Design Manual.2nd Edition. Mechanical Engineers.1997.Texas.

Pàgines Web

www.indox.es

www.saggas.com

www.gascan.es

<http://www.molgas.es/index.php>

A.1. PROPIETATS DEL GAS NATURAL

El gas natural és una font d'energia formada per una barreja de gasos dels que segons on han estat extrets varia la seva composició. Esta format principalment per metà i normalment també conté altres gasos com nitrogen, età, diòxid de carboni, etc. (ref.5)

A.1.1. Propietats físiques i composició

- Composició en percentatge de volum:

Taula A.1.1.1. *Composició GN per percentatge de volum.*

	Rang	
	Baix	Alt
Metà	86,3	95,2
Età	2,50	8,10
Propà	0,60	2,80
Butà	0,13	0,66
Pentà	0,00	0,44
Hexà i altres	0,00	0,09
CO ₂	0,00	1,10
Nitrogen	0,31	2,47
Heli	0,01	0,06

- Punt d'ebullició normal: -162 °C
- Punt de fusió: -182 °C
- Temperatura crítica: -82 °C
- Temperatura d'auto ignició: 640 °C
- Capacitat calorífica (Cp) a 15°C: 39,44 MJ/m³
- Calor de vaporització: 232 MJ/m³
- Densitat relativa del líquid (respecte l'aigua): 0,448
- Densitat relativa del gas (respecte l'aire): 0,614
- Viscositat cinemàtica (ν) a -162 °C: 0,25 cSt

A.1.2. Propietats de combustió.

- Límit inferior de inflamabilitat: 5 %
- Límit superior d'inflamabilitat: 15 %

A.1.3. Perillositat.

- Molt difícil de detectar en cas que no hi hagi odoritzant.
- En contacte amb l'aire humit forma boires fins que es calenta, degut a que el líquid és molt fred i s'evapora ràpidament.
- Al trobar-se en contacte amb l'aire dona lloc a barreges explosives.
- Si es calenta el recipient que conté gas natural, aquest té un augment de pressió i, per tant, hi ha perill d'explosió.
- Pot actuar com asfixiant sense cap tipus de símptoma previ.
- El líquid ocasiona greus danys als ulls i congelació de la pell.

A.2. BALANÇOS

A.2.1. Balanç de matèria

Per fer el balanç de matèria s'ha fet mitjançant càlculs a partir del cabal volumètric del procés.

Primer de tot s'ha fet una taula separant les corrents principals del procés, les quals es mostren al PFD. Aquest balanç s'ha fet amb els diferents components del gas natural, el metà, l'età i el propà i amb el percentatge de corresponent. Tenint en compte el cabal volumètric s'ha trobat el cabal màssic de cada corrent, aquest valor s'ha calculat a partir de la densitat del fluid i del percentatge de cada component. S'ha de vigilar que durant les corrents del procés el fluid canvia d'estat, per tant la densitat per al líquid o per al gas serà diferent.

Taula A.2.1.1. *Característiques dels components del gas natural*

Component	Fórmula	Pes molecular	%	Densitat -165°C (kg/m3)	Densitat 18°C (kg/m3)
meta	CH4	16	0,928	427	0,68
eta	C2H6	30	0,053	582	1,25
propa	C3H8	44	0,019	595	1,84

Un cop trobat el cabal màssic es pot comprovar que el cabal de les corrents 2, 3 i 4 són els mateixos. Això és degut a que el procés no té cap reacció per tant tota la matèria que entra és la mateixa que surt. Però en la corrent 1 el cabal és diferent ja que en aquesta només hi passa cabal durant un temps determinat, en el moment de la descàrrega dels camions, que s'efectuarà cada 3 o 4 dies. Això ens indica que es tracta d'un procés discontinu fins ha arribar als tancs.

A.2.2. Balanç d'energia

Amb la fórmula que es mostra a continuació s'ha calculat el balanç d'energia.

$$A = E - S + Q$$

[Eq. A.2.2.1.]

Tal com s'ha dit abans l'acumulació és zero, per tant l'equació anterior queda de la següent manera:

$$Q = S - E \quad [\text{Eq. A.2.2.2}]$$

I a partir d'aquesta equació es podrà començar a processar amb el càlcul del balanç, que tot seguit s'explicarà el procediment.

Per calcular la calor intercanviada de les corrents principals, s'ha de trobar la calor de cada línia, aquesta es farà mitjançant el cabal, la capacitat calorífica, l'entalpia de vaporització i les temperatures necessàries. La diferència de calor entra una línia i una altra serà la calor intercanviada. Si durant dues corrents el fluid es manté a la mateixa temperatura, estat, i cabal, la calor entre aquestes dues serà la mateixa, per tant no hi haurà calor intercanviada.

Seguidament es mostra una taula amb els valors principals i necessaris per el càlcul del balanç d'energia.

Taula.A.2.2.1. *Propietats principals.*

Paràmetres	Metà	Età	Propà
Cp (kJ/mol·k) a 108K	0,260	0,280	0,330
Cp (kJ/mol·K) a 291K	5,460	4,720	3,900
ΔH_{vap} (J/mol)	8,179	14,72	18,77
Temperatura de vaporització (°C)	-161,5	-88,60	-42,07

Per l'obtenció de la calor de cada corrent es calcularà amb la següent fórmula:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad [\text{Eq.A.2.2.3.}]$$

Amb el cabal màssic de la línia, la Cp del fluid que passa i la diferència de temperatura es podrà calcular la calor de cada corrent. Com que el fluid que passa per les canonades canvia d'estat, per tant passa de líquid a gas, la fórmula per aquest càlcul serà més complexa, a més a més se li haurà de sumar la calor de vaporització de cada component.

$$Q = m \cdot \int_{T_1}^{T_{vap}} C_p dT + \Delta H_{vap} + \int_{T_{vap}}^{T_2} C_p dT \quad [\text{Eq. A.2.2.4.}]$$

El gas natural està compost per metà, età i propà, els percentatges d'aquests en la seva composició es tindran en compte.

Per el corrent 1 i 2 es farà el càlcul de la calor de la línia amb la capacitat calorífica, i la temperatura de 100K, que és la temperatura de referència, fins a 108K, que és la temperatura a la qual es troba el GNL dins les canonades. Després es multiplicarà aquesta calor de cada component per el cabal corresponent amb la fórmula, usant la [Eq.A.2.2.3]; i es sumaran les calors de cada component per saber la calor total de la línia.

Per la corrent 3 i 4 es calcularà primer la capacitat calorífica del líquid des de la temperatura de referència de 100K fins a la del seu punt d'ebullició, s'ha de tenir en compte que cada component té el seu punt en temperatures diferents. Una vegada aquí, se li sumarà a aquesta la calor de vaporització. I després se li sumarà un altre cop la Cp del Gas natural. Per el càlcul d'aquesta Cp s'haurà de fer l'integral des de la temperatura d'ebullició fins a la de 291K, que serà la temperatura necessària que es troba el gas al sortir de la planta, per poder-lo enviar al es calderes. En aquest punt es fa una integral perquè la Cp del gas és més complexa. Després de sumar els valors calculats, la Cp del GNL, l'entalpia de vaporització i la Cp del GN, es multiplicaran per el cabal. Finalment es farà la suma de tots els components. Així s'obtindrà la calor de la corrent tres i quatre, que ha generat un canvi de fase. Per aquest càlcul s'ha fet servir la fórmula [Eq. A.2.2.4.].

Seguidament es mostra la taula de resultats on es pot veure la calor intercanviada de cada corrent.

Taula.A.2.2.2. Resultats del balanç d'energia

Corrent	Calor (KW)
1	1,60
2	0,032
3	1,77
4	1,77

A.3. DISSENY TANC.

En primer lloc, cal identificar les condicions de disseny del tanc. A continuació, es mostren els càlculs realitzats seguint el codi de disseny ASME pels dos tancs d'emmagatzematge. (ref.2; 6; 10)

Taula A.3.1. Dades de disseny dels tancs.

Dades de disseny del tanc	
Pressió de treball (bar)	5
Pressió màxima de treball (bar)	5,5
Pressió de disseny (bar)	7
Temperatura de disseny	-196°C

En primer lloc, es determina l'espessor del casc cilíndric, mitjançant l'equació A.3.1.

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P} + C.A \quad [\text{Eq.A.3.1.}]$$

On:

t= Espessor de la carcassa, in.

P = Pressió de disseny, psi.

R = Radi interior, in.

S = Estrés màxim permès pel material AISI 304L a -196°C, psi.

C.A = Suplement de corrosió, in.

$$t = \frac{94.11 \text{psi} \cdot 59,1 \text{in}}{(20000 \text{psi} \cdot 1) - (0,6 \cdot 94.11 \text{psi})} = 0,278 \text{in} = 0,007 \text{m}$$

$$t = 0,007 \text{m} + 0,002 \text{m} = 0,009 \text{m} = 9 \text{mm}$$

A continuació, es determina l'espessor dels caps semiesfèrics del tanc, mitjançant l'expressió A.3.2.

$$t = \frac{PR}{2SE - 0,2P} + C.A \quad [\text{Eq.A.3.2.}]$$

$$t = \frac{94.11 \text{ psi} \cdot 59.1 \text{ in}}{(2 \cdot 20000 \text{ psi} \cdot 1) - (0.2 \cdot 94.11 \text{ psi})} = 0.139 \text{ in} = 0.003 \text{ m}$$

$$t = 0.003 \text{ m} + 0.002 \text{ m} = 0.005 \text{ m} = 5 \text{ mm}$$

Es calcula l'estrès suportat per les parets del recipient interior, mitjançant l'equació A.3.3.

$$\sigma_x = \sigma_\phi = \frac{P \cdot (R_i + 2t)}{2Et} \quad [\text{Eq.A.3.3.}]$$

$$\phi_x = \phi_\phi = \frac{94.11 \text{ psi} \cdot (59.1 \text{ in} + 2 \cdot 0.27 \text{ in})}{2 \cdot 1 \cdot 0.27} = 10066 \text{ psi}$$

Alhora, amb l'equació A.3.4 es calcula la màxima pressió permesa en operació de treball normal, a la temperatura de disseny. Aquesta es la màxima pressió admesa en les condicions extremes de desgast del material.

$$P_W = \frac{S_{DT} \cdot E \cdot \epsilon_{SC}}{R_C + 6 \epsilon_{SC}} \quad [\text{Eq.A.3.4.}]$$

On:

S_{DT} = estrès permès a la temperatura de disseny, psi.

E = eficiència de la junta.

t_{sc} = espessor de la carcassa corroïda, in.

R_c = radi interior corroït, in.

$$P_W = \frac{20000 \text{ psi} \cdot 1 \cdot 0.27 \text{ in}}{59.1 \text{ in} + (6 \cdot 0.27 \text{ in})} = 91.8 \text{ psi} = 6.2 \text{ bar}$$

A més, el tanc s'haurà de sotmetre a criteris de disseny per tal d'evitar la seva fallada en cas que pugui sofrir alguna deformació plàstica excessiva o elàstica.

A.4. CÀLCULS PEL DISSENY D'UN BESCANVIADOR DE CALOR.

Seguidament, es mostren els càlculs realitzats per tal de poder aconseguir el disseny del regasificador de calor necessari a la planta. Per el disseny d'aquest s'ha fet servir el mètode de Kern. Aquest serà un model de tub i carcassa, el qual el gas natural passarà per la carcassa i l'aigua calenta passarà per els tubs. (ref.3)

Primer de tot es necessiten les propietats dels fluids, que són el Gas Natural compost per un 92,8% de metà, un 5,9% de età i un 1,9% de propà, i l'aigua que serà el fluid que es farà servir perquè el gas natural líquid agafi la temperatura desitjada. Les propietats necessàries són les que es mostren a la taula següent; per fer el disseny s'ha de tenir en compte que el Gas Natural passarà per la carcassa i que l'aigua circularà per els tubs. Tot i així per fer el càlcul d'aquest s'ha fet una simplificació. Ja que com que dins del regasificador es produeix el canvi de fase del gas natural líquid a gas natural i se n'haurien de dissenyar tres; un per el canvi de temperatura de gas natural líquid des de la temperatura d'entrada fins a del canvi de fase; un altre per el canvi de fase; i un tercer per el canvi de temperatura des de el canvi de fase fins a la temperatura de sortida d'aquest, d'uns 18°C.

Taula A. 4.1. *Propietats dels fluids*

Fluid	Ten (K)	Tsor (K)	ρ (kg/m³)	Cp (J/kg·K)	k (W/mK)	μ (Ns/m²)	Rf (m²) K/W	
GN	Metà	108	291	426,7	16640	0,0277	$9,5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-3}$
	Età	108	291	630,9	9520	0,0156	$7,9 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-3}$
	Propà	108	291	708,8	7512	0,0129	$6,9 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Aigua	363	303	1000	4180	0,58	$3,15 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	

- 1) Primer de tot es farà un balanç d' energia amb el gas natural, el qual sabem el cabal màssic, que correspon ha 0,12kg/s, la temperatura i la capacitat calorífica, així amb aquest paràmetres es trobarà la calor bescanviada del sistema. Després de tenir la calor es podrà calcular el cabal d'aigua necessari al bescanviador.

El calor es calcula amb la següent formula:

$$q = m_c \cdot Cp_c \cdot (T_{e,c} - T_{s,c}) = m_f \cdot Cp_f \cdot (T_{s,f} - T_{e,f}) \quad [\text{Eq.A.4.1.}]$$

$$q = 356 \text{ kW}$$

$$m_c = 0,12 \text{ kg/s}$$

$$T_{s,f} = 291 \text{ K}$$

$$T_{e,f} = 108 \text{ K}$$

Amb la mateixa formula de el calor es calcularà el cabal d'aigua necessari el qual serà el següent:

$$m = \frac{q}{Cp \cdot \Delta T} = \frac{356000 \text{ W}}{4180 \cdot (363 - 303)} = 1,42 \text{ kg/s} = 5,10 \text{ m}^3 / \text{h}$$

- 2) El segon pas correspon al càlcul de la variació de temperatura logarítmica, i després es tornarà a recalculer fent servir el factor de correcció.

$$\Delta T_{LM} = \frac{(T_{e,c} - T_{s,f}) - (T_{s,c} - T_{e,f})}{\ln\left(\frac{T_{e,c} - T_{s,f}}{T_{s,c} - T_{e,f}}\right)} = \frac{(363 - 291) - (303 - 108)}{\ln\left(\frac{363 - 291}{303 - 108}\right)} = 123 \text{ K} \quad [\text{Eq.A.4.2.}]$$

A partir de taules es troba el factor de correcció, que en aquest cas és de 0,95. A partir d'aquest factor es recalcula la variació de temperatura.

$$\Delta T_{LM} \text{ recalculada} = \Delta T_{LM} \cdot F = 123,5 \cdot 0,95 = 117,3 \text{ K} \quad [\text{Eq.A.4.3.}]$$

- 3) El pròxim pas correspon al càlcul de l'àrea d'intercanvi necessari, per això s'haurà de suposar un valor inicial del coeficient global de transferència de calor, en aquest cas es suposarà que és de $1300 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$$A = \frac{q}{U \cdot \Delta T} = \frac{356000 \text{ W}}{1300 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot 117,3 \text{ K}} = 2,4 \text{ m}^2 \quad [\text{Eq.A.4.4.}]$$

- 4) El següent pas és calcular el numero de tubs que necessita l'intercanviador. Per poder saber el nombre es necessitarà saber el tipus de tub que es vol utilitzar, amb el seu diàmetre, el diàmetre interior i la longitud del tub.

$$a' = \pi \cdot D = \pi \cdot 0,015875 = 0,0498m \quad [\text{Eq.A.4.5.}]$$

$$N_T = \frac{A}{L_T \cdot a'} = \frac{2,4m^2}{2m \cdot 0,0498m} = 23,4 \approx 24tubs \quad [\text{Eq.A.4.6.}]$$

5) Seguidament es selecciona una carcassa estàndard amb el número de tubs més pròxim al valor anterior, per poder així tornar a calcular l'àrea de l'intercanviador amb el valor tabulat.

$$A = N_T \cdot L_T \cdot a' = 24 \cdot 2m \cdot 0,0498m = 2,42m^2 \quad [\text{Eq.A.4.7.}]$$

6) A continuació es calcularà el coeficient de convecció per el costat dels tubs. Cal tenir en compte que es faran servir les propietats de l'aigua ja que és el fluid que passa per els tubs del regasificador.

Abans de trobar aquest valor s'hauran de fer alguns càlculs, cal calcular l'àrea de pas dels tubs amb les següents expressions:

$$a'' = \frac{\pi \cdot Di^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,01338)^2}{4} = 1,41 \cdot 10^{-4} m^2 \quad [\text{Eq.A.4.8.}]$$

$$a_{PT} = \frac{N_T \cdot a''}{n} = \frac{24 \cdot 1,4 \cdot 10^{-4}}{2} = 1,7 \cdot 10^{-3} m^2 \quad [\text{Eq.A.4.9.}]$$

Després es calcula la velocitat en que el fluid passa per l'interior dels tubs.

$$v = \frac{m}{\rho a_{PT}} = \frac{1,42kg/s}{100kg/m^3 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3} m^2} = 0,85m/s \quad [\text{Eq.A.4.10.}]$$

Juntament amb els valors de *Reynolds*, *Prandtl* i *Nusselt* es podrà trobar el valor de coeficient de convecció al costat del tubs.

$$Re = \frac{v \cdot Di \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,84m/s \cdot 13,38 \cdot 10^{-3} m \cdot 1000kg/m^3}{3,15 \cdot 10^{-4}} = 36000$$

[Eq.A.4.11.]

$$Pr = \frac{Cp \cdot \mu}{k} = \frac{4180 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 9,36 \cdot 10^{-6} \frac{N \cdot s}{m^2}}{0,58 \frac{W}{m \cdot K}} = 2,26 \quad [\text{Eq.A.4.12.}]$$

$$Nu = 0,027 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} \quad [\text{Eq.A.4.13.}]$$

$$Nu = 0,027 \cdot (36000)^{0,8} \cdot 2,26^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{9,36 \cdot 10^{-6}}{3,15 \cdot 10^{-4}} \right)^{0,14} = 210$$

Finalment s'obté el coeficient de convecció necessari per el càlcul.

$$h_i = \frac{Nu \cdot k}{D_i} = \frac{210 \cdot 0,58 \frac{W}{m \cdot K}}{0,01338} = 9100 W / m^2 \cdot K \quad [\text{Eq.A.4.14.}]$$

$$h_{io} = h_i \cdot \frac{D_i}{D_o} = 9100 \frac{0,01338}{0,01587} = 7700 W / m^2 \cdot K \quad [\text{Eq.A.4.15.}]$$

Per tant el coeficient global de convecció és de 7700 W/m²K per el costat del tubs.

7) Seguidament es calcularà la pèrdua de càrrega per el costat dels tubs.

Primer de tot s'haurà de calcular el coeficient de fricció.

$$f = (0,79 \cdot \ln Re - 1,64)^{-2} \quad [\text{Eq.A.4.16.}]$$

$$f = (0,79 \cdot \ln(36000) - 1,64)^{-2}$$

$$f = 0,022$$

A continuació la pèrdua de càrrega i després la pèrdua per els canvis de pas. S'ha de tenir en compte que a l'intercanviador que s'utilitza a la planta és de dos passos.

Per els tubs:

$$\Delta P_T = f \frac{L_T \cdot n}{D_i \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad [\text{Eq.A.4.17.}]$$

$$\Delta P_T = 0,022 \cdot \frac{(2 \cdot 2)}{0,01338 \cdot \left(\frac{9,36 \cdot 10^{-6}}{3,15 \cdot 10^{-4}} \right)^{0,14}} \cdot \frac{1000 \cdot (0,85)^2}{2} = 4000 Pa$$

Per el canvi de pas:

$$\Delta P_r = 4 \cdot n \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} = 4 \cdot 2 \cdot \frac{1000 \cdot 0,85^2}{2} = 2800 Pa \quad [\text{Eq.A.4.18.}]$$

Un cop calculades les pèrdues de càrrega, es calcula la total fent la suma de les anteriors.

$$\Delta P_{tubs} = \Delta P_T + \Delta P_r = 4000 + 2800 = 6800 Pa = 0,06 bar \quad [\text{Eq.A.4.19.}]$$

Amb aquesta expressió ja tenim la pèrdua de càrrega total per el costat dels tubs.

- 8) Tot seguit es calcula el coeficient de convecció de calor però per el costat de la carcassa. Per fer-ho també s'hauran de fer diferents càlculs com s'ha fet abans amb el coeficient del costat dels tubs.

Primer de tot s'haurà de fixar la separació entre deflectors.

$$B = \frac{DI}{Z} = \frac{0,3048}{3} = 0,102 m \quad [\text{Eq.A.4.20.}]$$

Seguidament es calcularà l'àrea de pas per carcassa amb les expressions següents:

$$c' = P_T - D = 0,0198 - 0,0158 = 0,0040 \quad [\text{Eq.A.4.21.}]$$

$$a_{pc} = \frac{DI \cdot c' \cdot B}{P_T} = \frac{0,3048 \cdot 0,0040 \cdot 0,102}{0,0198} = 0,0062 m^2 \quad [\text{Eq.A.4.22.}]$$

A continuació es calcula el diàmetre hidràulic.

$$D_H = \frac{4 \left(P_T^2 - \frac{\pi D^2}{4} \right)}{\pi D} \quad [\text{Eq.A.4.23.}]$$

$$D_H = \frac{4 \left(0,0198^2 - \frac{\pi \cdot 0,0158^2}{4} \right)}{\pi \cdot 0,0158} = 0,0157 m \quad [\text{Eq.A.4.24.}]$$

- 9) Després s'haurà de fer el càlcul de valors de la velocitat del fluid per la carcassa, Re , Pr , Nu per tal de poder obtenir el coeficient de convecció. S'ha de tenir en compte que el fluid que passa per la carcassa és el gas natural.

$$v = \frac{m}{\rho \cdot a_{pc}} = \frac{0,12}{448 \cdot 0,0062} = 0,5 m/s$$

$$Re = \frac{v \cdot D_H \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,5 \cdot 0,0157 \cdot 448}{9,36 \cdot 10^{-6}} = 3,84 \cdot 10^{+5}$$

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k} = \frac{16090 \cdot 9,36 \cdot 10^{-6}}{0,027} = 5,62$$

$$Nu = 0,36 \cdot Re^{0,55} \cdot Pr^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$Nu = 0,36 \cdot (3,84 \cdot 10^{+5})^{0,55} \cdot (5,62)^{1/3} \cdot \left(\frac{9,36 \cdot 10^{-6}}{3,15 \cdot 10^{-4}} \right)^{0,14} = 470$$

I tot seguit es mostra el coeficient de convecció del costat de la carcassa. Com que el gas natural dins de la carcassa canvia de fase s'haurà de fer servir la correlació següent:

$$h_{nb1} = 0,00417 P_c^{0,69} \cdot q^{1,0,7} \cdot Fp \quad [\text{Eq.A.4.25.}]$$

$$Fp = 1,8 \cdot \left(\frac{P}{P_c} \right)^{0,17} = 1,3 \quad [\text{Eq.A.4.26.}]$$

$$h_{\text{mb1}} = 0,00417 \cdot 46^{0,69} \cdot (15,25 \cdot 10^4)^{0,7} \cdot 1,8 = 91000 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

On la P_c és la pressió crítica de gas natural i la P la pressió que es treballa dins l'intercanviador.

10) Seguidament es farà el càlcul de la temperatura de la paret i el calor bescanviada d'aquesta.

$$T_w = t + \frac{h_o}{h_{io} + h_o} \cdot (T - t) \quad [\text{Eq.A.4.27.}]$$

$$T_w = 363 + \frac{91000}{7700 + 91000} \cdot (363 - 108) = 127 \text{ K}$$

$$q = h_{io} \cdot (t - T_w) = h_o \cdot (T_w - T) = 91000 \cdot (127 - 108) = 1800 \text{ kW} \quad [\text{Eq.A.4.28.}]$$

11) A continuació es farà el càlcul de la pèrdua de càrrega del costat de la carcassa amb la següent formula:

$$\Delta P_c = 4 \cdot f \cdot \frac{DI \cdot (N + 1)}{D_H \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad [\text{Eq.A.4.29.}]$$

$$\Delta P_c = 4 \cdot 0,035 \cdot \frac{(0,2034 \cdot 19,7)}{0,011 \cdot \left(\frac{9,36 \cdot 10^{-6}}{3,15 \cdot 10^{-4}}\right)^{0,14}} \cdot \frac{448 \cdot 0,5^2}{2} = 5600 \text{ Pa} = 0,05 \text{ bar}$$

El factor f es calcula mitjançant la següent formula:

$$f = \frac{0,5}{Re^{0,2}} = 0,035 \quad [\text{Eq.A.4.30.}]$$

Per tan la pèrdua de pressió total de la carcassa és de 0,05 bars.

12) Tot seguit es farà el càlcul del coeficient global net mitjançant l'expressió següent:

$$U_L = \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{(7700 \cdot 91000)}{(7700 + 91000)} = 7000 \text{ W/m}^2 \text{ K} \quad [\text{Eq.A.4.31.}]$$

13) El pas següent és fer el càlcul del coeficient global de servei de l'intercanviador.

$$\frac{1}{U_s} = \frac{1}{U_L} + R''_{f,c} + R''_{f,f} = \frac{1}{7000} + 0,001 + 0,0002 = 1,34 \cdot 10^{-3} \quad [\text{Eq.A.4.32.}]$$

$$U_s = 750 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

14) A continuació es fa el càlcul de l'àrea d'intercanvi requerida amb el valor del coeficient global de servei obtingut a l'apartat anterior.

$$A_r = \frac{q}{U_s \cdot \Delta T} = \frac{356000}{(750 \cdot (255))} = 1,9 \text{ m}^2$$

Finalment s'ha de comprovar que l'àrea disponible és més gran que l'àrea requerida.

$$A_d > A_r$$

$$2,4 \text{ m}^2 > 1,9 \text{ m}^2$$

Com que l'àrea requerida és més gran que la disponible el disseny de regasificador de la planta és el correcte.

A.5. CÀLCUL PER AL DISSENY DEL VAPORITZADOR ATMOSFÈRIC.

En aquesta unitat es mostren els càlculs realitzats pel dimensionament dels vaporitzadors atmosfèrics, per la zona de descàrrega i pels dos de la zona d'emmagatzematge.

Per tal de dissenyar-los, aquests es consideren vaporitzadors atmosfèrics de tubs en U, i per tots es segueix el mateix procediment. A continuació, s'explicaran conjuntament els passos seguits pel seu dimensionament, i s'adjuntarà una taula amb tots els resultats.

El primer pas, és realitzar un balanç de matèria amb el cabal màssic de GNL, per tal de trobar la calor bescanviada i el cabal d'aire necessari.

Taula A.5.1. Dades de les temperatures dels fluids.

	Fluid calent (Aire)	Fluid fred (GNL)
Temperatura entrada	15 °C	-165°C
Temperatura sortida	-10°C	-110°C

Amb l'expressió A.5.1. es calcula la calor bescanviada.

$$q = m_c \cdot Cp_c \cdot (T_{e,c} - T_{s,c}) = m_f \cdot Cp_f \cdot (T_{s,f} - T_{e,f}) \quad [\text{Eq.A.5.1.}]$$

El cabal d'aire necessari per bescanviar aquesta calor es calcularà amb l'equació A.5.2:

$$m = \frac{q}{Cp \cdot \Delta T} \quad [\text{Eq.A.5.2.}]$$

El segon pas, correspon al càlcul de la variació de temperatura logarítmica.

$$\Delta T_{LM} = \frac{(T_{e,c} - T_{s,f}) - (T_{s,c} - T_{e,f})}{\ln \left(\frac{T_{e,c} - T_{s,f}}{T_{s,c} - T_{e,f}} \right)} \quad [\text{Eq.A.5.3.}]$$

A continuació, es fa el càlcul de l'àrea d'intercanvi.

$$A = \frac{q}{U \cdot \Delta T} \quad [\text{Eq.A.5.4.}]$$

Seguidament, es seleccionen el diàmetre dels tubs que es troben tabulats.

Taula A.5.2. Dades geomètriques dels tubs.

Resultats geomètrics tubs	
Diàmetre tubs interior	0.01027
Diàmetre tub exterior	0.0127
Longitud tubs	2

A continuació, es calculen el nombre de tubs que seran necessaris en el bescanviador de calor mitjançant l'equació A.5.6.

$$a' = \pi \cdot D \quad [\text{Eq.A.5.5.}]$$

$$N_T = \frac{A}{L_T \cdot a'} \quad [\text{Eq.A.5.6.}]$$

Es recalcula l'àrea d'intercanvi del bescanviador, prèviament cal mirar el nombre de tubs tabulats que s'adeqüen més als nostres resultats.

$$A = N_T \cdot L_T \cdot a' \quad [\text{Eq.A.5.7.}]$$

El següent pas consisteix en el càlcul del coeficient de convecció en el costat dels tubs. Per tubs circula GNL, i a l'interior d'aquest te lloc el canvi de fase a GN. La transferència de calor es produeix per ebullició nucleada i per convecció forçada. Un dels mètodes per calcular aquest coeficient de convecció és el proposat per Chen. (ref.3)

Cal calcular l'àrea de pas per tubs, a partir de les següents equacions:

$$a'' = \frac{\pi \cdot Di^2}{4} \quad [\text{Eq.A.5.8.}]$$

$$a_{PT} = \frac{N_T \cdot a''}{n} \quad [\text{Eq.A.5.9.}]$$

Seguidament, es calcula la velocitat a la que circula el GNL a l'interior dels tubs.

$$v = \frac{m}{\rho a_{PT}} \quad [\text{Eq.A.5.10.}]$$

Juntament amb el Reynolds i el Prandtl per obtenir el coeficient de convecció.

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D_i \cdot \rho}{\mu} \quad [\text{Eq.A.5.11.}]$$

Amb aquest número de Reynolds podem veure que tenim un flux turbulent.

$$\text{Pr} = \frac{C_p \cdot \mu}{k} \quad [\text{Eq.A.5.12.}]$$

El mètode seguit per tal de calcular el coeficient de convecció proposat per Chen segueix l'equació A.5.13:

$$h_b = s \cdot h_{nb} + h_{cf} \quad [\text{Eq.A.5.13.}]$$

On:

s = factor de repressió o reducció

h_{nb} = coeficient en ebullició nucleada

h_{cf} = coeficient de convecció forçada

Per al càlcul del coeficient de convecció en ebullició nucleada (h_{nb}) es pot determinar a partir del flux de calor, amb l'equació A.5.14. Prèviament, cal calcular

$$h_{nb} = h_{nb1} \cdot F_C \quad [\text{Eq.A.5.14.}]$$

$$h_{nb1} = 0.00417 \cdot P_c^{0.69} \cdot q^{0.7} \cdot F_p \quad [\text{Eq.A.5.15.}]$$

On:

P_c = Pressió crítica del GNL, bar

q'' = unitat de transferència de calor per unitat de llargada, W/m^2

$$F_p = 1.8 \cdot \left(\frac{P}{P_c}\right)^{0.17} \quad [\text{Eq.A.5.16.}]$$

$$F_c = \frac{1}{1 + 0.023 q''^{0.45}} \quad [\text{Eq.A.5.17.}]$$

Amb tots aquests valors podem determinar el coeficient en ebullició forçada.

Per tal de determinar el factor de repressió o reducció (s) s'utilitza l'equació A.5.18:

$$s = \frac{1}{1 + 2.5 \cdot 10^{-6} \cdot Re_{cp}^{1.47}} \quad [\text{Eq.A.5.18.}]$$

Cal determinar també, el Reynolds del flux bifàsic, amb l'equació A.5.19; el Reynolds del flux laminar amb l'equació A.5.20.

Com tot es considera fase gasosa $F = 1$, amb aquest consideració $x = 0.1$.

$$Re_{cp} = Re_L \cdot F^{1.25} \quad [\text{Eq.A.5.19.}]$$

$$Re_L = \frac{m(1-x)}{\frac{\pi}{4} D_i \mu_L} \quad [\text{Eq.A.5.20.}]$$

Per al càlcul del coeficient de convecció forçada (h_c) s'usa l'equació A.5.21

$$h_c = 0.023 \cdot (Re_L)^{0.8} \cdot \left(\frac{C_p \eta}{k}\right)_L^{0.4} \cdot \frac{k_L}{D_i} \cdot F \quad [\text{Eq.A.5.21.}]$$

Finalment, es pot determinar el coeficient de convecció de l'equació A.5.13., substituint tots els valors calculats. Per determinar la calor transferida per les aletes presents en el tub, s'utilitza el coeficient de convecció calculat seguint el mètode de Chen.

En els tubs hi ha aletes que augmenten la superfície de transferència de calor. Aquestes aletes són rectangulars i d'alumini. Cal determinar el nombre d'aletes necessàries, la seva àrea de

transferència i la calor transferida per aquestes, mitjançant les equacions A.5.22., A.5.23 i A.5.24. En la taula A.5.3 es mostren els resultats obtinguts.

Taula A.5.3. Dades geomètriques de les aletes.

Resultats geomètrics aletes	
w (m)	2
t (m)	0.005
L(m)	0.01
S (m)	0.05

$$A_{aleta} = 2w(L + \frac{1}{2}t) \quad [\text{Eq.A.5.22.}]$$

$$n_{aletes} = \frac{w}{S+t} \quad [\text{Eq.A.5.23.}]$$

$$Q_{aleta} = \eta_{aleta}^j \cdot h \cdot A_{aleta} (T_b - T_{\infty}) \quad [\text{Eq.A.5.24.}]$$

Finalment, es pot determinar la calor total transferida pel vaporitzador atmosfèric, amb l'equació A.5.25. i la seva àrea total de transferència.

$$Q_{total} = Q_{tubs} + Q_{aletes} \quad [\text{Eq.A.5.25.}]$$

$$A_{total} = A_{tubs} + A_{aletes} \quad [\text{Eq.A.5.26.}]$$

Finalment, es calcula la pèrdua de càrrega associada al costat dels tubs.

$$\Delta P = N_L \cdot f \cdot X \cdot \frac{\rho \cdot V_{max}^2}{2} \quad [\text{Eq.A.5.27.}]$$

A continuació, en la taula A.5.4. es mostren els resultats de les equacions descrites, pel vaporitzador de la descàrrega i pels vaporitzadors de la zona d'emmagatzematge.

Cal destacar que en la memòria del treball, es troben els resultats més significatius del disseny dels vaporitzadors

Taula A.5.4. Resultats equacions descrites en el disseny.

	Vaporitzador zona descàrrega	Vaporitzadors zona emmagatzematge
Q_{tubs} (kW)	108.5	45.56
\dot{m}_{aire} (kg/s)	7.20	3.02
ΔT_{lm}	144.1	144.1
N tubs	32	16
$A_{\text{recalculada}}$ (m ²)	2.55	1.28
a_{pt} (m ²)	$1.33 \cdot 10^{-3}$	$6.63 \cdot 10^{-4}$
v_{tubs} (m/s)	0.20	0.17
Re	96680	81211
hb	10970	5485
hnb	116.2	103.1
hc	10967	5479
s	0.022	0.059
hnb1	129.4	114.6
F _c	0.90	0.90
F _p	1.27	1.27
q''	42484	35686
P _c	46	46
Re _{tp}	$1.55 \cdot 10^6$	$6.5 \cdot 10^5$
Re _L	$1.55 \cdot 10^6$	$6.5 \cdot 10^5$
N aletes	37	37
$\dot{\eta}_{\text{aletes}}$	0.9	0.9
Àrea aletes (m ²)	1.85	1.85
Q aletes (kW)	7.5	3.7
ΔP	$1.5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-5}$
A_{total} (m ²)	4.36	2.90
Q_{total} (kW)	116	49

A.6. AVALUACIÓ ECONÒMICA.

Taula A.6.1. *Estimació de costos.*

Estimat (EP)	Nº.Equips	Índexs de cost				Baix	Probable	Alt
131,000	9	1.44					188,640	
Coste equipo principal (CEP) M Euros			Estimat			169,776	188,640	207,504
Cost equips no llistat M Euros		PFC: Molt elaborat 2-10%	6%			10,187	11,318	12,450
		PFC: Preliminar 10-20%						
Equipo base (CEB) (sin catalitzadors)						179,963	199,958	219,954
Cost mitjà M Euros		11,318						
		Comentaris	Factores					
Muntatge equips bàsic		Mitjà	14	15	16	14	15	16
Cimentacions y estructures		Aleacions	4	5	6	4	5	6
Canonades		Alto petroq.	70	80	90	70	80	90
Aïllament (equips i canonades)		MitjàP.Quím.	28	30	32	28	30	32
Electricitat + Il·luminació		Líquids	13	14	15	13	14	15
Instrumentació		Media	45	50	55	45	50	55
No Contabilitzat		P.Complicat	4	5	6	4	5	6
Edificis		Eq. exterior	20	25	30	20	25	30
Altres								
Servicios de edificios % de edifici								
Iluminació	9							
Ventilació y aire acondic.	0							
Calefacció	0							
Fontaneria	0							
Altres	0							
Total serveis		9	2	2	3	2	2	3
Subtotal factores			200	226	253			
Ajustes		Bajo 5%						
		Alto -5%						
Cost de los factores (CF)			210	226	240	377,543	452,406	528,033
Cost directe límits de planta (CD)						557,506	652,364	747,987
Costes indirectos (CI)			29% de CD			161,677	189,186	216,916
Subtotal						719,183	841,550	964,904
Imprevistos		14% de CD				78,051	91,331	104,718
Cost Total de la Instal·lació (CTI)						797,234 -15%	932,881 9.3E+05	1,069,622 15%
Autor:			Projecto Nr.					
			Titulo: Planta Regasificadora de GNL					

A.6.1. Ingressos i despeses.

Taula A.6.1.1. *Costos fixes directes.*

COSTOS DE FABRICACIÓ				
COSTOS FIXES DIRECTES				
1. Costos de Personal				
Tipus	Nº Persones	Cost unitari mitjà €/any		Cost/any
Operaris Instal·lació	20	35,000		700,000
Laboratori				0
Envasat				0
Supervisió				0
Gestió				0
				0
Total Costos de Personal				700,000
2. Manteniment				
	Cost Total de la Instal·lació (CTI)	% CTI /any	Cost /any	
Edificis	0	1%	0	
Instal·lació.	964.905	3%	28.947	
Altres			0	
Total manteniment			28.947	

Taula A.6.1.2. *Costos variables directes.*

COSTOS VARIABLES DIRECTES					
4. Matèries Primeres					
	unitat	Consum / Unitat	unitats/any	preu / unitat	Cost/any
GN	m3	90.000	12,200	75	915,000
	ton.		0		0
	ton.		0		0
Total Matèries Primeres					915,000
5. Energias y Servicios					
	Unitat	Consum / Unitat	unitats/any	preu / unitat €	Cost / any €
Vapor alta	tona		0		0
Vapor baixa	tona		0		0
Agua condensada	m3		0		0
Agua desmineralitzada	m3	5.1	40,800	1.07	43,656
Agua tractada	m3		0		0
Agua refrigerada	m3		0		0
Energia elèctrica	kW-h		0		0
Fuel/Gas	m3	1.56	12,480	0.5	6,240
Aire instruments	M³N		0		0
N2	M³N		0		0
Total Servicios					49,896

Taula A.6.1.3. *Costos Fixes indirectes.*

COSTOS DE ESTRUCTURA COSTOS FIXES IN-DIRECTOS			
	Cost Total/any	% Suportat per la instal·lació	Cost / any
Direcció	0	0.1	0
Seguritat i M. Ambiente			0
Administració			0
SS Mèdics			0
RR Humanos			0
Total Costes Estructura			0
Total Costos Fixes (€)			728947.2
Total Costos Variables (€)			964896

Taula A.6.1.4. *Ingressos variables.*

INGRESOS PRODUCCIÓ INGRESOS VARIABLES				
	Unitat	m3/año	Preu Venta €/unitat	Preu Venta € /any
1. Productes Finals:				
GN	m3	4800000		0.9 4320000
2. Subproductos (Abono):				
	tonelada	0		0
3. Residuos (Coste):				
	tonelada	0		0
Total Ingresos(€)				4320000

Taula A.6.1.5. *Amortització.*

CAPITAL DIRECTE / AMORTIZACIÓ (Actiu Fixe)				
	Vida años	Valor	Valor resid.	Amortiz/año
Edificios	20	0	0	0
Equipos/instalac.	15	964905	0	64327
Catalizadores				
Equipos vida corta				
Totales (€)		964905	0	64327

RESUM DEL PFC

1 INTRODUCCIÓ

Doing NaturGas és una nova planta regasificadora de Gas Natural Liquef, formada per tres joves emprenedores. El nou projecte de l'empresa ha estat l'estudi d'una Planta Satèl·lit regasificadora de Gas Natural Liquef per tal d'alimentar les calderes de la Central Tèrmica d'Andorra, a la província de Terol.

L'objectiu d'aquest disseny és construir una planta fiable i segura que garanteixi l'alimentació continua a les calderes esmentades, per tal de que aquestes pugin fer ús del recurs de gas natural, ja que aquest és el combustible fòssil més respectuós amb l'ambient, ja que és el que té menys contingut de diòxid de carboni.

2 DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS

En el següent projecte s'estudia una planta de regasificació de Gas Natural Liquef per tal d'alimentar amb un cabal normal de 600 m³/h una caldera, tenint en compte això, ha estat dissenyada amb una autonomia de 7 dies. Aquest es desenvolupa i s'implanta en una parcel·la d'Andorra (Terol).

La descàrrega del GNL des de la cisterna fins al tanc d'emmagatzematge de la planta, es realitzarà per diferència de pressions. La cisterna es situarà a un punt pròxim de la boca de càrrega. L'operació de descàrrega haurà de ser atesa permanentment per un mínim de dos persones. L'encarregat de realitzar la descàrrega del camió cisterna serà el conductor del mateix, que coneixerà i serà conscient en tot moment de la normativa d'aplicació en el procediment de descàrrega de GNL. Juntament amb aquesta persona es trobarà personal autoritzat de la planta; que li servirà d'ajuda en cas d'alguna incidència.

Prèviament a la connexió, es retiren els taps de les mànegues i de les boques de càrrega de la cisterna havent comprovat que les vàlvules que l'envolten estan tancades, de forma que es connectin les mànegues a la cisterna. Aquesta connexió, tan sols pot ser realitzada pel conductor de la cisterna. Abans de connectar les mànegues criogèniques flexibles, s'haurà de comprovar l'estat de les juntes, de forma que s'hi hagués alguna anomalia, corregir-la.

La descàrrega no començarà fins comprovar que totes les connexions són estanques. El responsable de la planta comprovarà les connexions de la zona de descàrrega; mentre que el conductor comprovarà la cisterna.

Un cop les mànegues flexibles criogèniques són correctament connectades s'inicia la descàrrega de GNL. Inicialment, la pressió en la cisterna és inferior que la pressió existent en els tancs d'emmagatzematge. De forma que, es procedeix a pressuritzar la cisterna i les mànegues.

Pel que es fa és que GNL procedent del camió cisterna es condueixi cap al vaporitzador de posada a pressió ràpida (E-101), que és un vaporitzador atmosfèric, de la zona de descàrrega. En aquest, es produeix el canvi d'estat de líquid a gas de forma que aquesta quantitat extreta inicialment retorna a la cisterna de forma gasosa, augmentant així la pressió en el seu interior. Aquest procediment és possible degut a que com ja s'ha anomenat, la pressió dins la cisterna es d'un bar per sobre l'atmosfèrica. Tenint present en tot moment la pressió a l'interior de la cisterna, ja que aquesta no pot ser superior a 6,5 bar. En cas que fos així, es tallaria el subministrament de GN de retorn a la cisterna.

La sortida de GNL del tanc provoca una disminució del nivell dins d'aquest, de forma que quan un tanc es va buidant, la part gasosa ocupa l'espai que deixa lliure el líquid, havent així una baixada de la pressió dins seu.

Per recuperar la pressió inicial d'aquest, s'instal·la un vaporitzador atmosfèric de posada a pressió ràpida (E-102 o E-103), al qual se li envia una petita part del GNL de dins del tanc i es produeix un canvi de fase a gas. Per fer aquest procediment, mentre la vàlvula de sortida del GNL al procés VO/O-110 o VO/O-111 es troba oberta per efectuar la descàrrega, s'obriran les vàlvules VO/O-106 i VO/O-107 o VO/O-108 i VO/O-109 respectivament, fent així que la pressió perduda per la descàrrega de líquid sigui recuperada mitjançant gas.

Per tant, quan s'inicia la càrrega en un tanc el gas al seu interior ocupa tot l'espai disponible a una pressió de 5 bars. A mesura que el nivell de líquid augmenta, aquest gas disposa de menys espai i conseqüentment la pressió augmenta. Per això, hi ha una corrent que envia aquest gas cap a la zona de descàrrega, ajudant a la pressurització de la cisterna.

Quant aquesta corrent de gas juntament amb la que hi arriba del vaporitzador E-101 és excessiva, es tanca la vàlvula VO/O-101 i VO/O-102 i si la pressió del tanc encara és elevada actuaran les vàlvules de seguretat situades en aquest, que alliberaran l'excés de gas a l'atmosfera.

Un cop el GNL es descarregat del tanc, s'envia cap a un vaporitzador del tipus tub i carcassa (E-104 o E-105) que canviarà l'estat del GNL a gas, per fer-ho es necessari un aportament calorífic donat per la transmissió de calor amb aigua.

Aquest es dissenyat per a que es produeixi un canvi de fase de líquid a gas i per escalfar el gas fins una temperatura d'uns 15-20°C amb un cabal màxim de 740 m³/h de Gas Natural.

En el vaporitzador el GNL entra a -165°C i passa per carcassa fins assolir uns 18°C, la calor la intercanvia amb aigua, la qual passa per tubs, a uns 90°C, escalfada prèviament per unes calderes. Aquestes calderes són alimentades amb una petita part del producte que serà enviat amb la canonada 118 situada després del sistema d'odorització.

Aquest circuit d'aigua de refrigeració és tancat, entra a les calderes a 30°C per sortir i dirigir-se cap a l'intercanviador a 90°C.

A la sortida del vaporitzador es troba un controlador de temperatura que, en cas que la temperatura de sortida no sigui la desitjada actua sobre el cabal d'aigua d'entrada a aquests, si hi ha alguna fallada en el procediment, l'interruptor de temperatura mínima que es troba a la sortida tancarà el pas de gas fins que sigui solucionat el problema, ja que aquesta vàlvula es d'obertura manual.

Un cop es troba en les condicions requerides, passa per un filtre, el qual elimina les impureses que hi puguin haver en ell. Tot seguit passa per una vàlvula reguladora de pressió (VA-104) que fa que aquesta disminueixi dels 4.5 bar fins a uns 0,3-0,4 bar.

Al procés també s'hi troba l'odoritzant que es barrejarà en petites quantitats amb el gas natural per tal que aquest en cas de fuga pugui ser detectat. Aquesta barreja s'efectuarà mitjançant la pèrdua de càrrega d'uns 0,1 bar provocada per una placa d'orifici.

Finalment, el gas natural ja està preparat per ser enviat a les calderes de la central tèrmica d'Andorra (Terol).

3 CONCLUSIONS

3.1 Econòmiques

L'estudi econòmic està basat en les guies corresponents a estimació de costos i avaluació econòmica.

Les entrades de capital del projecte són degudes al subministrament de Gas Natural a la Central Tèrmica d'Andorra. Les sortides de capital o despeses provenen de les matèries primeres, serveis necessaris de planta, costos de manteniment, mà d'obra, etc.

Tal com s'ha estudiat la viabilitat de la planta, tenint en compte els factors positius i negatius que l'envolten, s'aprecia que es una que retorna la inversió en poc més d'un any.

Al llarg de la seva vida útil, la instal·lació continua donant beneficis, encara que depèn del preu variable del GN.

3.2 Seguretat

S'han fet diferents estudis per tal de tenir una bona seguretat dins de la planta, i que aquesta sigui el màxim segura possible.

En aquest estudi, aprofundim més en el disseny de la planta i en el seu sistema de control; identificant possibles causes de problemes que podien haver afectat la funcionalitat de la planta en un futur. Aquests problemes principals que hi pot haver a la planta són:

- Les fugues produïdes en qualsevol punt de la planta.
- Una font d'ignició prop d'aquesta i que pugui ser perjudicial per la seguretat dels treballadors.
- La congelació de l'aigua que passa pels regasificadors.

Tot i això s'ha fet un estudi de protecció contra incendis, també s'ha dotat als treballadors d'un sistema de protecció personal, a més a més s'ha estudiat l'índex d'explosió i foc que té la planta, el disseny d'un cubeto de retenció i finalment fer ús de les del coneixement de les atmosferes explosives que hi pot haver dins la planta. .

3.3 Medi ambient

En condicions de treball normals, es defineix com una planta sostenible i d'incidència pràcticament nul·la sobre el Medi Ambient. Les condicions d'operació anormals o atípiques seran l'impacte ambiental més destacat. La planta permet el desenvolupament econòmic i social sense comprometre el Medi Ambient.

El disseny general de la planta, de la seva operació i el transport de la matèria prima s'ha dissenyat i previst aplicant la normativa més exigent de seguretat.



Instal·lació de descàrrega i emmagatzematge de GNL i subministrament de GN a partir de la mateixa by [Saez Jauset, Nuria Malo, Javier](#) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional License](#).

Puede hallar permisos más allá de los concedidos con esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>