



Quilemol S.A.

Projecte Final de Carrera  
**PLANTA DE PRODUCCIÓ  
DE CARBARIL**

**Marc Camps Rafé  
Carlos León Galzas  
Raquel Morera Barragán  
Javier Reina Grimaldos  
James Steele Cater**

**UAB**

Universitat Autònoma  
de Barcelona

**GRUP 9**

**Tutora: M<sup>re</sup> Eugènia Suárez Ojeda**

## **8. Posada en marxa de la planta**

### **ÍNDIX**

8.1. Introducció.....	2
8.2. Accions prèvies a la posada en marxa .....	3
8.3. Posada en marxa dels serveis.....	6
8.4. Posada en marxa de la planta .....	9
8.5. Aturades de la planta.....	17
8.6. Posada en marxa després d'una parada. ....	18

## 8. Posada en marxa de la planta

---

### **8.1. Introducció**

La posada en marxa de la planta serà un dels punts més importants. Aquest apartat mostrarà les principals etapes a tenir en compte durant la posada en marxa de la planta.

Si la posada en marxa es realitza correctament serà més fàcil arribar a complir la producció desitjada. Per aconseguir-ho arribar fins a l'etapa de producció en continu caldrà que la posada en marxa es faci seguint una sèrie de protocols d'arrencada que estaran prèviament estudiats i determinats.

En primer lloc s'han de realitzar unes accions prèvies abans de poder posar en marxa la planta. Després es podran posar en marxa els serveis de la planta i finalment serà quan es podrà posar en marxa tota la planta.

## 8. Posada en marxa de la planta

---

### **8.2. Accions prèvies a la posada en marxa**

Abans de la posada en marxa hi ha una sèrie d'accions prèvies de supervisió i comprovacions que s'hauran de realitzar.

#### **Manteniment i equips:**

- Revisió visual dels equips
- Comprovació de l'estructura i la robustesa dels equips
- Comprovació de la netedat dels equips.
- Comprovació de la connexió de canonades amb equips i les connexions de canonades amb altres canonades
- Revisió dels sistemes de bombeig i compressió.
- Revisió dels sistemes de control i seguretat (sistemes d'alleujament)
- Alerta i organització dels operaris, enginyers i la resta de personal de la planta.
- Garantia de tenir totes les matèries primeres disponibles
- Garantia de tenir tots els materials i eines disponibles, inclosos els equips de protecció individual.
- Garantia d'accessibilitat a tots els punts de la planta
- Comprovació dels equips de mostreig i calibratge quan sigui necessari
- Comprovació dels equips d'emergència

## 8. Posada en marxa de la planta

---

### **Comprovacions en equips**

#### Proves hidràuliques:

Consisteix en la realització d'una sèrie de proves per garantir que els equips no tenen fuites i la circulació de fluids segueix la direcció i el sentit desitjats.

Aquestes proves seran diferents segons es tracti d'equips per on circulin gasos o equips per on circulin líquids.

#### Proves de pressió:

Aquestes proves es realitzen per comprovar la resistència dels equips front la pressió sotmesa en operació. Per fer això es sotmeten els equips a la seva pressió de disseny, que sempre s'haurà escollit superior a la pressió real d'operació per garantir que suporti certa fluctuació de pressió.

També serveix per veure com varia la pressió al ser aplicada a l'equip i avaluar diferencials de pressió que puguin tenir lloc.

### **Comprovacions dels sistemes de protecció contra incendis.**

El sistema de protecció contra el foc s'haurà d'activar abans de posar en marxa la planta.

Caldrà comprovar l'estat dels extintors i que tots estiguin situats adequadament. També caldrà comprovar la resta d'equips hidrants, els nivells de líquids refrigerants activant la circulació i assegurant que el funcionament n'és correcte i que no hi ha fuites.

L'aire d'instrumentació i l'electricitat hauran d'estar activats i disponibles, per això serà necessària la comprovació i posada en marxa dels equips de serveis.

## 8. Posada en marxa de la planta

---

### **Comprovacions de serveis.**

Abans de la posada en marxa és convenient realitzar una sèrie de comprovacions en els equips de serveis.

- Comprovació de la estabilitat de la xarxa de subministrament elèctric
  
- Comprovació dels serveis de subministrament de vapor, fluid refrigerant, oli tèrmic, aire comprimit nitrogen.
  
- Comprovació dels serveis relacionats amb la seguretat (rentaulls, dutxes de seguretat, etc.)

## 8. Posada en marxa de la planta

---

### **8.3. Posada en marxa dels serveis**

Els equips de serveis s'han d'arrencar abans que els equips de procés, ja que el subministrament dels serveis és imprescindible pel bon funcionament i la seguretat del procés.

#### **Aigua de xarxa**

L'aigua de xarxa no té un procediment d'arrencada específic, però per l'arrencada de la planta caldrà comprovar que se'n disposa en la mesura necessària.

#### **Aigua contra incendis**

S'haurà d'omplir el tanc destinat a contenir l'aigua contra incendis. Un cop plens s'hauran d'activar les BIES i els ruixadors que funcionen amb aigua com a sistemes antiincendis.

#### **Novec 1230**

De la mateixa forma que en l'aigua contra incendis, el tanc que contindrà el fluid apagaincendis Novec 1230 s'haurà d'omplir prèviament a l'arrencada de la planta.

Un cop plens s'hauran d'activar les BIES que funcionen amb Novec 1230 com a sistemes antiincendis.



## 8. Posada en marxa de la planta

---

### **Electricitat**

El sistema elèctric es compondrà essencialment d'un grup d'electrogeneradors i els transformadors.

Els grups electrògens serviran de mesura preventiva en cas d'una tallada elèctrica, de manera que no tenen un tractament específic en la posada en marxa.

Després de posar en marxa els transformadors per obtenir baixa tensió de la xarxa d'alta tensió industrial que rep la planta s'activaran els sistemes que subministren l'electricitat a tota la planta, dels equips de serveis i els equips de procés.

### **Oli tèrmic HR**

L'oli tèrmic servirà per al bescanvi de calor de la majoria d'equips. La caldera d'oli tèrmic s'haurà de posar en marxa per mantenir l'oli calent i disponible per al procés quan es posin en marxa la resta d'equips.

### **Vapor**

El vapor s'utilitzarà en la planta però no en la zona de producció per a l'escalfament dels equips, de manera que quedarà bàsicament restringit a la resta de zones i per la regeneració dels filtres.

Tot i això caldrà tenir una caldera de generació de vapor per combustió de gas natural.

Els sistemes de combustió s'hauran d'activar i garantir que el gas natural pot accedir al sistema.

En l'arrencada d'aquests equips es generarà vapor a baixa pressió i quan l'equip s'hagi posat en marxa es podrà generar vapor d'alta pressió si és necessari.

## 8. Posada en marxa de la planta

---

### **Fluid refrigerant CR**

Per tenir disponible el fluid refrigerant CR s'hauran d'omplir els sistemes de refrigeració dels Chillers.

El sistema mecànic del cicle de refrigeració que funciona per expansió i compressió s'haurà de revisar abans de la posada en marxa de l'equip, per evitar un mal funcionament de l'equip, i a posterior, un mal funcionament del procés.

### **Aire comprimit**

En l'àrea de serveis s'hauran d'activar els compressors que s'utilitzaran per subministrar aire comprimit a totes les vàlvules que funcionin amb aquest sistema.

### **Nitrogen**

La posada en marxa dels sistemes que utilitzen nitrogen consistirà en activar els equips de control que funcionen amb aquest, és a dir, tots aquells sistemes com els de venteig, control de pressió i inertització.

El circuit de nitrogen haurà de ser comprovat i regulat per un sistema pneumàtic per garantir-ne el subministrament a tota la planta.

## 8. Posada en marxa de la planta

---

### **8.4. Posada en marxa de la planta**

En aquest cas (apartat 8.4) es tractarà de la posada en marxa de la planta en el moment inicial, és a dir, partint des del punt inicial.

Aquesta és la posada en marxa més llarga ja que s'hauran de seguir una sèrie de passos per efectuar-la, i esperar que tot s'estabilitzi i quedi en estat estacionari.

Serà molt important que els sistemes de control estiguin supervisats, sobretot tenint en compte que no s'haurà provat el funcionament del sistema abans d'aquest punt.

En un principi s'haurà de partir d'una situació en que totes les vàlvules automàtiques estiguin tancades, fins que s'arribi al valor de l'estat estacionari.

També serà important cebar les bombes per evitar problemes amb la cavitació que s'hi pugui produir.

El protocol sencer de la posada en marxa de la planta des del punt inicial es presenta a continuació.

ÉS important recordar que sempre que es menciona l'ús d'una bomba per primer cop s'haurà de tenir la bomba encebada per evitar la cavitació.

Per simplicitat es parlarà en singular dels equips, encara que estiguin doblats.

## 8. Posada en marxa de la planta

---

### **Àrea 100**

La posada en marxa de l'àrea 100 correspon a la preparació dels tancs d'emmagatzematge de fluids per l'arrencada dels equips.

- 1) Abans que res cal tenir en compte els equips de serveis ja han d'estar funcionant, ja que l'aire comprimit serà clau per l'activació de les vàlvules.
- 2) Es comprovarà que les vàlvules automàtiques de descàrrega dels tancs estan tancades.
- 3) S'obriran les vàlvules de pas dels fluids dels camions cisterna (un cop realitzades les connexions) cap als tancs.
- 4) Accionament de la bomba P-101-A o P-101-B per la càrrega de monometilamina.

Accionament de la bomba P-102-A o P-102-B servirà per la càrrega de cloroform.

Accionament de la bomba P-103-A o P-103-B per la càrrega de toluè.

Accionament de la bomba P-104-A o P-104-B per la càrrega de fosgè.

Accionament de la bomba P-105-A o P-105-B per la càrrega d'aigua als tancs de formació de clorhídric.

- 5) Accionament dels sistemes de control dels tancs.
- 6) Tancament de les vàlvules automàtiques d'entrada.
- 7) Desconnexió dels camions cisterna.

## 8. Posada en marxa de la planta

---

### Àrea 200

Aquesta àrea correspon als tancs d'emmagatzematge de sòlids.

- 1) Tancament de la sortida de les tolves de descàrrega de les sitges.
- 2) Es posaran en marxa els sistemes d'impulsió de sòlids per dur a terme la càrrega dels tancs.

El sistema d'impulsió P-201 servirà per omplir les sitges del reactiu 1-Naftol.

El sistema P-202 que serveix per transportar el 1-Naftol des de les TS-201 cap al procés, s'haurà de trobar tancat en el moment de la càrrega.

El sistema d'impulsió P-203 servirà per omplir les sitges de NaOH.

D'igual forma que per al 1-Naftol, el sistema P-204 que serveix per transportar el NaOH des de les TS-203 cap al procés per la neteja, regeneració o a l'Scrubber per la neutralització de gasos; s'haurà de trobar tancat en el moment de la càrrega.

El sistema d'impulsió P-205 servirà per omplir les sitges de  $\text{NH}_4\text{Cl}$

Tal com els anteriors El sistema P-206 que serveix per transportar el 1-Naftol des de les TS-204 cap al procés per regenerar el catalitzador del R-501, s'haurà de trobar tancat en el moment de la càrrega.

- 3) Preparació de les tolves i del sistema d'impulsió de sòlids per quan s'hagi de subministrar qualsevol dels sòlids de les diverses sitges a un equip de procés.

## 8. Posada en marxa de la planta

---

### Àrea 300

Les àrees 300,400 i 500 són àrees de reacció i separació. En totes elles s'haurà de tenir en compte que l'arrencada és progressiva en algun dels equips caldrà esperar el temps d'arrencada per arribar a l'estat estacionari abans de poder seguir amb el procés.

- 1) S'impulsarà el foscè líquid des dels tancs d'emmagatzematge cap al reactor R-301 amb la bomba P-301, però passarà prèviament per l'evaporador EV-300 per vaporitzar-lo i després serà impulsat pels compressors CO-301 fins al bescanviador B-301 i finalment pel compressor CO-302 fins al reactor R-301.
- 2) La monometilamina s'impulsarà per mitjà de compressors un cop despressuritzada i vaporitzada a la sortida del tanc d'emmagatzematge. Primerament el compressor CO-303 fins al bescanviador on s'escalfarà. El bescanviador B-302 funciona amb el fluid de procés que surt calent del reactor, de manera que fins que aquest comenci a fluid caldrà escalfar **alternativament el foscè amb un bescanviador d'oli tèrmic, el B-304.**
- 3) Activar el sistema de refrigeració del reactor R-301.
- 4) El reactor R-301 té un temps de residència de 1,5 segons i no s'ha previst tancs pulmó per l'arrencada, de manera que de seguida s'obtindrà el producte d'aquest reactor.
- 5) A partir de l'arrencada dels equips, el fluid de procés que surt a 260°C ja es pot utilitzar per escalfar la MMA abans d'entrar al reactor, impulsats pel compressor CO-305.
- 6) Activar el sistema de refrigeració del Cloroform provinent del mesclador M-301 (inicialment buit, la recirculació començarà quan s'hagi arrencat aquesta part del procés) que s'utilitzarà per la TA-301.

## 8. Posada en marxa de la planta

---

- 7) S'impulsarà el fluid de procés amb el compressor CO-304 cap a la Torre d'absorció TA-301. Prèviament passaran pel tanc pulmó TP-304 que servirà per l'arrencada de la TA-301 fins que arribi a l'estat estacionari.
- 8) Les cues de la columna TA-301 es recircularan al tanc pulmó TP-304 fins que s'arribi a l'estat estacionari. Un cop s'arribi a l'estat estacionari, passaran pel tanc pulmó TP-301 (inicialment buit) i la bomba P-305 impulsarà el líquid cap a la TD-301.
- 9) Els caps de columna TA-301 s'impulsaran amb el CO-307 cap a la TD-303. Primer passarà pel tanc pulmó TP-303.
- 10) S'activaran els sistemes de refrigeració i calefacció de les torres de destil·lació TD-301, TD-302 i TD-303.
- 11) Els corrents de sortida de les tres torres TD-301, TD-302 i TD-303 es mantindran a reflux total i els tancs pulmó TP-301, TP-302 i TP-303 actuaran com a acumuladors durant el procediment d'arrencada fins a arribar a l'estat estacionari.
- 12) Les cues de la TD-303 es despressuritzaran i s'impulsaran amb la bomba P-308 cap al M-301 que en aquest moment rebrà el cabal total d'operació normal.
- 13) Els caps de la TD-301 aniran a la TD-302 i les cues aniran al tanc T-301, que servirà per la posada en marxa del reactor R-401.
- 14) Les cues de la TD-302 es recircularan a l'entrada del reactor R-301 impulsades pel compressor CO-308. En aquest punt el cabal d'entrada al R-301 serà el total i els equips posteriors ja podran operar amb normalitat un cop assolit l'estat estacionari.

## 8. Posada en marxa de la planta

---

### **Àrea 400**

En l'àrea 400 tindrà lloc la segona etapa de reacció quan s'hagi arribat a l'estat estacionari en els equips de l'àrea 300.

- 1) En primer lloc s'activarà el sistema de calefacció del reactor R-401.
- 2) S'impulsarà el fluid de procés des del tanc T-301 fins al reactor R-401 amb la bomba P-401.
- 3) S'activaran els sistemes de refrigeració i calefacció de les torres TD-401 i TD-402.
- 4) El reactor R-401 actuarà com un RDTA fins que s'arribi a l'equilibri de conversió. El tanc T-301 s'utilitzarà d'acumulador fins que s'arribi a l'estat estacionari. En aquest moment es permetrà el pas del fluid cap al tanc pulmó TP-401, que serveix per acumular el fluid de procés mentre la sortida de la torre de destil·lació TD-401 es manté a reflux constant per arribar a l'estat estacionari.
- 5) Els caps de la TD-401 sortiran en forma de gas del separador de fases en direcció al tanc de dissolució d'àcid clorhídric.

Les cues de la TD-401 es despressuritzaran i es portaran al bescanviador B-501 per mitjà del compressor CO-401.

Aquest bescanviador, però, serveix per escalfar el toluè abans del mesclador M-503 (de l'àrea 500), de manera que durant l'arrencada les cues de la torre TD-401 només hi circularan però sense bescanvi de calor.

- 6) S'activarà el sistema de refrigeració del condensador C-403.
- 7) A la sortida del B-501 el compressor CO-402 portarà el fluid al condensador C-403, que haurà d'actuar durant l'arrencada amb més efectivitat per que el fluid no s'haurà refrigerat prèviament al bescanviador B-501. Després entrarà al tanc pulmó TP-402, que servirà per recircular les sortides de la torre TD-402 fins que s'arribi a l'estat estacionari.

Els caps de la TD-402 aniran al mesclador M-501 descrit a la zona 500.

Les cues de la TD-402 es recirculen al mesclador M-301 amb la bomba P-409.



## 8. Posada en marxa de la planta

---

### Àrea 500

L'àrea 500 es basa en la reacció catalítica de producció de carbaril, i tot el downstream per purificar-lo i obtenir-lo en forma sòlida.

- 1) Prèviament a l'arrencada de cap equip caldrà carregar el reactor R-501 de catalitzador.
- 2) S'omplirà el mesclador M-501 i s'activarà l'agitació. S'haurà de tenir en compte que la recirculació no tindrà lloc fins que es vagin omplint tots els equips i es vagi arribant a l'estat estacionari.
- 3) Activar la bomba P-502 per omplir el mesclador M-502 de toluè, i després s'activarà el sistema P-503 per introduir-hi el 1-Naftol.
- 4) Un cop s'assoleix l'estat de mescla perfecta en el mesclador, ja es pot obrir la sortida dels mescladors M-501 i M-502 per escalfar els fluids i vaporitzar el MIC i mesclar-los en el M-503.
- 5) S'activa el sistema de refrigeració del reactor R-501.
- 6) Quan s'assoleixi un estat de mescla perfecta, es poden bombejar els reactius amb la P-506 cap al reactor R-501.
- 7) Del reactor R-501 en surten sòlids i gasos però que estan completament dissolts en toluè líquid. Aquest líquid s'impulsa amb les bombes P-507, P-508, P-509 i P-510 cap al tanc pulmó TP-501 i posteriorment cap a la torre de destil·lació TD-501 per mitjà de la bomba P-511.
- 8) S'activaran els sistemes de refrigeració i escalfament de la torre de destil·lació TD-501.
- 9) Els corrents de sortida de la TD-501 es mantindran a reflx total mentre que el TP-501 actuarà d'acumulador fins que arribin a l'estat estacionari. Serà llavors quan s'activaran les bombes P-519 i P-512 per deixar sortir el destil·lat (Recirculat al mesclador M-501) i el producte per cues, que passarà pel mesclador M-504 (encara buit) i s'impulsarà amb la P-513 cap als cristal·litzadors.
- 10) S'activaran els ejectors de buit dels cristal·litzadors.

## 8. Posada en marxa de la planta

---

- 11) En aquest punt, una part del corrent de sortida de líquid i sòlid del cristal·litzador es retorna al M-504 per ser reincorporat al cristal·litzador i l'altra part segueix cap al següent cristal·litzador, on succeirà el mateix.
- 12) El corrent de sortida del segon cristal·litzador anirà a una centrífuga en que es retirarà bona part del líquid, que es recircularà cap al M-502, impulsat per la bomba P-526.
- 13) La P-517 impulsarà l'altre corrent de la centrífuga, que conté la majoria de producte sòlid, i part del líquid, cap a l'assecador AS-501.
- 14) Ambdós sortides de l'assecador acabaran a la sitja d'emmagatzematge de producte sòlid. Una ho farà de forma directa i l'altra serà recuperant part del sòlid amb el cicló CI-501.

## 8. Posada en marxa de la planta

---

### **8.5. Aturades de la planta**

Al llarg de l'any la planta estarà operativa durant 300 dies, és a dir, que quedaran 65 dies anuals en que la planta no serà productiva.

Serà durant aquest espai de temps quan s'haurà d'aprofitar per realitzar el manteniment dels equips de procés, de servei, d'emmagatzematge (en la mesura del possible, no es podran netejar tancs plens).

En alguns casos, com en el reactor catalític, la regeneració es durà a terme sense parar el procés, ja que es disposa de 4 reactors i només caldrà que 3 d'ells estiguin operatius per poder cobrir les necessitats de producció. Tot i això, el catalitzador s'haurà de canviar amb certa previsió, ja que no es pot regenerar un nombre infinit de vegades. En les aturades serà el moment en que s'haurà de canviar-lo, si és que s'escau.

Les aturades s'hauran de realitzar per mitjà del següent procediment:

- Tancar totes les vàlvules de pas als equips.
- Tancar el subministrament de fluids de procés als equips.
- Tancar el subministrament de serveis als equips assegurant que el procediment no és perillós (e.g. No tancar la refrigeració d'un equip fins tenir garantia que està buit i no es pot sobreescalfar.)
- Assegurar-se que no hi ha fuites en cap dels equips ni canonades.
- Fer circular aigua descalcificada per tot el circuit de canonades i equips, sempre que no quedin restes de fluids de procés.
- Neteja oportuna, amb l'ús d'agents químics com el NaOH o el NH<sub>4</sub>Cl.
- Comprovació de la integritat física dels equips. Reparació si és oportuna.

## 8. Posada en marxa de la planta

---

### **8.6. Posada en marxa després d'una parada.**

Al mateix temps, la posada en marxa de la planta després d'una aturada tindrà el seu procediment.

Encara que molt passos es repeteixen respecte a la posada en marxa inicial, la posada en marxa de la planta després d'una aturada ha de ser més senzilla que l'anterior, ja que els equips de serveis ja hauran estat arrencats i tots els equips hauran estat plens i en funcionament.

En posar en marxa la planta novament caldrà tenir especial cura en els equips en que calgui arribar a l'estat estacionari, ja que s'haurà de fer ús dels tancs pulmó, dissenyats per arrencar els equips sense haver de malbaratar el producte quan encara no té la composició desitjada.

Així doncs, caldrà activar sempre primer els equips de serveis i refrigeració/calefacció, de la mateixa manera que caldrà activar els sistemes de control abans d'obrir les vàlvules per donar pas al fluid de procés.

#### **Àrea 100**

Per al cas de l'àrea 100, s'haurà de tenir en compte si durant la parada de manteniment els tancs s'han buidat completament o no.

El més habitual és buidar tots els tancs per poder dur a terme la neteja i el manteniment, de manera que caldrà pensar en omplir els tancs prèviament a la posada en marxa de nou.

- S'hauran de tancar les vàlvules de sortida dels tancs per poder omplir-los.
- Posteriorment obrir les vàlvules d'entrada dels tancs.

## 8. Posada en marxa de la planta

---

- Es realitzarà la connexió entre el camió cisterna i l'entrada del tanc.
- Es procedirà a omplir el tanc amb el sistema de control activat per saber, si és necessari, quan s'ha de deixar d'omplir.
- Quan el tanc estigui ple ( o al nivell indicat per qüestions de seguretat), el sistema de control detectarà el setpoint de nivell i es deixarà d'omplir el tanc.

Per evitar problemes amb la succió de les bombes, s'haurà de garantir que les vàlvules de sortida estan tancades durant el procediment d'omplir el tanc i no es podrà subministrar fluid a la planta des d'aquest tanc que s'està omplint.

### **Àrea 200**

El procediment per omplir les sitges d'emmagatzematge de sòlids consistirà en obrir el compartiment d'obertura i activar el sistema de càrrega de les sitges per impulsió de sòlids.

S'ompliran fins a certa mesura per evitar que se surti el sòlid de dins del tanc durant el procediment per omplir-lo.

### **Àrees 300, 400 i 500.**

El procediment de posada en marxa pels equips de les zones 300, 400 i 500 serà igual que en la posada en marxa inicial.

S'espera que en aquest cas sigui una arrencada més fluida, ja que els equips ja hauran estat funcionant des de la posada en marxa inicial.