



PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ETILBENZÈ

TREBALL DE FI DE GRAU

Enginyeria Química

Tutor: Rafa Bosch

Nina Chavchavadze
Sonia Guerrero Estrada
Carlos López Giraldez
Pau Millàs Garcia
María Fernanda Tomé Cabrera
Pau Vila González

UAB

Universitat Autònoma de Barcelona

e escola
d'enginyeria

PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ETILBENZÈ

CAPÍTOL 08:
POSADA EN MARXA

Tutor: Rafa Bosch

Nina Chavchavadze
Sonia Guerrero Estrada
Carlos López Giraldez
Pau Millàs Garcia
María Fernanda Tomé Cabrera
Pau Vila González

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

e escola
d'enginyeria

ÍNDEX

8. Posada en marxa	6
8.1. Introducció.....	6
8.2. Accions prèvies a la posada en marxa.....	7
8.2.1. Documentació prèvia a la primera posada en marxa.....	7
8.2.2. Tasques prèvies a la primera posada en marxa.....	9
8.2.3. Serveis.....	10
8.2.4. Equips.....	11
8.2.5. Seguretat.....	12
8.3. Procediment de posada en marxa des de zero.....	12
8.3.1. Posada en marxa A-100.....	13
8.3.2. Posada en marxa A-1400.....	16
8.3.3. Posada en marxa A-800, A-900, A-1000, A-1100, A-1200, A-1301 i A-1302.....	16
8.3.4. Posada en marxa A-1500.....	17
8.3.5. Posada en marxa A-200.....	18
8.3.6. Posada en marxa A-300.....	18
8.3.7. Posada en marxa A-400.....	19
8.3.8. Posada en marxa A-600.....	20
8.3.9. Posada en marxa A-500.....	21
8.3.10. Posada en marxa A-700.....	21
8.4. Parada planificada de la planta.....	22
8.5. Aturada d'emergència de la planta.....	23
8.6. Bibliografia.....	24

8. Posada en marxa

8.1. Introducció

Un cop finalitzat el disseny i la construcció de la planta de BenzEt S.L., juntament amb la instal·lació i validació de tots els equips, canonades, maquinària i accessoris que la conformen, s'estudia la posada en marxa d'aquesta. Una posada en marxa es defineix com el procés d'arrencada, regulació i calibrat de tots els equips i sistemes de forma planificada, on es verifica la correcta execució de les fases anteriors. ^[1]

Per tal de realitzar correctament la posada en marxa del procés productiu cal portar a terme un conjunt d'accions prèvies, les quals són necessàries per garantir un correcte funcionament i seguretat de la planta i dels equips que hi trobem en ella. Primerament, es posen en marxa les àrees A-100 i A-1500, corresponent a les àrees de serveis i tractament de residus respectivament.

Aquesta decisió s'explica perquè d'una banda els serveis de planta com el nitrogen, l'aire comprimit o els fluids refrigerants com l'aigua o l'aigua glicolada són essencials per l'activitat de la majoria d'equips de la resta d'àrees i per altra banda l'aviat funcionament de la zona de tractament de residus és primordial degut que es generen residus des del moment en que s'inicia el procés i també perquè si hagués qualsevol inconvenient en la posada en marxa de la resta d'àrees existeix la possibilitat d'haver de tractar els corrents generats.

Un cop es finalitzen les dos posades en marxa esmentades es continua amb la resta d'àrees i equips, havent-hi un protocol a seguir, ben rigorós i definit, a més d'un ordre establert per a la posada en marxa de tota la planta.

Cal destacar que s'estudien tres posades en marxa diferents, segons el motiu de la parada o el punt de partida de la planta, aquestes són:

- Posada en marxa des de zero, al finalitzar la construcció de la planta i voler iniciar l'estat operatiu.
- Posada en marxa des d'una parada planificada, detallades anteriorment a les especificacions del projecte.
- Posada en marxa des d'una parada d'emergència.

Els dos primers tipus de posada en marxa esmentats són bastant semblants, amb la diferència que la posada en marxa des de zero requereix de més passos i comprovacions a realitzar ja que és necessari comprovar que el disseny i la instal·lació és correcte i que els equips estan degudament connectats, calibrats i instal·lats. Aquests passos extrems inclouen, per exemple, proves de pressió, cabal i temperatura. En canvi, la posada en marxa des de una parada d'emergència és molt més minuciosa i complexa degut a la àmplia varietat de causes per les quals s'ha pogut necessitar parar la planta. A més, es poden provocar variacions de les condicions normals d'operació, la qual cosa pot tenir conseqüències nefastes si posteriorment la posada en marxa no es realitza correctament, requerint aleshores un acondicionament o buidat d'alguns equips de la planta.

Es remarca que és un requisit d'obligat compliment que el personal que realitza la posada en marxa de la planta ha de conèixer al detall el funcionament d'aquesta, a més a més de ser personal qualificat pel treball atorgat, disposar de EPIs, conèixer el protocol d'evacuació de la planta i haver presentat a Recursos Humans els certificats que demostren haver realitzat els següents cursos formatius:

- PrevenControl. Seguretat, salut i riscos laborals.
- Bureau Veritas. Directiva i seguretat a medis ATEX.
- Euroinnova. Curs contra incendis.

8.2. Accions prèvies a la posada en marxa

Per tal d'evitar possibles inconvenients al llarg de la posada en marxa i també amb motiu de comprovar que tot està a punt per tal que aquesta es dugui a terme, cal realitzar una sèrie d'accions prèvies les quals s'exposen en aquest apartat.

8.2.1. Documentació prèvia a la primera posada en marxa

És necessari disposar de la documentació pertinent que mostri que tots els equips que es fan servir a la planta han estat degudament testats prèviament pel proveïdor tant de bo mitjançant un test de fàbrica o sinó a través de la documentació oficial. Els documents requerits són els certificats de materials, els documents DQ, IQ, OQ, PQ i també els corresponents manuals d'ús dels equips i accessoris.

8.2.1.1. Certificats de materials

És de vital importància assegurar que els materials utilitzats als equips, canonades, instruments i accessoris són els exigits a les empreses proveïdores d'aquests, principalment perquè es treballa a temperatures i pressions elevades i és per això que a BenzEt S.L. s'han escollit els materials d'acord a les necessitats del procés i de les característiques de les substàncies utilitzades. Per assegurar que els proveïdors satisfan les comandes es requereixen el certificats de materials.

Els certificats més comuns són el 2.1 i el 3.1, sent el darrer el que presenta una evidència més robusta del compliment dels requeriments donats degut a que un organisme extern al proveïdor també ha de confirmar la validesa del material mitjançant diferents anàlisis. Pel cas de la nostra planta s'ha exigít el certificat 3.1 per aquelles superfícies i parts de la maquinària que tenen contacte directe amb les substàncies implicades al procés. Per a la resta de materials s'ha exigít un certificat 2.1. ^[2] ^[3]

8.2.1.2. DQ, IQ, OQ i PQ

Per assegurar un correcte disseny i funcionament dels equips també es requereixen als proveïdors els documents DQ, IQ, OQ i PQ dels equips implementats a tota la planta. A continuació s'exposa detalladament cada tipus de document.

Primerament es presenta la qualificació del disseny (DQ), aquest és un protocol de verificació que assegura que el disseny de l'equip compleix amb els requisits i normes de seguretat legals, a més de complir amb els requisits operatius definits per BenzEt S.L. i amb el propòsit concebut.

També es presenta la qualificació de la instal·lació (IQ), el qual és el protocol de verificació que certifica que la instal·lació de l'equip s'ha realitzat amb totes les premisses definides a la DQ. Aquest protocol es realitza al llarg de la instal·lació de l'equip i s'executa la seva validació al final d'aquesta.

Seguidament es presenta la qualificació de l'operació (OQ), el protocol i també informe de resultats que verifica que tots els elements de l'equip compleixen amb els requisits marcat a la fase de disseny i es compleix amb els valors dels paràmetres establerts com pressió, temperatura, entre altres.

Finalment es presenta la qualificació de funcionament (PQ), el protocol i també informe de resultats que demostra la efectivitat i reproductibilitat del procés. Aquesta es realitza un cop es supera la IQ i OQ, a més, la qualificació es realitza en condicions normals d'operació de la zona i forçant els límits d'operació per així demostrar un funcionament correcte i constant.

És clau destacar que els protocols IQ i OQ s'han d'actualitzar cada cop que hi hagi un canvi significatiu en l'equip. ^[4]

8.2.1.3. Manuals d'equips, accessoris i instrumentació

Un altre tipus de documentació també molt important són els manuals d'ús i funcionament de tots els equips, accessoris i instrumentació de la planta. Aquests són útils per formar al personal de la planta, realitzar el manteniments, reparacions dels equips o maquinària i també per conèixer detalladament les característiques i especificacions d'aquests. A més a més, també proporcionen informació respecte com dur a terme les parades i posades en marxa.

8.2.2. Tasques prèvies a la primera posada en marxa

La posada en marxa és un moment crític i encara més per plantes que tenen un procés productiu en continu com la de BenzEt S.L., és per això que s'ha de reduir al màxim la possibilitat de cometre errades a l'hora de posar en marxa la planta si aquesta està completament parada.

Per minimitzar la possibilitat d'errada i aconseguir que el procés arribi a l'estat estacionari el més aviat possible, sempre d'una forma segura, i així també tenir les menors despeses econòmiques s'han llistat un seguit de tasques a fer abans de posar en marxa la planta tant des de zero com després d'una parada planificada.

Les tasques i consideracions proposades s'han dividit en dos grups, d'una banda tots aquells punts relacionats amb organització i comprovacions i d'altra banda els punts relacionats amb inspeccions, proves i manteniment. Tots ells es presenten a continuació.

Respecte l'organització i les comprovacions a realitzar trobem:

- Organització del personal de la planta, tenint present els torns de treball establerts i les funcions assignades a cada treballador.

- Comprovació de la validesa dels documents DQ, IQ, OQ, PQ per estalviar futurs problemes legals a les auditories.
- Comprovació de la disponibilitat de matèries primeres i catalitzador a la planta i dels proveïdors.
- Comprovació de la disponibilitat dels serveis de planta necessaris a la planta i dels proveïdors.
- Comprovació de la disponibilitat de recanvis de components d'equips, instruments i accessoris al stock.
- Comprovació dels protocols establerts a la planta industrial BenzEt S.L.

Respecte les inspeccions, proves i manteniment trobem:

- Inspecció de components com canonades, vàlvules, equips, aïllants, cablejat, instrumentació, estructures, senyalització, instal·lació elèctrica i mesures contra incendis com per exemple el nivell de la bassa contra incendis.
- Proves d'estanquitat, de pressió, hidràuliques, pneumàtiques i del sistema elèctric.
- Proves de control i instrumentació, comprovant que els sensors estan calibrats adequadament.
- Manteniment dels equips, instrumentació i accessoris, tenint en compte el calibrat i també la seva neteja i reparació al taller.

8.2.3. Serveis

Tal com s'ha esmentat anteriorment aquesta serà la primera àrea que es posarà en marxa de tota la planta industrial ja que el subministre de serveis és fonamental pel correcte funcionament de gairebé tots els equips presents al procés productiu i a la resta d'àrees de la planta.

Primerament, es comprova la connexió elèctrica des de la línia de 20 kV i la configuració dels interruptors de les estacions elèctriques, la qual proporciona el subministre d'energia elèctrica i conseqüentment també l'enllumenat o energia lumínica. A més, es realitza un test de continuïtat de subministrament a tots els serveis i s'aïllen i es purguen les línies.

També es comprova el correcte funcionament de la xarxa de clavegueram de la planta.

Els passos a seguir per tal de posar en marxa l'àrea de serveis de la planta s'expliquen posteriorment a l'apartat 8.3.1.

8.2.4. Equips

En aquest apartat es mostren les principals proves que es realitzen als equips de la planta abans de la posada en marxa per tal de comprovar el correcte funcionament d'aquests. Per dur-ho a terme es fan proves hidràuliques i de pressió. A més a més, en aquest apartat es detalla també la posada en marxa de bombes i compressors.

8.2.4.1. Proves hidràuliques i de pressió

Aquests processos només es faran en la primera posada en marxa des de zero de la planta.

En el cas de les proves hidràuliques es realitzen mitjançant la introducció d'un traçador (aigua desionitzada amb un pigment inert típicament) a les línies de procés, incloent canonades i equips. L'objectiu d'aquest procediment és poder observar el moviment d'aquest per la planta i poder detectar la presència de fuites en canonades o unions d'equips, canonades, instrumentació o accessoris. També es fa servir per detectar possibles volums morts en equips i la seva resistència mecànica.

Cal remarcar la importància de la necessitat de purga de les línies de procés en la seva totalitat i el correcte assecament d'aquestes ja que en cas contrari es produirien problemes de contaminació del producte o fins i tot podria suposar perills si els materials no fossin compatibles.

D'altra banda, les proves de pressió que es duen a terme consisteixen en fer passar un gas sec a pressió per les línies de procés i equips, de la mateixa manera que el traçador en les proves hidràuliques, per així poder comprovar que el disseny dels equips, vàlvules, canonades i accessoris és correcte. D'aquesta manera s'assegura que es compleix amb les condicions de pressió màxima de disseny especificades pels proveïdors, garantint la seguretat de la planta.

8.2.4.2. Bombes i compressors

Pel cas de les bombes i dels compressors cal seguir un procediment en concret a l'hora de realitzar la posada en marxa de la planta, és per això que aquests es detallen en un apartat diferenciat. Tot i això, ambdós equips compten amb un manual tècnic del proveïdor on es detallen els punts a seguir i els paràmetres a tenir en compte per posar-los a punt per a la posada en marxa.

Primerament, respecte les bombes majoritàriament centrífugues, cal inundar el seu eix intern, evitant així la presència d'aire al seu interior ja que aquest pot causar greus danys a l'equip un cop es trobi en operació. L'inundació es pot dur a terme mitjançant dos mètodes diferents: obrint la vàlvula de comporta d'aspiració i afluixant la rosca de purga d'aire fins que el nivell de líquid a la bomba i el de sortida siguin els òptims o si aquest mètode falla es pot omplir amb una font externa de líquid connectada a l'orifici d'encebament i alhora afluixant l'orifici de purga d'aire.

Respecte els compressors el procediment és més senzill, únicament s'ha de purgar durant uns minuts per expulsar les possibles impureses al seu interior. Això s'aconsegueix obrint la vàlvula de purga i el regulador de gas de sortida. Un cop esperat el temps indicat pel manual tècnic es connecta la sortida del compressor a la línia del procés i s'ajusta el regulador de pressió de sortida a les necessitats requerides pel procés.

8.2.5. Seguretat

També és indispensable comprovar els elements de seguretat de la planta abans d'una posada en marxa, tant els elements instal·lats a la planta com els elements de protecció dels treballadors.

Cal revisar els següents punts:

- Disposició d'un protocol d'evacuació en cas d'emergència.
- Comprovació del correcte funcionament dels detectors de fum, flama i foc.
- Recompte, revisió i col·locació dels equips de protecció individual (EPI).
- Assegurar unes condicions higièniques i òptimes de treball a la planta.
- Comprovació i localització de les dutxes d'emergència, extintors, hidrants i la resta d'equips contra incendis.

8.3. Procediment de posada en marxa des de zero

S'entén per posada en marxa des de zero aquella que es realitza per primer cop en la vida de la planta industrial, just després de la construcció d'aquesta. El procediment explicat en aquest apartat de posada en marxa de cada àrea de la planta per primer cop també pot gairebé extrapolar-se a la posada en marxa després de la parada planificada per realitzar manteniment i neteja d'equips.

A continuació, a la *Taula 8.1* es presenta un llistat on s'indica l'ordre a seguir a la posada en marxa des de zero ja que hi ha àrees de la planta que tenen prioritats respecte d'altres. Alhora,

dins de cada àrea hi ha equips que s'han de posar a punt abans que d'altres, tot i que això es detalla a l'apartat de cadascuna de les àrees de forma més específica.

Taula 8.1. Seqüència a seguir en la posada en marxa des de zero segons l'àrea de la planta.

Seqüència	Àrea de la planta	Descripció
1	A-100	Serveis
2	A-1400	Àrea contra incendis
3.1	A-1100	Oficines i laboratoris
3.2	A-1000	Vestuaris
3.3	A-800	Sala de control
3.4	A-900	Taller
3.5	A-1301 i A-1302	Sales de control d'accés
3.6	A-1200	Aparcament
4	A-1500	Tractament de residus
5	A-200	Emmagatzematge de reactius
6	A-300	Condicionament de reactius
7	A-400	Reacció d'alquilació
8	A-600	Purificació i recuperació de producte
9	A-500	Reacció de transalquilació
10	A-700	Emmagatzematge de producte

8.3.1. Posada en marxa A-100

La primera àrea en posar-se en marxa és la de serveis, tal com s'ha esmentat a l'inici d'aquest capítol, degut a que aquests són requerits per pràcticament tots els equips i instruments del procés pel seu funcionament. És per això que per tal de posar en marxa les àrees relacionades amb el procés productiu l'àrea de serveis ha d'estar operativa.

Dins d'aquesta àrea hi trobem diferents serveis, aquests es posen en marxa en ordre de prioritat el qual és el següent:

1. Electricitat

2. Aire comprimit
3. Nitrogen
4. Aigua de refrigeració
5. Aigua glicolada al 30%

8.3.1.1. Electricitat

Aquest és el primer servei es posar-se en marxa degut a que és vital pel funcionament de la planta ja que tant les instal·lacions com tots els equips presents a la planta necessiten un subministrament elèctric per poder operar.

La posada en marxa consisteix en l'activació i configuració dels interruptors de les subestacions elèctriques. A més a més, és necessari revisar el grup electrogen autònom que aprovisiona la planta d'electricitat en cas de tall del subministrament elèctric principal al llarg de la posada en marxa.

Un cop s'ha activat el sistema de subministrament elèctric es comprova que aquest aporta electricitat a tots els punts on hi ha una necessitat a les diferents àrees de la planta.

Cal destacar que la principal font d'energia elèctrica durant l'operació normal de la planta s'obté a través de la cogeneració amb la turbina de gas situada a l'àrea de serveis Tg-101, aquesta no podrà posar-se en marxa fins a finalitzar la posada en marxa de la columna C-601 a l'àrea A-600. Durant la posada en marxa de la planta s'utilitza com a font principal d'energia la xarxa pública que proporciona fins a 20 kV de tensió la qual es redueix a 440 V.

Un cop posada en marxa la turbina de gas, l'energia proporcionada per la xarxa pública s'utilitzarà per l'ús a la parada planificada o parades d'emergència, en cas de fallada també d'aquesta es fa servir el grup electrogen.

8.3.1.2. Aire comprimit

Totes les vàlvules pneumàtiques de la planta requereixen d'aire comprimit pel seu funcionament i aquestes es poden trobar a gairebé totes les àrees implicades en el procés productiu.

Per realitzar la posada en marxa d'aquest servei cal primer connectar el compressor Co-101 a la xarxa de subministrament elèctric i posar-ho en marxa seguint el procediment explicat a l'apartat 8.2.4.2. A continuació, un cop es posa a punt l'equip es connecta el corrent de sortida del compressor, el qual incorpora el tanc pulmó d'aire comprimit, a la xarxa de canonades per on l'aire comprimit es distribueix als instruments.

Al comptar amb un tanc pulmó d'aire comprimit el compressor opera en discontinu ja que de forma automàtica només es posa marxa al detectar baixades de pressió al tanc, per tant, un cop oberta la vàlvula de sortida d'aquest no caldrà tornar a modificar la seva obertura per controlar l'aire subministrat.

Finalment, es comprova que l'aire comprimit arriba a tots els punts necessaris de planta, és a dir, a les vàlvules de control distribuïdes al llarg de la planta i també les fa accionar correctament.

8.3.1.3. Nitrogen

El nitrogen també és un dels serveis imprescindibles de la planta ja que és necessari per realitzar la inertització d'equips i de línies del procés, garantint així la seguretat la planta i reduint la possibilitat d'incendi o explosió. A més, també es fa servir per fer el venteig de tancs d'emmagatzematge de material líquid, controlant així la pressió d'aquests.

La posada en marxa d'aquest servei, en aquest cas és realitzada per l'empresa proveïdora del tanc d'emmagatzematge de nitrogen líquid i de l'evaporador, és a dir, per l'empresa Linde.

8.3.1.4. Torres de refrigeració

Respecte les torres de refrigeració que proporcionen aigua com a fluid refrigerant a alguns bescanviadors de calor de la planta per tal de posar-les en marxa cal seguir estrictament les instruccions tècniques marcades pel fabricant.

Prèviament a la posada en marxa és necessari realitzar una neteja i desinfecció de l'equip. Un cop això s'ha fet s'omple amb aigua el dipòsit fins el nivell òptim indicat pel fabricant.

Quan s'ha arribat al nivell idoni es connecten els ventiladors que proporcionen l'aire per refredar el fluid i també es posen en marxa les bombes. Finalment es torna a comprovar el nivell de líquid per així corregir-lo en cas d'haver-se causat modificacions en aquest.

En el moment que s'arriba a la temperatura desitjada s'obre la vàlvula de sortida de la tercera torre de refrigeració i es comprova que el fluid arriba a tots els punts de la planta necessaris a la temperatura de disseny. ^[5]

8.3.1.5. Chiller

Per tal de posar en marxa el chiller que refreda aigua glicolada per ser utilitzat com a fluid refrigerant al condensador Cd-601 cal seguir també els passos indicats pel proveïdor.

Primerament, s'omple el medi refrigerant dins el dipòsit, abans de fer-ho s'ha d'assegurar que totes les vàlvules romanen completament obertes. El fluid s'introdueix al dipòsit a través del tap d'ompliment fins el nivell indicat pel fabricant.

A continuació, es procedeix a connectar a la xarxa elèctrica l'equip, es comprova el gir dels motors i la estanquitat dels elements per on circula el fluid refrigerant i que conformen el chiller.

Finalment, es comprova que l'aigua glicolada arriba als punts necessaris de la planta a la temperatura de disseny.

8.3.2. Posada en marxa A-1400

És imprescindible que després de la posada en marxa de l'àrea de serveis (A-100) es procedeixi a posar a punt l'àrea contra incendis (A-1400) per si es requerís l'aigua de la bassa a les posteriors etapes de la posada en marxa de la planta.

Per posar en marxa la bassa contra incendis únicament s'ha d'omplir aquesta fins el nivell indicat i dur a terme una comprovació del correcte funcionament de les vàlvules i bombes instal·lades.

Finalment es comprova que l'aigua arriba a totes les boques d'incendis equipades (BIEs), hidrants i ruixadors de la planta.

8.3.3. Posada en marxa A-800, A-900, A-1000, A-1100, A-1200, A-1301 i A-1302

Un cop posada en marxa l'àrea de serveis i l'àrea contra incendis es pot procedir a la posada en marxa simultània des de l'àrea A-800 fins l'àrea A-1302.

La posada en marxa de totes i cadascuna és ben similar, a totes les àrees primerament cal connectar la xarxa elèctrica per tal de fer funcionar els llums i la calefacció.

Pel cas de l'àrea A-800 (sala de control) a més a més caldrà posar en marxa els ordinadors de la sala i assegurar la connexió a *Ethernet* i *SCADA* per poder controlar els paràmetres del procés i posar operativa l'àrea.

Respecte l'àrea A-900 (taller) cal comprovar també la disposició de les eines necessàries per realitzar el manteniment bàsic dels equips i també verificar que peces com per exemple recanvis es troben emmagatzemades a l'àrea A-200.

A l'àrea A-1100, les oficines i laboratoris, es calibren els diferents equips del laboratori i es connecta l'edifici a la xarxa de subministrament d'aigua de xarxa i potable.

Pel cas de l'àrea A-1200, cal comprovar el bon estat de l'aparcament i que la il·luminació de la zona funciona correctament.

Finalment, respecte les àrees de control d'accés A-1301 i A-1302 només cal comprovar el funcionament de les barreres de seguretat des de ambdós sales.

8.3.4. Posada en marxa A-1500

Únicament després de posar en marxa l'àrea A-100 i A-1400 es pot procedir amb la posada en marxa de l'àrea de tractament de residus (A-1500). És important posar en marxa aquesta àrea abans d'iniciar amb la posada en marxa de les àrees implicades en el procés productiu, degut a que si una vàlvula de seguretat o un disc de ruptura s'obren els fluids estan conduïts a l'àrea de gestió de residus per ser cremats i emesos a l'atmosfera en forma de diòxid de carboni i aigua. Això permet que no s'emetin gasos tòxics a l'atmosfera.

Primerament es comprova l'estat de les vàlvules de l'àrea i el seu correcte funcionament i després es procedeix a la posada en marxa de la torxa, la qual es fa en dos fases.

La primera fase es realitza sense presència de flama on es configuren els punts de mínima i màxima potència. A continuació es passa a la següent fase en presència de flama on es mesura la temperatura i la composició de sortida del corrent de la torxa per tal de verificar el correcte funcionament de l'equip. ^[6]

Cal especificar que el combustible utilitzat per fer les proves és importat, no és el combustible generat per la planta, ja que al no haver posat en marxa l'àrea A-600, exactament la columna de destil·lació C-601, encara no es disposa d'aquest.

La posada en marxa de la torre d'absorció de CO₂ no és realitzada fins finalitzar amb la posada en marxa de la turbina de gas, la qual genera el corrent de productes de combustió que es tracta en aquest equip. El procediment és realitzat pel proveïdor del sistema.

8.3.5. Posada en marxa A-200

En aquesta àrea es troben els tancs d'emmagatzematge del benzè líquid i la seva corresponent zona de descàrrega dels camions que transporten el reactiu a la planta. També s'ha instal·lat en aquesta zona el tanc pulmó d'etilè i els turboexpansors que redueixen la pressió del corrent de sortida.

La posada en marxa d'aquesta àrea es basa en l'ompliment dels 10 tancs instal·lats, tot i que aquest procediment no pot realitzar-se sense la prèvia inertització dels tancs amb el nitrogen provinent de l'àrea de serveis. El procés d'inertització només pot ser realitzat per personal altament qualificat d'empreses que disposen del carnet de categoria PPL III. D'aquesta manera es redueix el risc d'accidents i es garanteix la seguretat a la planta i el compliment de la normativa MI-IP06.

Un cop posat en marxa el sistema d'inertització dels tancs a través de les pertinents vàlvules de control es procedeix a l'ompliment del tanc. Primerament es tanquen manualment les vàlvules de sortida del tanc d'emmagatzematge i s'obre la vàlvula d'entrada al tanc. A continuació es posa en marxa el sistema de refrigeració del tanc obrint la vàlvula d'entrada i sortida del corrent de fluid refrigerant i comprovant que aquest flueix correctament. Després es posen en marxa els diversos llaços i elements de control del tanc. D'altra banda es comprova que a l'àrea de descàrrega es troba el camió que descarregarà el reactiu i es connecta la mànega del sortidor al camió. Un cop realitzades les comprovacions pertinents per assegurar que no hi hagi fuites i el procés és segur es procedeix amb la descàrrega i conseqüentment l'ompliment del tanc. Finalment, un cop arribat al nivell d'operació dels tancs, indicat pel transmissor pertinent, es procedeix a la finalització de la descàrrega tancant la vàlvula d'entrada al tanc, desacoblant la mànega del camió i obrint la vàlvula de sortida del tanc.

Cal destacar que abans d'obrir la vàlvula de sortida del tanc és imprescindible comprovar que no existeix cap fuga del tanc, la qual es veu reflectida al cubeto pertinent.

Respecte el tanc pulmó d'etilè, un cop el procediment d'inertització s'ha completat es procedeix a l'ompliment del tanc, posant a punt prèviament els llaços i elements de control del tanc. A continuació, cal tancar manualment la vàlvula de sortida del tanc i obrir la vàlvula d'entrada. Quan la pressió del tanc arriba a la pressió d'operació es procedeix a obrir la vàlvula de sortida del tanc i permetre que el PLC actuï sobre els elements de control per tal de regularitzar el procés.

8.3.6. Posada en marxa A-300

En aquesta zona es troba el forn d'escalfament del benzè provinent dels tancs d'emmagatzematge de l'àrea A-200 i també s'escalfa alhora el corrent que s'introdueix al reactor de transalquilació.

Per posar en marxa els ventiladors del forn únicament cal connectar-los a la xarxa elèctrica, comprovar el sentit de gir i ajustar la potència d'operació requerida.

Per tal de posar a punt el forn s'han de seguir les instruccions facilitades al manual tècnic pel fabricant. Primerament, es comprova que totes les vàlvules d'entrada i sortida es troben tancades. A continuació s'obren les vàlvules d'entrada i sortida de l'aire, posant en marxa també els ventiladors. Finalment es proporciona el combustible al forn, el qual és importat en la posada en marxa ja que encara la planta no ha produït el corrent de combustible de la columna de destil·lació. Per això es connecta el corrent d'entrada a una font d'alimentació externa i s'obre la vàlvula d'entrada de combustible. Un cop arribada a la temperatura de consigna s'obre la vàlvula d'entrada i sortida del corrent de benzè al forn.

Abans de començar amb la següent posada en marxa cal mesurar la composició del corrent de sortida del forn amb els productes de la reacció de combustió per tal d'assegurar que es compleixen amb els límits d'emissió a l'atmosfera de diòxid de carboni establerts.

8.3.7. Posada en marxa A-400

A l'àrea A-400 és on té lloc la reacció d'alquilació en 3 reactors catalítics adiabàtics multitubulars i també el refredament de la línia principal a través d'un seguit de bescanviadors de calor.

L'ordre de posada en marxa dels equips serà primerament els bescanviadors de calor i finalment els reactors, d'aquesta manera s'assegura que la entrada als reactors es dona a la temperatura òptima.

Els 5 bescanviadors de calor que es troben a la zona es posen en marxa seguint el mateix protocol. Primerament cal comprovar les connexions d'entrada i sortida de la carcassa i dels tubs. Un cop verificat es posen a punt els llaços i els elements de control relacionats amb aquests equips i les línies de procés de fluid refrigerant. Seguidament, s'obren les vàlvules d'entrada i sortida de fluid refrigerant, assegurant el pas del fluid. Es comprova la temperatura del fluid i s'ajusta a la temperatura de disseny. Finalment, un cop aconseguida la temperatura de treball s'obren les vàlvules d'entrada i sortida del bescanviador pertinent.

Respecte els reactors, per posar tots tres en marxa cal seguir el mateix procediment. Primerament es comprova que el catalitzador es troba fix a les parets dels tubs del reactor i que aquest no està desactivat. A més, també cal verificar que en cas d'emergència el fluid refrigerant circula per la carcassa. Aquesta verificació es du a terme obrint la vàlvula d'entrada i sortida de fluid refrigerant, es comprova que aquest circula i s'asseca la carcassa. Un cop comprovat que no hi ha cap fluid es tanquen les vàlvules d'entrada i sortida de fluid refrigerant. A continuació es posen en marxa els llaços i elements de control. Finalment, s'obre la vàlvula d'entrada al reactor, fent circular el benzè i l'etilè pel reactor fins assolir la pressió i la temperatura d'operació. Un cop arribada s'obre la vàlvula de sortida del reactor.

8.3.8. Posada en marxa A-600

En aquesta àrea es troben les columnes de destil·lació del procés, amb els seus pertinents condensadors i reboilers. A més, també es troben diverses bombes, les quals es posen en marxa seguint el protocol esmentat a l'apartat corresponent (8.2.4.2).

L'àrea A-600 només pot iniciar la seva posada en marxa un cop la de l'àrea A-400 hagi finalitzat.

A continuació es mostra el procediment establert per posar en marxa totes les columnes de destil·lació de l'àrea, partint de la situació on totes les vàlvules d'entrada i sortida a la columna estan tancades.

Primerament es procedeix a posar en marxa els condensadors i els reboilers, posant a punt els llaços i elements de control i posteriorment obrint les vàlvules d'entrada i sortida de fluid refrigerant tant dels condensadors com dels reboilers, comprovant que el fluid circula per l'equip correctament i a la temperatura de disseny.

A continuació, s'inicia amb la primera columna on es selecciona una relació de reflux total i s'obre la vàlvula d'entrada a la columna i també la vàlvula de sortida per cues. Un cop la columna arriba a l'estat estacionari es modifica la relació de reflux a la d'operació i s'obre la vàlvula de sortida de caps de la primera columna. [7]

El procediment esmentat es pot aplicar a les tres columnes de destil·lació, havent-se d'iniciar la posada en marxa de cadascuna al finalitzar amb la de la columna anterior.

8.3.9. Posada en marxa A-500

L'àrea A-500 és aquella on té lloc la reacció de transalquilació per recuperar etilbenzè del dietilbenzè format a l'àrea A-400. Aquesta àrea només pot iniciar la seva marxa un cop l'àrea A-400 i A-600 hagin finalitzat la seva posada en marxa.

En aquesta zona es troba el reactor de transalquilació i un bescanviador de calor que preescalfa el benzè i el dietilbenzè que posteriorment entren al forn de l'àrea A-300. El procediment de posada en marxa és el mateix que el presentat a l'apartat 8.3.7.

8.3.10. Posada en marxa A-700

En aquesta àrea es troben els tancs d'emmagatzematge de producte, l'etilbenzè, i la seva corresponent zona de càrrega dels camions que transporten el producte als diferents compradors.

La posada en marxa d'aquesta àrea es basa en l'ompliment dels tancs 3 instal·lats, tot i que aquest procediment no pot realitzar-se sense la prèvia inertització dels tancs amb el nitrogen provinent de l'àrea de serveis. El procés d'inertització només pot ser realitzat per personal altament qualificat d'empreses que disposen del carnet de categoria PPL III. D'aquesta manera es redueix el risc d'accidents i es garanteix la seguretat a la planta i el compliment de la normativa MI-IP06.

Un cop posat en marxa el sistema d'inertització dels tancs a través de les pertinents vàlvules de control es procedeix a l'ompliment del tanc. Primerament es tanquen manualment les

vàlvules de sortida i entrada del tanc d'emmagatzematge d'entrada. A continuació, es posa en marxa el sistema de refrigeració del tanc obrint la vàlvula d'entrada i sortida del corrent de fluid refrigerant i comprovant que aquest flueix correctament. Després es posen en marxa els diversos llaços i elements de control del tanc. Un cop realitzades les comprovacions pertinents per assegurar que no hi ha fuites i que el procés és segur es procedeix amb l'ompliment del tanc obrint la vàlvula d'entrada. Finalment, un cop arribat al nivell d'operació dels tancs, indicat pel transmissor pertinent, s'assegura el tancament de la vàlvula d'entrada al tanc.

Es comprova que no existeix cap fuga del tanc, la qual es veu reflectida al cubeto pertinent.

Per realitzar la descàrrega dels tancs cal primer connectar la mànega del sortidor al camió, comprovar la connexió i finalment obrir la vàlvula de sortida del tanc.

8.4. Parada planificada de la planta

Tal com s'ha esmentat anteriorment la planta de BenzEt S.L. disposa de 15 dies a l'any per realitzar parades planificades. Aquesta és una única parada planificada de 15 dies a l'agost, provocant aleshores que la planta es trobi operativa 350 dies l'any.

Les parades planificades es duen a terme per realitzar la neteja i el manteniment dels equips de la planta i de les diferents àrees, com per exemple, la renovació del catalitzador dels reactors d'alquilació i de transalquilació.

Per tal de realitzar la parada de forma òptima i econòmica cal seguir un rigorós protocol per mantenir la seguretat en la planta i alhora aconseguir un aprofitament màxim de la matèria que es troba en moviment en el procés.

Primerament cal reduir el subministre de reactius, tancant les vàlvules de sortida dels tancs d'emmagatzematge de benzè de l'àrea A-200 i del tanc pulmó d'etilè de l'àrea A-300 fins aconseguir el mínim cabal acceptat pels equips del procés. Com a conseqüència de la variació de cabal serà necessari augmentar la relació de reflux en les columnes de destil·lació i variar el cabal de fluid refrigerant aportat als bescanviadors de calor del procés. Un cop obtinguda la major part del producte que inicialment es trobava en moviment pel procés es procedeix a tancar completament el subministre de reactius i fer el buidatge dels equips. D'aquesta manera la quantitat a purgar serà menor que si haguessin tancat les vàlvules de sortida de reactius completament. Els últims equips a ser buidats són els reactors ja que s'ha

d'esperar a que la reacció finalitzi per començar a purgar-los per fer-ho de forma segura. Finalment es paren els equips de serveis i de l'àrea de gestió de residus i es talla la connexió electrònica de tots els equips.

La posada en marxa després d'una parada planificada és gairebé idèntica a una posada en marxa des de zero però amb un seguit de variacions que es presenten a continuació:

- No és necessari posar en marxa els tancs d'emmagatzematge de reactius.
- La posada en marxa de l'àrea A-100 (serveis) serà parcial ja que a la parada planificada no es talla el subministre d'electricitat a la planta.
- No es realitza cap neteja als tancs que contenen reactiu o producte, només aquells que hagin estat purgats.
- No és necessari posar en marxa les àrees que no estan directament implicades en el procés productiu (A-800, A-900, A-1000, A-1100, A-1200, A-1301, A-1302, A-1400)

8.5. Aturada d'emergència de la planta

A qualsevol planta industrial existeix la possibilitat d'haver de realitzar una aturada d'emergència d'aquesta de durada indeterminada, la qual pot suposar grans pèrdues econòmiques segons la gravetat de la causa i el període d'aturada. Aquest és un punt crític en la vida útil de la planta ja que no hi ha cap planificació feta ni tampoc temps de reacció en molts casos.

Els principals elements que detecten quan s'ha de realitzar una parada d'emergència poden ser alarmes de seguretat, errors detectats a la sala de control pels operaris a través del software pertinent o directament el propi personal que es troba en l'àrea afectada.

Respecte les causes que provoquen les parades d'emergència són molt diverses. En casos més lleus pot ser degut a anomalies detectades en el sistema de control, és per això que s'establirà uns protocols d'actuació a seguir si es detecten paràmetres del procés fora dels límits establerts. A més, també pot ser degut a la fallada de vàlvules de control. En casos més extrems la parada pot requerir-se degut a una fallada d'un equip del procés com fissures o obstruccions o fins i tot en casos de màxima gravetat provocat per una explosió o un incendi en algun punt de la planta.

Independentment de la causa de la parada d'emergència és imperatiu prioritzar la seguretat dels treballadors i les persones a la planta. És per això que sempre que hi hagi indicis de

fallades en el sistema o errors es realitzarà la parada d'emergència, prioritant a les persones vers el benefici econòmic de BenzEt S.L.

Cal esmentar de que en cas de fallada d'una àrea implicada en el procés és de vital importància no aturar les àrees de serveis, tractament de gasos i l'àrea contra incendis. De la mateixa manera, si el problema radica en àrees no implicades en el procés com la zona de laboratoris i oficines, control d'accés, taller, vestuaris o sala de control no serà necessària la aturada d'emergència del procés, serveis o tractament de gasos, a no ser que els enginyers de planta així ho indiquin.

Finalment, un cop solucionada la causa de l'aturada d'emergència, els enginyers de planta decidiran i també indicaran quin és el procés de posada en marxa a realitzar de tal forma que aquesta sigui el més segura i eficient possible. ^[8]

8.6. Bibliografia

[1] Cruz, J. R. (2018). Puesta en Marcha de Plantas de Procesos. *www.academia.edu*.

https://www.academia.edu/36055206/Puesta_en_Marcha_de_Plantas_de_Procesos

[2] Comser. (2022). *Certificados de materiales*. COMSER Pharma.

<https://comserpharma.com/certificados-de-materiales-industria-pharma/>

[3] Bovington, I. (2014). *3.1 Certificado de materiales*. *Classic Filters | Filter Manufacturer with Worldwide Distributors*.

<https://www.classicfilters.com/es/sin-categorizar/3-1-certificado-de-materiales/?cn-reloaded=1>

[4] *Validaciones DQ IQ OQ PQ*. (s. d.). LeaderTecna. Recuperat 29 de maig de 2023, de

<https://leadertecna.com/servicios/otros-servicios-de-consultoria/validaciones-dq-iq-oq-pq>

[5] *Guía técnica Torres de Refrigeración*. (s. f.). Recuperat 29 de maig de 2023, de

https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10540_Torres_refrigeracion_GT4_07_05eca613.pdf

[6] E&MC. (2023). El mercado de quemadores de proceso, antorchas de proceso y sistemas de oxidación térmica alcanzará 1.283 millones US\$ en 2023. Quemadores industriales-gas-gasoil-biomasa-calderas.

<https://emcombustion.es/quemadores-de-proceso-antorchas-de-proceso-oxidadores-termicos/>

[7] Rectificación de mezclas binarias en columnas de platos. (s. d). UGR. Recuperat 29 de maig de 2023, de

<http://fciencias.ugr.es/practicadocentes/wp-content/uploads/guiones/RectificacionMezclasBinarias.pdf>

[8] Jodurcha, S. (s. d.). Cómo planificar con éxito paradas de planta en la industria química.

www.linkedin.com.<https://www.linkedin.com/pulse/c%C3%B3mo-planificar-con-%C3%A9xito-paradas-de-planta-en-la-qu%C3%ADmica-jodurcha/?originalSubdomain=es>