



PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ETILBENZÈ

TREBALL DE FINAL DE GRAU

GRAU EN ENGINYERIA QUÍMICA

Jarod Enrique Erreyes Pilozo

Guillem Fajula López

Iván González Germán

Oriol Martínez Añó

Irene Sanchis Garcia

Pau Viedma Garcia

Tutor: Marc Peris Miras

CERDANYOLA DEL VALLÈS, JUNY 2023



PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ETILBENZÈ

CAPÍTOL 12: MILLORES I AMPLIACIONS

Índex

12 Millores i ampliacions	2
12.1 Introducció.....	2
12.2 Separació prèvia del corrent fresc d'etilè	2
12.3 Implementació de fotobioreactors.....	5
12.4 Utilització de “heaters” de crema	6
12.5 Zona d'ampliació: Producció d'estirè.....	7
12.6 Desionitzar l'aigua de xarxa	8
12.7 Aprofitament del calor generat al reactor R-0201.....	8
12.8 Reactor multi tubular no isoterm.....	9
12.9 Esmenes d'errors	10

12 Millores i ampliacions

12.1 Introducció

Ebsyn S.L. en aquest capítol fa autocrítica del projecte TARREB23 per tal de trobar tots aquells defectes o possibles millores que poden millorar la viabilitat econòmica i mediambiental d'aquest projecte.

No només fent una ullada a les vessants esmentades, sinó que també intentar reduir el volum dels equips emprats per a la realització d'aquest projecte.

Cal remarcar doncs, que aquest seguit de correccions i/o errors, no s'han corregit per qüestions de temps. En el moment que van ser pensades no hi va haver-hi temps per a corregir les decisions preses anteriorment.

12.2 Separació prèvia del corrent fresc d'etilè

El projecte TARREB23 necessita com a matèria primera etilè, que prové d'un corrent amb impureses de metà i età. Com s'ha explicat anteriorment en el **Capítol 2 d'Especificacions del Projecte**, aquestes impureses son separades en la seva majoria en una separació flash i en una rectificació. El gran inconvenient de realitzar en aquest ordre la separació és que els equips previs a la separació, com els reactors, han de ser d'un volum més elevat que si s'hagués separat anteriorment.

L'acció correctora que es va determinar per corregir aquest fet va ser fer una primera separació del corrent d'entrada d'etilè en dues columnes de rectificació, la primera que separava l'età, i la segona que separava el metà:

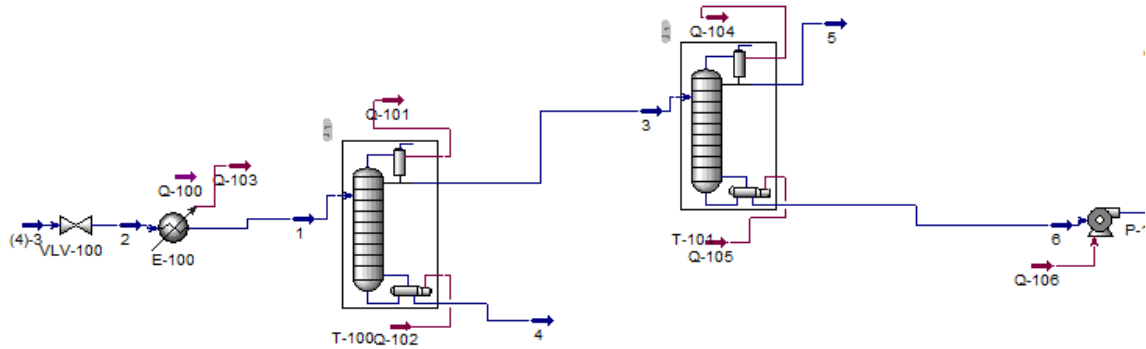
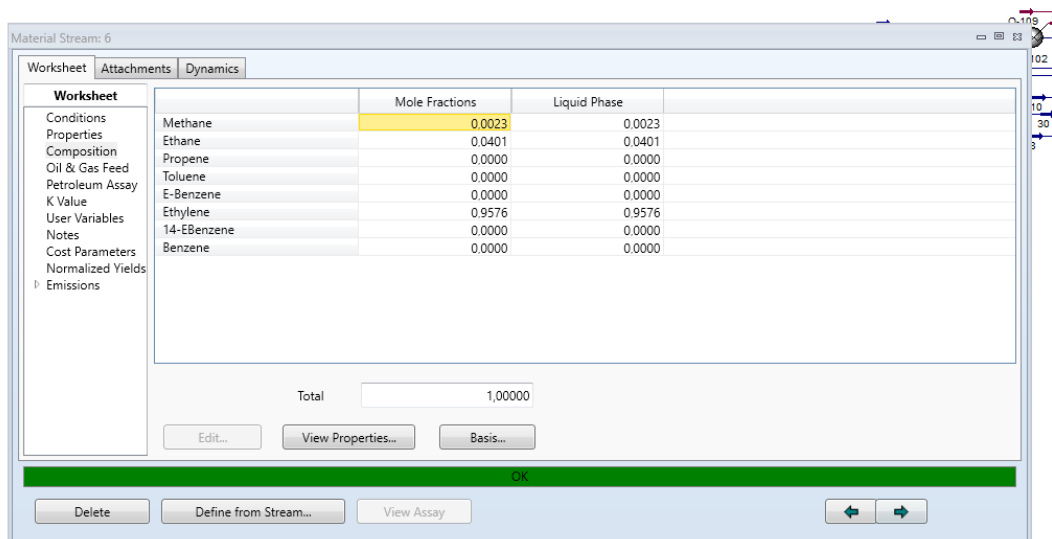


Figura 12.1: Entorn de simulació de l'up-stream del procés alternatiu de TARREB23.

Si fem un detall en les composicions del corrent 6 de la figura 12.1, es podrà observar les quantitats que resten de impureses d'età i metà:



	Mole Fractions	Liquid Phase
Methane	0.0023	0.0023
Ethane	0.0401	0.0401
Propene	0.0000	0.0000
Toluene	0.0000	0.0000
E-Benzene	0.0000	0.0000
Ethylene	0.9576	0.9576
14-EBenzene	0.0000	0.0000
Benzene	0.0000	0.0000

Total: 1,00000

Figura 12.2: Composicions molars del corrent purificat d'etilè.

Es pot observar en la figura 12.2 com l'addició d'aquestes columnes de rectificació prèvies suposen un gran avantatge ja que s'arriba a separar molt bé aquest corrent, fent que entri pràcticament al procés etilè.

El gran inconvenient d'aquesta separació prèvia que es va torbar Ebsyn S.L. va ser la vessant energètica. Si fem un detall en les temperatures que s'han d'assolir en una de les columnes, en aquest cas la primera, la que separa l'età:

Column: T-100 / COL1 Fluid Pkg: Basis-1 / SRK

	1 @COL1	3 @COL1	4 @COL1
Name			
Vapour	0,0001	0,0000	0,0000
Temperature [C]	-130,0	-137,2	-77,69
Pressure [kPa]	176,1	166,0	176,0
Molar Flow [kgmole/h]	820,0	590,0	230,0
Mass Flow [kg/h]	2,153e+004	1,462e+004	6914
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	59,60	40,17	19,43
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-3,402e+004	-5923	-1,037e+005
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	79,56	72,53	96,30
Heat Flow [kJ/h]	-2,789e+007	-3,494e+006	-2,384e+007

Figura 12.3: Condicions d'operació de la primera columna de rectificació.

Es pot observar en la figura 12.3 com les condicions d'operació d'aquesta columna son en condicions criogèniques a pressió elevada. La raó de la seva inviabilitat sorgeix en la necessitat d'incorporar nitrogen líquid, però no en petita quantitat, es va realitzar en el seu moment uns càlculs aproximats i va resultar en un consum molt elevat de nitrogen líquid, aquest fet va determinar d'inviàble aquest procés.

Per intentar millorar-ho, es va decidir augmentar la pressió de treball de la columna, i les temperatures d'operació van augmentar significativament, però encara era una mica inviàble. El temps no va ser el suficient per tal de determinar la pressió i temperatura idònia de treball.

Com a conclusió es pot extraure que amb el temps suficient Ebsyn S.L. hagués pogut separar inicialment el metà i l'età de l'etilè. El gran inconvenient de la seva separació és que l'etilè i l'età tenen volatilitats molt semblant, i és per aquest fet que la seva separació s'ha de donar en condicions molt elevades de pressió o molt baixes de temperatura. Per tant, amb el temps i recursos suficients s'hauria de trobar aquesta situació de compromís de temperatura i pressió. Poder fer aquesta separació comporta que en els posteriors equips es necessiti de menys volum.

12.3 Implementació de fotobioreactors

Els fotobioreactors son reactors biològics que tenen l'objectiu de dur a terme el creixement d'organismes fotoautòtrofs, o sigui que la seva font d'energia és la llum solar, i la seva font de carboni molècules que no provenen de la matèria orgànica d'altre ésser viu. Els organismes emprats en aquests sistemes son les algues, que per l'aplicació que Ebsyn S.L. pot donar és la degradació del CO₂ generat en la crema del combustible generat.

En aquests equips, com que es treballa amb organismes, s'ha de controlar variables com: la temperatura, el pH, la concentració d'oxigen, però sobretot la intensitat lumínica. Per fer-ho es disposa de dos modes d'operació: sistemes tancats o oberts.

Els sistemes oberts consisteixen en piscines on es troben les algues en suspensió a les quals se li aporten els nutrients i reben directament la llum del Sol. Aquest és el gran avantatge d'aquests sistemes, i és que son relativament econòmics. Els sistemes oberts no necessiten de llum artificial, a més de ser a l'aire. El gran problema és que per exemple en moments de baixa intensitat es redueix la seva efectivitat, a més de necessitar grans àrees per a construir aquestes piscines.



Figura 12.4: Fotobioreactor de sistema obert.

Per altra banda hi ha els sistemes tancats que consisteixen en cultius de diferents geometries, on la més emprada és la tubular, per la qual circula l'aigua carregada de

nutrients i organismes. El gran avantatge és que aquests reactors treballen amb llum artificial i per tant la efectivitat és més controlada, a més que en contrast amb els sistemes tancats, la seva construcció és compacta i per tant no ocupa tant com els sistemes tancats. Però el gran inconvenient és el cost energètic per la aportació d'aquesta llum artificial.



Figura 12.5: Fotobioreactor de sistema obert.

Ebsyn S.L. va pensar en la implementació d'aquests sistemes per a la eliminació del CO₂ generat en la combustió del seu combustible, però al final es va decidir escollir la de l'absorbidor. La raó d'aquesta elecció és que l'absorció és una operació unitat molt estudiada, a més que el CO₂ és molt soluble en aigua, per tant la idea de poder generar un subproducte d'interès comercial era molt atractiva. Per tant, Ebsyn S.L va decidir descartar aquesta idea per a la tractament del CO₂, tot i que potser aquests reactors biològics podrien permetre estalviar d'utilització del tanc d'emmagatzematge d'àcid carbònic, el qual és d'elevat volum.

12.4 Utilització de "heaters" de crema

Com s'ha pogut observar en el **Capítol 2 d'Especificacions del Projecte**, el procés de TARREB23 necessita de la implementació de bescanviadors de calor que esclafin els corrent d'entrada d'etilè i benzè, a més de les recirculacions. El fluid

emprat per aquest escalfament és oli tèrmic Dowtherm G, el qual ha de ser regenerat en calderes que cremen el combustible que es genera en el procés.

Una alternativa a utilitzar tants bescanviadors de calor és la utilització de "heaters" de crema, uns equips que cremen el combustible, que Ebsyn S.L. genera en el procés TARREB23, directament per tal d'escalfar altre fluid.

El gran avantatge en vers als bescanviadors és en la independència d'utilitzar oli tèrmic. Si s'esclafa els corrents del procés amb el calor generat en la combustió no es necessita d'un oli que pot suposar problemes de seguretat i mediambientals.

La raó per la qual aquesta mesura no es va aplicar és que l'equip tècnic d'Ebsyn S.L. no es va adonar compte d'aquesta possibilitat en el moment del disseny del sistema d'energia. Per tant, un cop Ebsyn S.L. es va donar compte, no quedava temps per fer el dimensionament d'aquestes calderes.

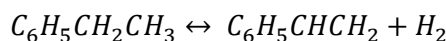
12.5 Zona d'ampliació: Producció d'estirè

L'estirè és el monòmer del poliestirè, un polímer molt emprat en diverses indústries com és la alimentaria, joguines i embalatge.



Figura 12.6: Planxes de poliestirè.

L'estirè pot obtenir-se mitjançant una deshidrogenació de l'etilbenzè amb catalitzadores de potassi i ferro. És una reacció endotèrmica que a més de produir el producte desitjat, genera hidrogen que pot ser cremat per produir la energia necessària.



Aquest procés consta d'un elevat volum d'equips per a la seva producció en continu. És per això que Ebsyn S.L. veu de forma molt interessant l'aprofitament de l'àrea 1000 d'ampliacions per a produir l'estirè a partir d'etilbenzè que el projecte TARREB23 genera.

S'hauria de fer un bon anàlisi econòmic d'aquest producte, no només de l'augment dels costos fixos i variables per d'implementació dels equips necessaris, sinó que també un estudi del mercat sobre la oferta i la demanda de l'estirè. Per tant, Ebsyn S.L. deixa com a possibilitat una ampliació de la planta a la producció d'estirè en comptes de vendre l'etilbenzè.

12.6 Desionitzar l'aigua de xarxa

Ebsyn S.L. és conscient que consumeix aigua de xarxa, i que per tant, aquesta té dissolts molts ions que poden generar incrustacions en els equips com els bescanviadors de calor. A més de generar incrustacions, aquests poden afectar a la qualitat del corrent d'àcid carbònic que es ven com a subproducte.

Una alternativa que es va pensar durant la realització del projecte TARREB23 va ser implementar sistemes de desionització, o descalcificació de l'aigua, per tal de disposar d'aigua "neta". La raó per la qual no es va acabar fent va ser que no es va disposar del temps necessari per dissenyar aquests equips en el moment que es va pensar. Tot i així Ebsyn S.L. valora en el futur comprar d'aquests equips per garantir un bon ús dels equips que utilitzen l'aigua, a més de garantir un aigua carbonatada lliure d'ions.

12.7 Aprofitament del calor generat al reactor R-0201

És conegut que el reactor R-0201 du a terme la reacció d'alquilació la qual és molt exotèrmica. Per a controlar la temperatura en aquest reactor, Ebsyn S.L. va decidir refredar el corrent de sortida de cada lit. Aquest bescanvi de calor genera

vapor i s'utilitza per escalfar altres corrents o bé generar electricitat en turbines de vapor.

Per altra banda, el corrent de benzè i de recirculació s'han de esclafar a la temperatura d'operació del reactor, i per fer-ho s'utilitza l'oli tèrmic. Per tant Ebsyn S.L. estudia la possibilitat d'utilitzar aquest per escalfar aquests corrents en comptes d'utilitzar l'oli tèrmic.

Aquesta opció permet reduir el consum d'oli tèrmic a la planta de TARREB23, per tant s'hauria d'implementar aquesta opció en un futur.

També es podria pensar en un millor sistema de control del reactor, ja que és molt poc precís controlar només la temperatura del reactor només amb les sortides. Aquest control podria comportar canviar el mode d'operació del reactor, fent que ja no sigui adiabàtic.

12.8 Reactor multi tubular no isoterm

Un reactor multi tubular és un reactor de flux pistó que consisteix en un feix de tubs on cadascun funciona com un únic reactor modelitzat. La idea d'aquesta configuració consisteix en que es creen buits entre els tubs, però on es pot fer circular un fluid refrigerant, i per tant millora el control de la temperatura del reactor, ja que l'àrea de contacte és superior.

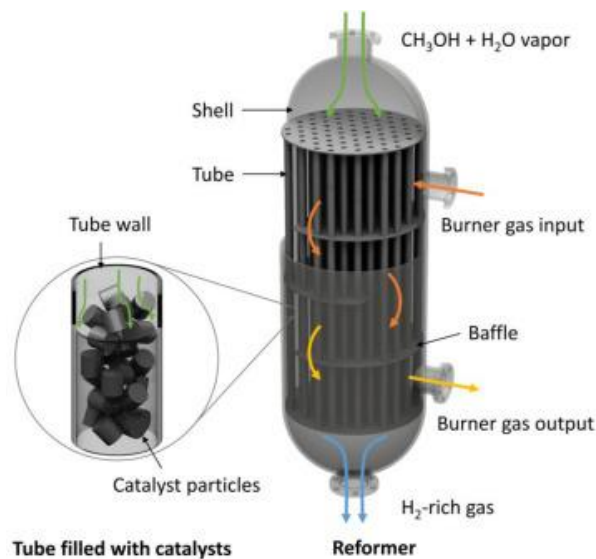


Figura 7: Esquema d'un reactor multi tubular.

A més a més aquests reactors permeten una configuració més compacte, ja que cada tub funciona com un reactor més petit. L'inconvenient és que la pèrdua de pressió és més gran en aquests reactors, ja que la secció de pas és més petita. Per tant, s'hauria de fer un anàlisi exhaustiu sobre aquest paràmetre, ja que com s'ha pogut veure en projecte TARREB23, la pressió augmenta la producció del producte desitjat.

12.9 Esmenes d'errors

Ebsyn S.L. enumera una sèrie d'errors que s'han pogut observar en la realització del projecte TARREB23, però que per diferents motius no s'han pogut solucionar. A més d'enumerar els errors, Ebsyn S.L. planteja les possibles solucions i donar consciència de la existència d'aquests errors.

El primer error que es pot observar en el projecte de TARREB23 és a l'hora del disseny de les canonades. Al projecte TARREB23 hi ha un munt de canonades repartides en les diferents àrees. A l'hora de treballar amb vistes 2D és més difícil imaginar que les canonades pugen o baixen, i per tant, en el seu dimensionament poden haver-hi errors en trams que presentin variacions d'altura. En el moment que el departament corresponent s'ha adonat compte, no hi havia prou temps com per solucionar-ho, però a Ebsyn S.L. som conscients que si es pogués s'hauria d'haver realitzat una millor organització dels circuits de canonades.

Continuant parlant de canonades Ebsyn S.L. té present que poden haver-hi canonades de diàmetres nominals molt petit per alguns equips que presenten dimensions molt grans. La raó per la qual Ebsyn S.L. ha decidit deixar aquestes canonades, ha estat que s'ha de vetllar per que a dintre de les canonades els fluids circulin dintre del rang de velocitats típiques per evitar l'efecte ariet. Una solució a poder fer canonades de diàmetres més representatius mantenint les velocitats típiques, hagués estat canviar els cabals de circulació, però això hagués implicat un canvi en les condicions d'operació. Adequar aquest canvi d'operacions implicava més temps pel disseny del procés, per tant Ebsyn S.L. va decidir tirar endavant per raons logístiques.

Altre error relacionat amb les dimensions és l'absorbidor emprat per netejar els gasos de combustió, l'equip A-0401. Aquest equip presenta l'error de ser molt petit, de fet una de les canonades dimensionades és d'una mida superior a l'equip. Per tant, Ebsyn S.L. arriba a la conclusió que el seu dimensionament és incorrecte i que amb el temps suficient s'hauria de tornar a dimensionar. A més a més el consum d'aigua que aquest absorbidor presenta és massa elevat, per això un redimensionament podria donar un nou plantejament del subproducte i del consum d'aigua. Ja que el projecte TARREB23 no emet gasos contaminats, però mediambientalment no molt respectuós pel elevat consum d'aigua, encara que es consumeix per produir àcid carbònic, i no es llença.

Un punt que genera moltes sospites també és l'àcid carbònic. Aquest àcid es produeix a partir de l'aigua utilitzada als bescanviadors. Pot generar una mala imatge a la seva venda ja que aquesta aigua, encara que no entra en contacte directe, passa per equips però on hi ha components cancerígens com el benzè, i pot generar moltes sospites de la seva qualitat. És per això que ha Ebsyn S.L. es vol fer un bon anàlisi de qualitat d'aquest àcid per tal de garantir als possibles compradors la seva utilització, a més de vendre'l a un preu molt reduït del qual li pertany.

Lligat amb el gran volum d'aigua que es transforma en àcid hi ha els tancs construït per contenir l'àcid carbònic. Si s'aconsegueix fer un millor absorbidor que consumeixi menys aigua es podria construir un tanc molt més petit. A continuació es mostra un predimensionament de les etapes i del consum d'aigua amb una revisió dels números:

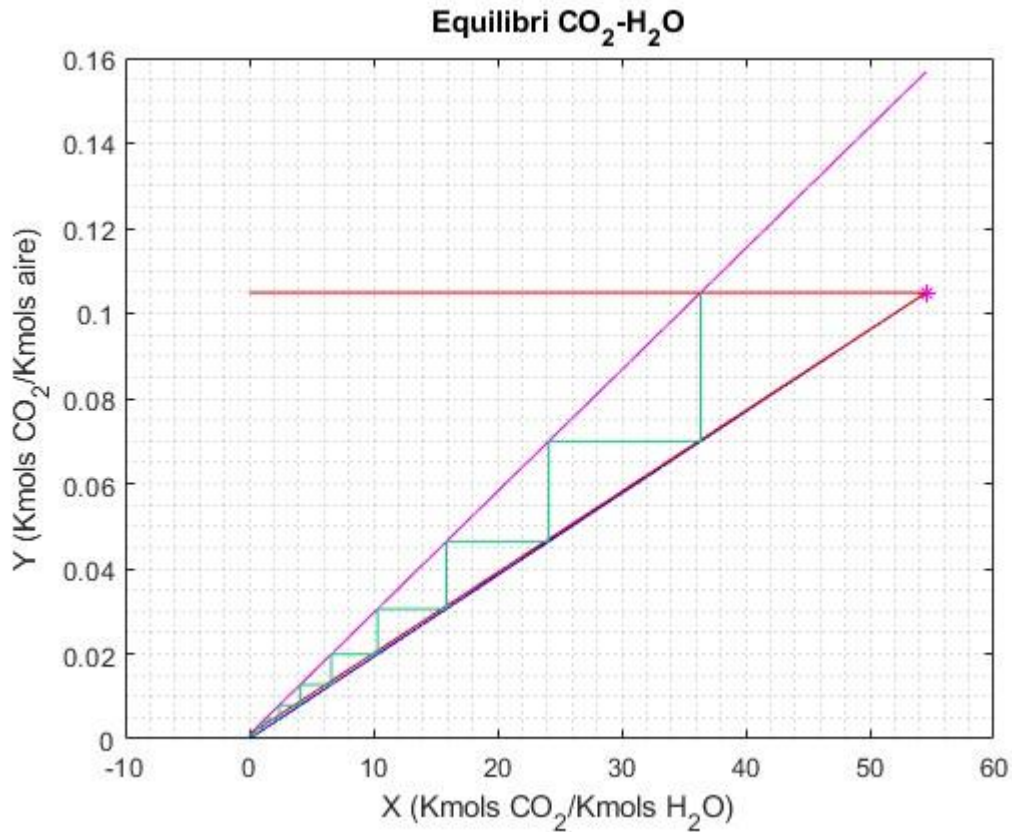


Figura 12.8: Dimensionament de l'absorbidor pel mètode de McCabe.

Primerament es pot observar en la figura 12.8 com el nombre d'etapes és el mateix, i per tant, l'altura serà la mateixa que l'altre absorbidor. Seguidament, si es calcula la relació de cabals mínima:

$$\frac{L}{V_{MIN}} = 0,0019$$

Per tant el cabal d'aigua necessari és de:

$$L = V \cdot 1,5 \cdot \frac{L}{V_{MIN}} = 13611 \cdot 1,5 \cdot 0,0019 = 38,79 \frac{Kg}{h} \cdot \frac{1 h}{3600} = 0,011 \frac{Kg}{s}$$

Es pot observar que el consum d'aigua és molt inferior respecte l'anterior, fent que mediambientalment sigui molt viable aquesta absorció. Pel que fa la composició de sortida, es té un corrent amb una raó molar de:

$$X = 54,56$$

Si es passa a concentració:

$$x = \frac{54,56}{1 + 54,56} = 0,98$$

Es pot veure com surt a més un corrent més concentrat, i per tant es podria vendre a un preu superior al que s'ha pensat. Tot i així es té en compte que la producció d'àcid és molt petita, i per tant es veuria reflectit en la economia, s'hauria de fer un estudi econòmic tenint en compte aquests fets.

Seguidament, parlant de tancs, per raons de temps, Ebsyn S.L. no ha pogut dissenyar els sistemes de control de temperatura dels tancs d'emmagatzematge de la zona 100. Tot i així Ebsyn S.L. és present que ha de fer-ho. Per això Ebsyn S.L. ha optat per contractar una empresa externa pel control encamisat dels tancs d'emmagatzematge.

L'encamisat s'haurà d'haver realitzat també tenint en compte la transferència de calor de l'equip i dels fluids amb l'ambient, però com que no hi havia molt temps per fer-ho es va recórrer a contractar els serveis d'una empresa externa.

Altre error important que hi ha hagut en la realització del projecte TARREB23 ha estat utilitzar l'oli tèrmic Dowtherm G. El Dowtherm G és un oli tèrmic que pot explotar a partir d'una temperatura de 350°C, i aquest s'utilitza a 500°C i 400°C. Per tant, si es vol utilitzar oli tèrmic s'hauria d'escollir un altre que treballi en el rang de temperatures sense cap mena de perill.

Pel que fa als accessoris de les canonades, aquests no s'han donat de manera molt específica, ja que es difícil de determinar exactament tots els accessoris necessaris a banda dels colzes i les tees. Per tant només s'han tingut alguns accessoris en el disseny dels circuits de canonades però no s'ha arribat a fet un llistat detallat d'aquests.