



# PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ETILBENZÈ

PROJECTE DE FI  
DE GRAU

Enginyeria Química





EBENZ S.L



# PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ETILBENZÈ

PROJECTE DE FI  
DE GRAU

Enginyeria Química



CAPÍTOL 12

AMPLIACIONS I  
MILLORES



## Taula de Continguts

<b>12.</b>	<b>Ampliacions i millores</b> .....	<b>2</b>
12.1.	Introducció.....	2
12.2.	Implementació de variadors de freqüència.....	3
12.3.	Prevençió d'accidents.....	5
12.3.1.	Implementació de document d'observacions de seguretat (SUSA).....	5
12.3.2.	Safety Walkaround.....	6
12.4.	Implementació estàndards 6S.....	6
12.5.	Planta d'estirè.....	7
12.6.	Bústia de suggeriments.....	8
12.7.	Criteri SVD per la selecció de la ubicació del sensor de temperatura ...	9
12.8.	Implementació de més cabalímetres i sensors de temperatura.....	10
12.9.	Targetes d'incidències.....	10
12.10.	Planta pilot.....	12
12.11.	Reduir plats de les columnes de destil·lació.....	12
12.12.	Bibliografia.....	14

## 12. Ampliacions i millores

### 12.1. Introducció

En l'entorn empresarial competitiu d'avui dia, la recerca constant de l'eficiència i l'optimització dels processos de producció és essencial per a l'èxit a llarg termini de qualsevol empresa. Per mantenir-se a l'avantguarda i satisfer les creixents demandes del mercat, les empreses han de considerar de manera contínua la implementació de millores i ampliacions a les seves instal·lacions de producció.

L'objectiu d'aquest apartat és presentar una sèrie de millores i ampliacions que es poden aplicar a la nostra planta de producció per augmentar la productivitat, augmentar la seguretat, reduir costos i millorar la qualitat dels productes o serveis oferts. Aquestes millores poden abastar diversos aspectes, des de la modernització de maquinària i equips fins a l'optimització dels fluxos de treball i la implementació de tecnologies avançades.

Per tant, s'analitzaran les millores als fluxos de treball i la logística interna de la planta de producció. La implementació de mètodes de 5S, la reorganització del layout de la planta per considerar l'opció d'ampliar la producció d'un altre tipus de producte, i l'ús de sistemes de gestió d'inventari, plans de treball i seguiment en temps real són algunes de les estratègies que poden millorar l'eficiència i reduir els costos operatius.

A més, s'exploraran les oportunitats que ofereixen les tecnologies avançades, com, la intel·ligència artificial (IA) i l'anàlisi de dades. Aquestes tecnologies poden facilitar el monitoratge i el control remot dels processos de producció, permetent una resposta més ràpida davant de possibles problemes i optimitzant l'ús dels recursos disponibles.

## 12.2. Implementació de variadors de freqüència



Un variador de freqüència és un dispositiu electrònic que regula la velocitat del motor de la bomba en ajustar la freqüència i la tensió subministrades al motor. El seu funcionament es basa en que el variador de freqüència pren el corrent d'alimentació de la xarxa elèctrica i la converteix en un corrent de freqüència variable que es subministra al motor de la bomba. Això permet controlar la velocitat del motor i, per tant, la velocitat de la bomba. Els variadors de freqüència poden ajustar la freqüència i la tensió de sortida segons les necessitats específiques de l'aplicació. La implementació d'aquests dispositius en les bombes del procés, proporciona una sèrie d'avantatges<sup>1</sup>:

*Taula 12.1: Avantatges i desavantatges dels variadors de freqüència.*

Variadors de freqüència	
Avantatges	Desavantatges
Capacitat de controlar la velocitat de la bomba (control del cabal)	Cost inicial
Estalvi energètic	Complexitat
Arrencada suau	Problemes d'incompatibilitat
Permet controlar la pressió	Errors i temps d'inactivitat
Augmenta la vida útil de la bomba	Soroll i pertorbacions elèctriques
	Manteniment i costos addicionals

A continuació es mostra una taula que recull les especificacions d'un possible candidat, si definitivament s'implementa la opció dels variadors de freqüència.<sup>2</sup>

Taula 12.2: Full d'especificacions dels variadors de freqüència.

	<b>Full d'especificacions de variadors de freqüència</b>			Full: 1/1
	Planta de producció d'etilbenzè			
	Realitzat	19/05/2023	Ubicació: Polígon Industrial 'Gasos Nobles' Tarragona	
	Revisat	01/06/2023		
<b>Característiques generals</b>				
Ítem	Variador de freqüència			
Proveïdor	SALICRU			
Model	CV30			
Freqüència	0 – 400 Hz			
Dimensions	146 x 256 x 167 mm			
Quantitat	27			
<b>Especificacions de control</b>				
Tipus de motor	Asíncron			
Senyals entrada	4 DI / 2 AI			
Senyals de sortida	1 DO / 2 AO			
<b>Condicions operatives</b>				
Temperatura ambient	Mínima	-10 °C	Màxima	50 °C
Grau de protecció	IP20			
Alimentació	Trifàsica (380 - 440 V) / Monofàsica (220 – 240 V)			
				



### 12.3. Prevenió d'accidents

La seguretat i prevenció d'accidents són aspectes fonamentals a qualsevol planta industrial. La implementació de mesures adequades de prevenció d'accidents és crucial per garantir la seguretat dels treballadors, protegir el medi ambient i salvaguardar els actius de l'empresa. En aquest apartat, s'abordaran les estratègies i les pràctiques de prevenció d'accidents que s'apliquen a la nostra planta industrial amb l'objectiu de crear un entorn de treball segur i promoure una cultura de seguretat entre tots els empleats. Mitjançant una combinació de polítiques, procediments, capacitació i participació activa de tots els membres de l'equip, ens esforcem per minimitzar els riscos, prevenir accidents i promoure un lloc de treball segur per a tothom.<sup>3</sup>

#### 12.3.1. Implementació de document d'observacions de seguretat (SUSA)

L'equip de EBenz S.L., és conscient que es tracta d'una planta molt gran, sent difícil el compliment de les mesures de seguretat introduïdes y adoptades pel departament de seguretat de l'empresa. No cal dir que aquest personal de seguretat no s'ha de dedicar mirar si els operaris porten o no l'equipament de seguretat necessari per realitzar la seva feina. No obstant, s'és conscient que aquestes mesures no es compleixen sempre, i existeix la possibilitat de que no es compleixen amb una freqüència elevada.

Per tant, s'ha decidit incorporar un document tant a paper com en forma digital on els operaris i la resta del personal, pugui reportar comportaments incorrectes des del punt de vista de seguretat a la planta.

Amb l'objectiu de fer un estudi sobre quins comportaments entre els treballadors són més freqüents i poder actuar de manera preventiva, abans de que passi un accident major. Des de EBenz S.L., s'és conscient que cal motivar al personal perquè es realitzin aquests documents, per tant, s'ha incorporat un sistema de punts dins de EBenz S.L., que es puguin bescanviar per premis. La realització de 3 documents SUSA (Seguretat d'utilització i accessibilitat) mensuals, es traduirà en punts per el treballador que els realitzi.

En un món ideal, no seria necessària la implementació d'aquest sistema de punts, ja que s'hauria de tenir molt present el tema de la seguretat a les plantes, ja que moltes vegades s'observen operaris sense ulleres de seguretat, operaris fent treballs de manteniment en altura sense el casc y sense arnes, etc. Des de EBenz es vol apostar per un espai de treball segur y crear una societat on la seguretat al lloc de treball sigui la peça més important.

A continuació es presenta la plantilla del document esmentat.



  
EBenz

**OBSERVACIONS DE SEGURETAT**

NOM I COGNOMS: \_\_\_\_\_

ÀREA: \_\_\_\_\_

LLOC DE TREBALL: \_\_\_\_\_

FECHA OBSERVACIÓ: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_      FECHA REPORT: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

TIPUS:  SAFETY WALKAROUND  SUSAs

DESCRIPCIÓ:

*Figura 12.1: Plantilla document SUSAs i safety walkaround.*

### 12.3.2. Safety Walkaround

Fent èmfasis en la política anterior, s'ha incorporat un altre mecànica dins l'empresa per tractar de reduir el nombre de comportaments inadequats en l'àmbit de seguretat. Aquesta, tracta de observar aquestes accions dolentes mentre el treballador que les reporta realitza una volta per la planta de seguretat. D'aquesta manera es fomenta l'espontaneïtat de la observació i permet, una disminució dels accidents a l'empresa.

Aquests documents en principi només els podran omplir aquells treballadors que tinguin accés al servidor de l'empresa, és a dir encarregats i managers. Per al cas de que els operaris vulguin reportar algun walkaround, a la plantilla anterior (figura 12.1) presenta l'opció per marcar quin tipus d'observació es tracta.

### 12.4. Implementació estàndards 6S

La implementació dels estàndards de les '5S' japoneses a planta de producció d'etilbenzè, és un enfocament sistemàtic per millorar l'organització, la neteja i l'eficiència en el lloc de treball. Des de EBenz S.L., es vol més i s'ha implementat la sisena S, que fa referència a la Seguretat. Per tant, aquestes 6 etapes, conegudes com a Seiri (Classificació), Seiton (Ordre), Seiso (Neteja), Seiketsu (Estandarització) i Shitsuke (Disciplina), i per últim Seguretat, s'apliquen en diverses àrees de la planta per promoure un entorn de treball segur, productiu i lliure de desapropitaments. A continuació, es proporciona una descripció de cada etapa i com es poden implementar en EBenz S.L.<sup>4</sup>

Seiri (Classificació):

- Identifica els elements necessaris i elimina els innecessaris. Realitza una revisió exhaustiva de totes les àrees de treball i classifica els elements en tres categories: necessaris, innecessaris i elements que cal emmagatzemar en un altre lloc.
- Elimina els elements innecessaris, cosa que pot incloure materials obsolets, equips trencats o no utilitzats, i eines desgastades.
- Organitza l'espai de treball i assigna ubicacions adequades per a cada element necessari.

Seiton (Ordre):

- Estableix un sistema d'ordre i ubicació per a cada element necessari.
- Identifica i etiqueta clarament cada ubicació i utilitza senyalització visual per indicar la ubicació correcta dels elements.
- Assegureu-vos que els elements necessaris estiguin fàcilment accessibles i que se segueixi una lògica a la vostra disposició.

Siso (Neteja):

- Implementa un programa de neteja regular i estableix responsabilitats clares per a la neteja.
- Neteja i manté les àrees de treball, equips i eines de manera regular.
- Realitza inspeccions visuals per identificar i solucionar problemes de neteja.

Seiketsu (Estandarització):

- Estableix estàndards i procediments clars per mantenir els nivells de classificació, ordre i neteja.
- Documenta els estàndards i comunica'ls a tots els empleats.
- Proporciona capacitació contínua per assegurar que els estàndards es compleixin i es mantinguin.

Shitsuke (Disciplina):

- Fomenta una cultura de disciplina i responsabilitat en el compliment dels estàndards.
- Promou la participació activa dels empleats en la implementació i el manteniment de les 6S.
- Realitza auditories regulars per avaluar el compliment dels estàndards i prendre mesures correctives quan calgui.

És important destacar que la implementació de les '6S' requereix compromís i participació de tots els nivells de l'organització. La formació i capacitació adequades són fonamentals per assegurar una comprensió clara dels principis i beneficis de les '6S'.

## 12.5. Planta d'estirè

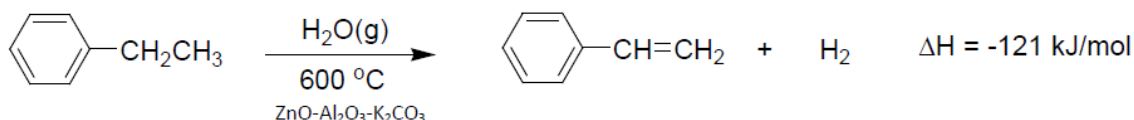
La ubicació d'una planta de producció d'etilbenzè prop d'una planta de producció d'estirè ofereix una sèrie d'avantatges significatius tant des del punt de vista econòmic com mediambiental. L'etilbenzè és una matèria primera fonamental en la fabricació d'estirè, un compost químic utilitzat en la producció d'una àmplia gamma de productes, com ara plàstics, fibres sintètiques, recobriments i resines. En col·locar aquestes dues plantes de producció en proximitat propera, es poden aconseguir sinergies i beneficis mutus que milloren l'eficiència i la sostenibilitat de les dues operacions.<sup>5</sup>

En primer lloc, la proximitat física entre la planta d'etilbenzè i la planta d'estirè redueix significativament els costos de transport. L'etilbenzè és una substància líquida i volàtil que pot ser costosa de transportar a llargues distàncies. En tenir una planta de producció d'etilbenzè ubicada a prop de la planta d'estirè, es minimitzen les despeses associades amb el transport d'aquest químic essencial. Els costos d'enviament i els riscos de fuites o vessaments es redueixen considerablement, cosa que resulta en estalvis financers significatius per a les dues instal·lacions.

A més, en tenir una planta de producció d'estirè a prop, es promou l'eficiència en l'ús de recursos i l'optimització de processos. L'etilbenzè és un precursor de l'estirè, i en tenir accés immediat a aquesta matèria primera, la planta d'estirè pot reduir els temps d'espera i la dependència de proveïdors externs. La disponibilitat oportuna d'etilbenzè permet a la planta d'estirè ajustar la seva producció de manera més flexible segons les demandes del mercat, cosa que resulta en més eficiència i competitivitat.

En termes de sostenibilitat mediambiental, la proximitat entre les plantes de producció d'etilbenzè i estirè també ofereix beneficis significatius. En reduir la distància de transport, es disminueix l'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle associats amb el moviment de substàncies químiques. A més, en compartir recursos i processos, es poden implementar mesures més efectives de gestió de residus i reducció d'emissions a les dues instal·lacions. Això inclou la possibilitat de reutilitzar subproductes o coproductes generats en un procés com a matèria primera a l'altre, minimitzant així el malbaratament i maximitzant l'eficiència global.

Un altre aspecte important és la cooperació i col·laboració entre les dues plantes. Com que està en estreta proximitat, és més fàcil establir una comunicació fluida i una relació de treball propra entre els equips de les dues instal·lacions. Això facilita l'intercanvi de coneixements tècnics, millors pràctiques i solucions conjuntes per als desafiaments operatius. La capacitat de compartir informació ràpidament i resoldre problemes de manera col·laborativa enforteix l'eficàcia i la qualitat de totes dues operacions.



*Figura 12.2: Formació d'estirè a partir de la deshidrogenació de l'etilbenzè.*

## 12.6. Bústia de suggeriments

La implementació d'una bústia de suggeriments pot ser una eina valuosa per promoure la participació dels empleats, fomentar la millora contínua i aprofitar les idees innovadores. Aquesta bústia es situa al menjador dels treballadors, prop d'una vitrina d'anuncis. Es tractaria de revisar els suggeriments mensualment per un equip de persones i realitzar un posterior estudi de cada cas. Qualsevol treballador d'EBenz pot deixar un suggeriment, independentment de la seva posició dins l'empresa. Fins i tot, les persones externes a EBenz poden deixar alguna proposta, com es el cas de transportistes, persones de manteniment d'una empresa externa, etc. La incorporació d'una bústia de suggeriments permet una sèrie d'avantatges:

Primerament fomenta la participació activa dels empleats en donar-los l'oportunitat de contribuir amb les seves idees i suggeriments per millorar els processos, l'eficiència i la seguretat al lloc de treball. Això augmenta el compromís amb l'empresa i el sentit de pertinença.

És una eina efectiva per promoure la millora contínua a la planta de producció. Els empleats, com que estan en contacte directe amb les operacions diàries, poden identificar àrees de millora i proposar solucions innovadores que impulsin l'eficiència i la qualitat del treball.

A més, permet als empleats comunicar problemes o inconvenients en etapes primerenques. Això ajuda a abordar ràpidament qualsevol situació que pugui afectar la producció, la qualitat o la seguretat al lloc de treball. En identificar i resoldre problemes de manera proactiva, s'eviten costosos temps d'inactivitat o errors a la producció.

La implementació d'una bústia de suggeriments fomenta una cultura de retroalimentació oberta i constructiva a la planta de producció. Els empleats es senten valorats en saber que les seves opinions i contribucions són apreciades. A més, l'intercanvi constant d'idees i de retroalimentació promou l'aprenentatge i el desenvolupament professional tant a nivell individual com organitzacional.

Per últim, pot ajudar a identificar empleats amb talent i habilitats de lideratge. Aquells que aporten idees valuoses i consistents poden ser reconeguts i considerats per a rols de lideratge o projectes especials. Això promou el creixement i el desenvolupament dels empleats, i també fomenta una cultura de meritocràcia.



*Figura 12.3: Bústia de suggeriments.*

### 12.7. Criteri SVD per la selecció de la ubicació del sensor de temperatura

El criteri SVD (Selecció de Variables Dependents) és una tècnica utilitzada per seleccionar la variable més adequada per al control de temperatura a una columna de destil·lació. La selecció correcta de la variable dependent és essencial per garantir un control eficient i precís de la temperatura al procés de destil·lació.

La tècnica SVD es basa a analitzar la correlació entre les diferents variables de procés i la variable de temperatura objectiu. L'objectiu és identificar la variable que tingui una forta influència a la temperatura de la columna i que pugui ser controlada de manera efectiva.

El procés de selecció de la variable dependent mitjançant el criteri SVD implica els passos següents<sup>6</sup>:

1. Recull de dades: Es recopilen dades històriques de la columna de destil·lació, que inclouen mesuraments de temperatura i altres variables de procés rellevants. En aquest cas s'hauria fet una simulació.
2. Anàlisi de correlació: Es fa una anàlisi de correlació entre la variable de temperatura objectiu i les altres variables de procés. Això implica calcular els coeficients de correlació entre les variables i la temperatura objectiu.
3. Selecció de la variable: Se selecciona la variable amb la correlació més gran amb la temperatura objectiu. És a dir, aquella variable que mostra una relació més estreta i directa amb els canvis a la temperatura de la columna, en aquest cas el numero de plat.
4. Validació i verificació: Un cop seleccionada la variable dependent, es realitza una validació i verificació addicional per assegurar-se que la variable escollida sigui realment la més adequada per al control de temperatura. Això implica fer proves i simulacions per avaluar la resposta del sistema de control utilitzant la variable seleccionada.

En resum, el criteri SVD en la selecció de variables dependents consisteix a analitzar la correlació entre les variables de procés i la temperatura objectiu, i seleccionar la variable que mostri la correlació més gran i una influència significativa en la temperatura de la columna de destil·lació.<sup>7</sup>

En el cas de les columnes de destil·lació de la planta, totes funcionen de la mateixa manera, la temperatura de caps de columna es controla manipulant el cabal de reflux, mentre que la temperatura a cues, mitjançant el corrent de sortida de producte pesat d'aquesta. Per tant, l'estudi segons el criteri SVD tractaria en analitzar el comportament de la temperatura a cada plat de la columna aplicant un esglaó positiu i negatiu a la variable manipulada, és a dir del cabal de reflux i del cabal de producte pesat. L'esglaó que presenti un comportament més dependent, indicarà la millor localització per controlar la temperatura a dins de la columna. Degut a que les 3 columnes presenten el mateix sistema de control, s'aplicaria el criteri SVD a cadascuna d'elles.<sup>8,9</sup>

## 12.8. Implementació de més cabalímetres i sensors de temperatura


Un vegada fet i dissenyat el sistema de control, i tenint la oportunitat de observar la resta de plantes de producció de productes químics de la zona i parlant amb experts en control de sistemes, s'ha decidit que una millora seria incorporar més cabalímetres per tenir en compte en tot moment el cabal que hi circula per la planta i enregistrar més dades al sistema SCADA. Amb aquesta implementació obtindríem un millor coneixement sobre els fluxos del procés, i per tant, permet prevenir i localitzar més ràpidament un possible error o pertorbació del sistema.

## 12.9. Targetes d'incidències

L'equip del departament de producció de la planta, vol implementar en un futur pròxim, el funcionament d'unes targetes de diferents colors que presentin significats diferents.

En primer lloc, la targeta blava, situada a totes les zones de treball, accessible principalment pels operaris de planta. Es tracta d'una sol·licitud de manteniment, és a dir, quan un equip o qualsevol màquina (embalatge, etiquetatge del producte) necessiti un manteniment o un canvi en el seu funcionament, com per exemple un canvi en el posició del botó d'emergència o bé la necessitat

de modificar el HMI de l'equip. A continuació es mostra la plantilla de la targeta blava descrita amb anterioritat.

	
<b>SOLICITUD DE MANTENIMENT</b>	
DATA:	
EQUIP:	
UBICACIÓ (ZONA):	
SOLICITAT:	
DESCRIPCIÓ:	

*Figura 12.4: Plantilla targeta blava.*

Cal comentar que la implementació d'aquestes targetes permet tant a l'equip de manteniment com als encarregats de planta, mantenir un millor control sobre les incidències que es produeixen. També serveix com una manera de enregistrar aquestes sol·licituds i és un indicador de la càrrega de treball de l'equip de manteniment.

La targeta verda, permet un control sobre la entrada en mal estat de matèries primeres, necessàries per comercialitzar el producte, no només els reactius, si no altres elements necessaris com bidons de residus, garrafes de producte en mal estat, etc. De igual manera que amb les matèries primeres, també permet identificar lots de producte en un estat no comercialitzable, és a dir, que segons el departament de control de qualitat de l'empresa, el producte no es trobi dintre dels nostres límits de qualitat. D'aquesta manera, es reporta i es porten a cau les accions necessàries. A continuació es mostra la plantilla proposada per reportar aquestes incidències.

	
<b>ASISTÈNCIA TÈCNICA</b>	
DATA:	
EQUIP/MÀQUINA:	
UBICACIÓ (ZONA):	
PRODUCTE/LOT:	
NOM PERSONA:	
DESCRIPCIÓ:	

*Figura 12.5: Plantilla targeta verda.*

### 12.10. Planta pilot

La implementació d'una planta pilot dins una planta industrial ofereix diversos beneficis significatius. A continuació, s'esmenten alguns dels beneficis clau:

Permet validar i optimitzar el procés de fabricació a una escala reduïda abans de portar-lo a la producció a gran escala. Això ajuda a identificar possibles problemes i desafiaments, i permet fer ajustaments i millores abans d'invertir recursos en la implementació completa.

Avaluació de la viabilitat tècnica i econòmica: La planta pilot proporciona dades i resultats reals que permeten avaluar la viabilitat tècnica i econòmica del procés a escala industrial. Es poden analitzar variables clau com l'eficiència del procés, la qualitat del producte, els costos de producció i els requisits d'energia. Això ajuda a prendre decisions informades i fonamentades abans d'invertir en una modificació a gran escala.

En implementar una planta pilot, es poden identificar i mitigar els riscos associats amb la implementació a gran escala. La planta pilot permet provar diferents enfocaments, optimitzar processos i avaluar-ne el rendiment en condicions controlades. Això redueix la incertesa i el risc abans d'invertir recursos significatius en una planta industrial completa.

La planta pilot facilita la millora continuada i el desenvolupament de nous productes. Permet provar diferents formulacions, ajustar paràmetres de procés i avaluar el rendiment del producte en condicions semblants a la producció a gran escala. Això és especialment rellevant en indústries on la innovació i l'adaptabilitat són claus per mantenir-se competitius. Té la possibilitat de funcionar com un laboratori per provar i avaluar noves tecnologies, equips i processos abans d'implementar-los a la planta industrial completa. Això permet optimitzar la configuració i l'operació de la planta, millorar l'eficiència, reduir costos i minimitzar l'impacte ambiental.

A més, la implementació d'una planta pilot ofereix l'oportunitat de capacitar i formar el personal en l'operació del procés i en el maneig d'equips específics. El personal adquireix experiència pràctica i coneixements valuosos abans d'assumir rols i responsabilitats a la planta industrial completa. Això ajuda a garantir una transició suau i reeixida cap a la producció a gran escala.

En Ebez, la planta pilot es situa prop de la zona de reacció, ja que es conta amb un mini reactor d'alquilació amb el mateix funcionament que els d'escala industrial. Pel cas de la reacció de transalquilació, també es disposa d'un reactor de transalquilació per tal d'optimitzar el procés i millorar el producte en el mercat competitiu europeu.

### 12.11. Reduir plats de les columnes de destil·lació

Al realitzar un estudi més exhaustiu del procés de producció, en concret a les columnes de destil·lació CD-402 i CD-403, s'ha identificat un possible sobredimensionament excessiu.<sup>11</sup>

S'ha observat que la temperatura a caps de la columna CD-402, es manté constant en un valor de 173.5°C en els 5 plats més propers al condensador. És més, entre el plat 12 i el condensador, només s'observa una diferència de temperatura d' 1°C.

Per altra banda, la columna d'etilbenzè (CD-403), presenta un comportament similar però a la part de cues d'aquesta. La diferència de temperatura entre el plat 33 i el 40 (calderí) presenta un valor de 0.9°C.

Es proposa l'eliminació d'alguns plats, degut a que la composició de les sortides depèn principalment de la temperatura dels plats. A continuació es mostren les taules que recullen el comportament de la columna en funció de la temperatura a cada plat. D'aquesta manera es pot



veure les zones comentades amb anterioritat i observar el possible sobredimensionament d'aquestes.

*Taula 12.3: Temperatura de cada plat de les columnes CD-402 i CD-403.*

Columna CD-402		Columna CD-402	
Plat	Temperatura	Plat	Temperatura
0	173.5	0	241.6
1	173.5	1	241.9
2	173.5	2	242
3	173.5	3	242.2
4	173.5	4	242.4
5	173.6	5	242.6
6	173.6	6	242.8
7	173.7	7	243
8	173.7	8	243.3
9	173.9	9	243.6
10	174	10	244
11	174.2	11	244.5
12	174.5	12	245.1
12	174.9	12	246
14	175.5	14	247.6
15	176.3	15	249.6
16	177.4	16	251.9
17	178.8	17	253.4
18	181.1	18	254.5
19	185.2	19	254.8
20	185.6	20	258.7
21	186.8	21	264.7
22	190	22	273
23	192.8	23	280.8
24	196.3	24	284.5
25	200.6	25	287.6
26	205.7	26	290.2
27	211.4	27	292.3
28	217.3	28	293.9
29	222.9	29	295.1
30	227.9	30	296
31	232	31	296.7
32	235.3	32	297.2
33	237.8	33	297.6
34	239.7	34	297.9
35	241.1	35	298.1
36	242.3	36	298.2
37	243.6	37	298.3
38	245.5	38	298.4
		39	298.4
		40	298.5

## 12.12. Bibliografia

- [1] Qué es un Variador de Frecuencia, para qué sirve y cómo funciona. (2019, octubre 9). *aula21 / Formación para la Industria*. <https://www.cursosaula21.com/que-es-variador-de-frecuencia/>
- [2] CV30-075-4F SALICRU. (s/f). Novaut Smart Engineering. Recuperado el 4 de junio de 2023, de [https://www.novaut.com/es/variadores-de-frecuencia/122485-cv30-075-4f\\_salicru-6b1bc00006.html](https://www.novaut.com/es/variadores-de-frecuencia/122485-cv30-075-4f_salicru-6b1bc00006.html)
- [3] Ruiz, J. C. (2017). *SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE UREA* [Universidad Politécnica de Madrid (UPM)]. [https://oa.upm.es/49132/1/TFG\\_JAVIER\\_CORDERO\\_RUIZ.pdf](https://oa.upm.es/49132/1/TFG_JAVIER_CORDERO_RUIZ.pdf)
- [4] Setlik, F. (s/f). *¿Qué es y cómo aplicar la metodología 5S en su empresa? – Blog Calidad Simple*. Com.br. Recuperado el 4 de junio de 2023, de <http://blog.qualidadesimples.com.br/es/2017/08/28/o-que-e-e-como-aplicar-metodologia-5s-na-sua-empresa/>
- [5] Del Pino Gutiérrez, R. (2019). *Diseño preliminar de una planta de producción de 120.000 t/año de etilbenzenceno* [Universidad del País Vasco]. [https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/32718/TFG\\_DelPino\\_Gutierrez\\_Rev.pdf;jsessionid=4F10B924A8AA49D54BC081C940B4BB17?sequence=1](https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/32718/TFG_DelPino_Gutierrez_Rev.pdf;jsessionid=4F10B924A8AA49D54BC081C940B4BB17?sequence=1)
- [6] Saez, J. S. (2002). *GPC mediante Descomposición en Valores Singulares (SVD)* [Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/4924/tesisUPV1519.pdf>
- [7] Herrera, S. J. N. (s/f). *Control de Columnas de Destilación*. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/20374/fichero/Proyecto+completo.pdf>
- [8] H. Z. Kister, *Distillation Operation*. New York [etc.] McGraw-Hill, 1990
- [9] A.M. Alzate, *Modelado y Control de una Columna de Destilación Binaria*. Grupo de investigación Percepción y Control Inteligente. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, 2011
- [10] Espinoza, J. J. V. (2021). *Implementación de una planta piloto para el desarrollo integral de laboratorios remotos* [Universidad de Piura]. [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4822/MAS\\_IME\\_AUT\\_2101\\_CONF.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4822/MAS_IME_AUT_2101_CONF.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- [11] S. Skogestad, I. Postlethwaite, *Multivariable Feedback Control. Analysis and Design*. Chichester [etc.]: John Wiley and Sons, cop. 2005