Caproform SL

PROYECTO FINAL DE CARRERA

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

Marc Bonet Pujadas
David Fernández Vegas
Martina Fojón Orizales
Jordi Pradas del Moral
Francesc Requena Biset
Núria Soler Rodríguez

Tutor: Josep Huix

8. Puesta en marcha

8. Puesta en marcha **3**
8.1. Introducción **3**
8.2. Acciones previas a la puesta en marcha **4**
8.3. Puesta en marcha de los servicios **7**
8.4. Puesta en marcha de la planta **10**
8.4.1. Puesta en marcha de la planta desde cero 10
8.4.2. Puesta en marcha de la planta después de una parada 34
8.5. Parada de la planta **35**

8. Puesta en marcha

8.1. Introducción

La puesta en marcha de la planta es uno de los aspectos fundamentales para el correcto y efectivo funcionamiento de la planta. Una vez se lleven a cabo los protocolos de puesta en marcha la planta podrá empezar a trabajar para conseguir su principal finalidad; la producción.

Primeramente se establecerán unas tareas previas a la puesta en marcha. Estas tareas estarán relacionadas con la realización de pruebas para el acondicionamiento y un seguido de pruebas para decretar un correcto funcionamiento de los equipos de la planta.

A continuación se establecerán unos pasos para poner a punto los servicios adyacentes a la producción.

Y para finalizar se establecerá una lista de acciones para llevar a cabo la puesta en marcha de cada una de las zonas por separado.

8.2. Acciones previas a la puesta en marcha

Antes de entrar en el contexto de la puesta en marcha del proceso de producción se tienen que tener en cuenta los siguientes factores:

1. Mantenimiento

- Procedimiento de inspección visual de los equipos.
- Organización del personal.
- Materiales y equipos de reposición localizados en el almacén.
- Disponibilidad de herramientas para realizar reparaciones y/o modificaciones
- Disponer de lubricantes y otros materiales para el mantenimiento de los equipos.

2. Equipos

- Revisar la seguridad de la estructura de los tanques.
- Revisar la red de tuberías y las conexiones entre ellas.
- Revisar la colocación de los equipos para que garantice su acceso y operatividad.
- Revisar los sistemas de bombeo, venteo, control, etc.
- Previsión de materiales para el muestreo y análisis de compuestos producidos.
- Revisar los aspectos de seguridad de los equipos y para el personal que lo manipula.
- Limpieza de equipos y tuberías
- Soplado y energización con N_2 para las conducciones de vapor y gases.
- Revisión de los equipamientos que trabajen al vacío.
- Calibrar los instrumentos que lo requieran

3. Pruebas mecánicas

Para comprobar un buen funcionamiento de los equipos , antes de empezar el proceso de producción se realiza un seguido de pruebas.

- Prueba hidráulica

La prueba hidráulica consiste en la realización de un test que tiene como finalidad de comprobar la estanqueidad de los equipos. Para este proceso se hace pasar agua des-ionizada pigmentada por todo el proceso para así poder observar visualmente si existen fugas. Para los equipos en los que circulen vapores o gases se hace para aire a presión y manualmente se comprueba la estanqueidad.
Se realiza esta prueba debido a la peligrosidad de los compuestos, que en caso de que se fugaran, podrían provocar daños irreparables para la empresa y para todas las personas asociadas a la empresa.

- Prueba de presión

La prueba de presión tiene una finalidad parecida a la prueba hidráulica. En este caso se confina aire en los equipos sometiéndolos a su presión de diseño y tras cerrar las válvulas que los conciernen si observa las variaciones de presión dentro del equipo. De este modo se asegura que el equipo podrá trabajar durante el proceso a la presión por la que fue creado asegurando así su buen funcionamiento.

4. Comprobaciones de los servicios

Una vez se realiza una parada y se quiere realizar la puesta en marcha se tienen que establecer una doctrinas para la puesta en marcha de los servicios adyacentes a la producción de los equipos.

- Comprobación del subministro eléctrico y del funcionamiento de los suministros eléctricos.
- Comprobación de que los servicios de subministro de vapor, agua de refrigeración, agua de chiller, aceite térmico, aire comprimido, nitrógeno.
- Comprobar que los servicios relacionados con la seguridad funcionan bien. Ya sea agua contra incendios, BIE's, rociadores, plan de emergencia, etc. Y estos estén disponibles en caso de algún problema.

8.3. Puesta en marcha de los servicios

En este apartado se darán a conocer los diferentes procedimientos para la puesta en marcha de los servicios, donde estos serán utilizados posteriormente en los equipos que se encargan de la producción de caprolactama. Esta parte es la primera en la puesta en marcha ya que suministra recursos a todas las áreas de la planta. Así pues hasta que no funcionen correctamente no se empezará la puesta en marcha de cada una de las áreas de la planta.

- Torre de refrigeración

Se llevará a cabo el llenado de las tres torres de refrigeración de las que se dispone para la refrigeración de los corrientes que han intercambiado calor a la planta para así, volver a ser reutilizados. Estas torres se llenan con agua de red que viene suministrada por las empresas de gestión de agua.
Se activaran los sistemas mecánicos relacionados con el bombeo del agua para su posterior refrigeración.
Para un correcto funcionamiento se realizará un tratamiento anti-incrustaciones y anti-agentes biológicos con biocídas y anti-incrustantes.

- Chillers

Se llevará a cabo el llenado de los sistemas de refrigeración por agua de chiller.
También se llevará a cabo la activación de los sistema mecánicos que realizan los ciclos de expansión-compresión que dan lugar al proceso de refrigeración de el agua glicolada.

- Electricidad

Se tendrá que realizar la activación del sistema eléctrico que nos proporcionará la conversión de electricidad a alta tensión a baja tensión para el uso en el proceso.
Esta conversión se lleva a cabo en un estación transformadora (ET) situada en la periferia del recinto de la planta.
También se tendrá que poner en marcha los sistemas que suministran la electricidad a todos los sectores de la planta para su uso tanto el la producción como en los servicios.

- Nitrógeno para blanketing

Para el control del presión , venteo y la inertización se usa nitrógeno que viene suministrado por una empresa externa.
Para su puesta en marcha se tiene que activar el sistema de gestión de este compuesto para ser usado en la planta.
Este nitrógeno formará parte de un circuito, por lo tanto se tendrá que efectuar un control neumático para su distribución.

- Aire comprimido

Se tendrá que efectuar la activación de los sistemas de aire comprimido usados en la regulación de las válvulas de control automática y el transporte neumático de la fase densa.
Por ese hecho se activarán las válvulas de aire y se controlará que el proceso de aire comprimido trabaja de una forma adecuada.

- Vapor

Para el uso de vapor en los intercambiadores de calor se necesita en la puesta en marcha de la planta activar el sistema de la caldera que genera vapor a partir del agua descalcificada.
Esta caldera generará vapor a partir de al combustión de un gas combustible que intercambiará el calor para generar este vapor.
Por lo tanto se tendrá que tener activados los sistemas de combustión y de subministro de gas combustible.
Primero se generará vapor a baja presión y a medida que empiece a funcionar el sistema éste irá generando el vapor de alta presión que utilizaremos en el sistema.
También se tendrá que activar el sistema de suministro de vapor/condensado para su uso en la planta.

- Circuito de aceite térmico

El uso de aceite térmico está relacionado con el intercambio de calor del Kettle reboiler (K-601) usado debido a la necesidad de calentar el fluido a altas temperaturas. Por ese motivo se dispone de una caldera de aceite térmico que se alimenta de gas natural.

- Agua contra incendios

Para la puesta en marcha de el agua contra incendios se tendrá que primero, llenar las piscinas de agua y seguidamente activar los sistemas de gestión de agua contra incendios. Ya sea para BIES's y/o rociadores.

- Servicios para el personal

Debido a que las personas que trabajan en la planta tienen unas necesidades vitales: alimentación, poder hacer sus necesidades biológicas, etc. Se requerirá la activación de todos los sistemas de gestión de recursos para los trabajadores ya sea el agua de los lavabos, sistema de aire acondicionado, calefacción, etc.

8.4. Puesta en marcha de la planta

En este apartado se tratará el tema de la puesta en marcha de la planta de producción de caprolactama.
Se tiene que diferenciar claramente dos posibles momentos en los que se realice la puesta en marcha de la planta, unos de ellos será la puesta desde cero y la otra será la puesta en marcha después de una paro ocasional.
Este proceso tiene la finalidad básica de conseguir mediante un protocolo de actuación, que todos los equipos lleguen a funcionar correctamente hasta que el sistema esté en régimen estacionario.
Se realiza este protocolo para efectuar la puesta en marcha de forma correcta y ordenada para no provocar que los equipos o, más generalmente el proceso, pueda sufrir algún tipo de problema y ocasionar desperfectos en los equipos.

8.4.1. Puesta en marcha de la planta desde cero

La puesta en marcha de una plata desde cero es en cuanto a tiempo, el proceso más larga ya que, tenemos que ejecutar el protocolo y a la vez esperar a que el sistema actúe y llegue a un estado estacionario. A la vez tenemos que ir regulando los sistemas de control para que actúen set-pointeando los valores que queremos ajustar.
Desde el punto de vista industrial, se entiende este proceso como delicado ya que de no realizar el protocolo como se establece puede malmeter el proceso ya que todo el diseño industrial está pensado para llevarse a cabo el sistema en régimen continuo.

En la puesta en marcha si tienen que tener en cuenta dos procedimientos básicos:

- Inicialmente tener todas las válvulas de control automáticas cerradas e ir abriéndolas a medida que el sistema va llegando a su estado estacionario con su set-point correspondiente.
- Realizar el cebado de bombas previo a la puesta en marcha para no tener problemas de cavitación cuando se realice el bombeo de fluidos.

Así pues a continuación se mostrará un protocolo de forma esquematizada de cómo efectuar la puesta en marcha de la planta desde cero.

Área 100

En este apartado se explicará como se tiene que llevar a cabo de los tanques de almacenaje y las doctrinas expuestas podrán servir para cada unos de los tanques excepto el tanque de almacenaje de tert-butano que debido a su punto de fusión a 30ºC se ha confeccionado un sistema de control automático de temperatura que impedirá que el contenido de este tanque baje de 30 ºC mediante agua a 40 ºC.

1. Se tiene en cuenta que el transportista ha llegado al tanque de almacenaje y ha conectado el sistema de tuberías al tanque
2. Apertura de las válvulas de entrada al tanque para proceder a su llenado.
3. Accionamiento de las bomba que propulsión de fluidos (P-112), (P-113), (P-108), (P-104), (P-109), (P-110) y (P-111) y sus correspondientes controles de presión local.
4. A medida que se vayan llenando los tanques se accionan los controles:

- Control de nivel alto correspondiente regulando automáticamente las válvulas que permiten la entrada de fluido.
- Control del nivel bajo se fluido que regula automáticamente la válvula que salida de fluido del tanque de almacenaje

5. En el control del tanque de almacenaje correspondiente al tert-butanol y debido a su punto de fusión de 30 ºC se alimenta un sistema de control de refrigeración con un serpentín interno que transmite agua de torre a 40ºC que proviene del sistema de refrigeración del reactor (R-201)
6. Una vez realizado el llenado se desconectan las mangueras del camión de suministro de materias primas y se cierran las válvulas de suministro.

Área 200

1. Introducción del catalizador en fase sólida de silicato de titanio en el reactor (R-201) por la parte superior y cerrarlo una vez terminada la carga.
2. Para la puesta en marcha del reactor (R-201) y conseguir los 120 ºC que se necesitan para que se lleve a cabo la reacción, se introduce vapor a través de la camisa por donde posteriormente circulará el sistema de refrigeración.
3. Activación de los sistemas de refrigeración del reactor (R-201) y del intercambiador de calor (H-201)
4. Activación de las bombas que alimentan al reactor (R-201) de materias primas provenientes de los tanques de almacenaje (TK-101/102), (TK-103/104) y (TK-110/111).
5. Activación de los sistemas de control automáticos de caudal de las líneas (133, 123 y 143) con su set-point correspondiente.
6. Activación de los sistemas de control de frecuencia de agitación de (AG-201) y el control de nivel alto-bajo del tanque (T-201).
7. Accionamiento de la bomba (P-201/A) y su correspondiente control automático de presión local para verificar su correcto funcionamiento localizado en la línea (201).
8. Activación de la bomba correspondiente al suministro de amoníaco acuoso proveniente del tanque de almacenaje (TK-103/104) con su control automático de caudal en la línea (115).
9. Con el sistema de refrigeración del reactor (R-201) puesto en marcha se activa los controles de frecuencia de agitación, temperatura, nivel alto-bajo y presión con los set-points establecidos en el diseño.
10. Apertura de la valvulería de la línea (202) relacionada con la salida de productos del reactor (R-202).

11. Accionamiento del control automático de temperatura del intercambiador de el calor (H-201) fijándole su set-point correspondiente.
12. Apertura de la valvulería de la línea (408) relacionada con la recirculación e productos de la área A-400.

Área 300/ (1)

1. Activación de los sistemas de refrigeración (H-301), (H-302) y (H-303) que proporcionan agua de refrigeración y retornan por circuito cerrado agua a la torre de refrigeración.
2. Activación de los sistema de control automáticos de presión de los reactores (R-301), (R-302) y (R-303) mediante nitrógeno proporcionado por los tanques de almacenaje.
3. Apertura de las válvulas que transmiten el producto al reactor (R-301), (R-302) y (R-303).
4. Accionamiento de las bombas (P-301), (P-302) y (P-303) que propulsan el fluido a los reactores con sus respectivos controles automáticos de presión local.
5. Activación de los sistema de control automático de caudal de la línea (153) que proporcionan óleum al reactor y de la línea (433) que proporciona la oxima producida en el área y purificada en las áreas (200) y (400).
6. En cuanto al intercambiador (H-301) activación del control de presión que regula la entrada de agua de refrigeración de la línea (333).

7. En cuanto al reactor (R-301)

    - Activación del control de nivel alto-bajo que regula la válvula automática de la línea (309).

- Activación del control de caudal de recirculación mediante la válvula automática de la línea (306).
- Activación del control de caudal de la entrada de oxima de la válvula automática de la línea (305).

8. En cuanto al reactor (R-302)

- Activación del control de nivel alto-bajo que regula la válvula automática de la línea (313).
- Activación del control de caudal de recirculación mediante la válvula automática de la línea (310).
- Activación del control de caudal de la entrada de oxima de la válvula automática de la línea (304).

9. En cuanto al reactor (R-303)

- Activación del control de nivel alto-bajo que regula la válvula automática de la línea (317).
- Activación del control de caudal de recirculación mediante la válvula automática de la línea (314).

10. Accionamiento de la bomba (P-304) par propulsar el fluido de la línea (317) al reactor (R-304).

Área 300/(2)

1. Activación de los sistema de refrigeración de los equipos (C-301) y (H-306) que utilizan agua glicolada suministrada por el chiller.
2. Activación de los sistemas de agua de refrigeración para el intercambiador de calor (H-305) y para el Kettle reboiler (K-301).
3. Activación de los sistemas de propulsión de fluidos (P-306/A), (P-307/A), (P-308/A), (P-309/A) y (P-310/A).

4. En cuanto al tanque pulmón (TP-301)

- Activación de las válvulas de entrada de fluido al tanque pulmón de las líneas (349), (116) y (323) correspondientes a la entrada de agua descalcificada, amoníaco y fluido que proviene del condensador (C-301).
- Activación de las válvulas de salida de fluido de la línea (358).
- Activación del sistema de control automático de caudal del tanque (TP-301) que actúa sobre la válvula automática de la línea (358).

5. En cuanto al reactor de neutralización (R-304)

- Activación de las válvulas de entrada de fluido al reactor de las líneas (325), (317) y (319) correspondientes al reactor (R-303), (TP-301) y (K-301).
- Activación de las válvulas de salidas correspondientes las líneas (318) y (320) que se interconectan al Kettle reboiler (K-301) y al intercambiador de calor (H-305).
- Activación del sistema de control automático de frecuencia de agitación (AG-307)
- Activación del sistema de control de nivel alto y bajo que actúa sobre la válvula automática de la línea (320).

- Activación del sistema de control de temperatura que actúa sobre la válvula automática de la línea (318).

6. En cuanto al la columna de absorción (CA-301)

- Apertura de las válvulas de entrada que provienen de las líneas (321) y (326) que transportan fluido del (H-305) y vapor del Kettle reboiler del (K-301) respectivamente.
- Apertura de las válvulas de salida donde sale el fluido por las líneas (327) y (322) que trasportan fluido hacia (H-306) y (C-301) respectivamente.
- Activación del sistema de control de presión que actúan sobre la válvula automática de la línea (327).
- Activación del sistema de control de concentración que actúa sobre la válvula automática de la línea (326).

7. En cuanto al decantador (T-301)

- Apertura de la válvula de entrada que proviene de la línea (328) que transportan fluido del (H-306).
- Apertura de las válvulas de salida donde sale el fluido por las líneas (330) y (329) que trasportan fluido hacia la área (500) y (600) respectivamente.
- Activación del sistema de control de nivel alto-bajo que actúa sobre la válvula automática de la línea (329).
- Activación del sistema de control de nivel de fase pesada que actúa sobre la válvula automática de la línea (330).

Área 400/(1)

1. Activación de los sistema de refrigeración de los equipos (C-402) y (H-404) que utilizan agua glicolada suministrada por el chiller.
2. Activación de los sistemas de agua de refrigeración para el condensador parcial (C-401) y para el intercambiador de calor (H-401).
3. Activación del sistema de vapor para suministrarlo al Kettle Reboiler (K-401).
4. Activación de las bombas que propulsan fluido (P-401), (P-402), (P-403) y (P-404) con sus correspondientes controles automáticos de presión local.

5. En cuanto al tanque pulmón (TP-401)

- Apertura de la válvula de la línea (203) procedente del área 200 que alimenta al tanque pulmón.
- Apertura de las válvula de las línea (401) localizada en la salida del tanque pulmón.

- Activación del control de nivel alto-bajo del tanque pulmón que regula el caudal mediante la válvula automática de la línea (401) .
- Activación del control de presión que regula el caudal de nitrógeno a la entrada y salida de las líneas (452) y (453).

6. En cuanto a la columna de destilación (CD-401)

- Apertura de la válvula de la línea (401) que procede del tanque pulmón (TP-401).
- Apertura de las válvulas localizas en cabeza de columna de las líneas (402) y (404) y en colas de las líneas (410) y (411).
- Apertura de la válvula de la línea (403) que procede del condensador (C-401)
- Apertura de las válvulas de salida de las líneas (404) y (405) que recirculan fluido a la columna de destilación (CD-401) y la que transporta fluido al condensador (C402) respectivamente.
- Apertura de las válvulas relacionadas con el sistema de vacío.
- Debido a que la columna trabaja a presión inferior a la atmosférica se tendrá que realizar la activación del sistema de vacío mediante la bomba de anillo líquido (VP-401). Que se monitorizará mediante el control de presión midiendo la presión de al columna en todo momento.
- Para estabilizar la columna se realizará su operación a reflujo total hasta que el personal de laboratorio estime que la composición es la deseada para posteriormente, empezar a trabajar en continuo a reflujo parcial.
- Para proceder una buena puesta en marcha de la columna de destilación se va recirculando el destilado a el tanque pulmón (TP-401) hasta que la relación de reflujo y la composición de destilado sea la correcta para poner a operar la columna en continuo.
- Activación del control de presión que actúa sobre la válvula automática de la línea (454) relacionada con la generación de presión de vacío.

- Activación del control de temperatura que actúa sobre la válvula automática de la línea (440) que transmite el fluido de colas de la columna a el área (400/2)
- Activación del control de nivel de fase pesada que actúa sobre la válvula automática de la línea (410).
- Activación del control de caudal que actúa sobre la válvula automática de la línea (438).
- Activación del control de presión del Kettle reboiler (K-401) que actúa sobre la válvula automática de la línea (411) que lleva fluido del reflujo del reboiler.
- Activación del control de temperatura del condensador (C-401) que actúa sobre la válvula automática de la línea (403) que lleva fluido del reflujo del condensador.

7. En cuanto al separador de fases (T-404)

- Activación del control de caudal de la línea (404) que actúa sobre la válvula automática de la línea (404).

8. En cuanto al tanque pulmón (TP-402)

- Activación del control de nivel alto-bajo del tanque pulmón que regula el caudal mediante la válvula automática de la línea (407).

9. En cuanto al condensador total (C-402)

- Activación del control de temperatura que actúa sobre la válvula automática de la línea (436).

10. En cuanto al decantador (T-401)

- Apertura de la válvula manual de la línea (407) que alimenta fluido al decantador (T-401).
- Apertura de las válvulas de las líneas (408) y (409) que llevan el fluido decantado al reactor (R-201) y el área (A-800) respectivamente.
- Activación del control de nivel alto-bajo del decantador que regula el caudal mediante la válvula automática de la línea (408).
- Activación del control de nivel de interfase que actúa sobre la válvula automática de la línea (409).

Área 400/(2)

1. Activación de los sistema de refrigeración de los equipos (C-404) y (H-405) que utilizan agua glicolada suministrada por el chiller.
2. Activación de los sistemas de agua de refrigeración para el condensador parcial (C-403) y para el intercambiador de calor (H-403).
3. Activación del sistema de vapor para suministrarlo al Kettle Reboiler (K-402) y para el intercambiador de calor (H-402)
4. Activación de las bombas que propulsan fluido (P-405), (P-406), (P-407) ,(P-408), (P-409) y (P-410) con sus correspondientes controles automáticos de presión local.

5. En cuanto a la columna de extracción (CE-401)

- Apertura de la válvula de entrada de fluido que alimenta la columna por cabezas que proviene de la línea (413) y apertura de la alimentación de tolueno procedente de la línea (125) que se irá regulando a medida que se vaya recuperando el tolueno.

- Apertura de las válvulas de salida de fluido de las líneas (419) y (414) correspondientes a la salida por cabezas que va a parar al tanque pulmón (TP-403) y decantador (T-403)
- Activación del control de caudal de la línea (418) que se regula mediante una válvula automática en la línea (418).
- Activación de los sistemas de control de nivel de hold-up de la columna que regula la apertura de la válvula automática de la línea (414).

6. En cuanto a la columna de destilación (CD-402)

Se sigue un proceso de puesta en marcha muy similar al de la columna de destilación (CD-401) siguiendo los pasos descritos a continuación:

- Apertura de la válvula de la línea (420) que procede del tanque pulmón (TP-403).
- Apertura de las válvulas de las líneas (420) y (421) relacionadas con el intercambiador (H-402)
- Apertura de las válvulas localizas en cabeza de columna de las líneas (421) y (424) y en colas de las línea (431).
- Apertura de la válvula de la línea (424) que procede del separador de fases (T-405)
- Apertura de las válvulas de salida de las líneas (430) y (422) que recirculan fluido a la columna de destilación (CD-402) y la que transporta fluido al condensador (C-403) respectivamente.
- Apertura de las válvulas relacionadas con el sistema de vacío.
- Debido a que la columna trabaja a presión inferior a la atmosférica se tendrá que realizar la activación del sistema de vacío mediante la bomba de anillo líquido (VP-402). Que se monitorizará mediante el control de presión midiendo la presión de al columna en todo momento.
- Para estabilizar la columna se realizará su operación a reflujo total hasta que el personal de laboratorio estime que la composición es la deseada para posteriormente, empezar a trabajar en continuo a reflujo parcial.
- Para proceder una buena puesta en marcha de la columna de destilación se va recirculando el destilado a el tanque pulmón (TP-403) hasta que la relación de reflujo y la composición de destilado sea la correcta para poner a operar la columna en continuo.
- Activación del control de presión que actúa sobre la válvula automática de la línea (459) relacionada con la generación de presión de vacío.

- Activación del control de nivel de fase pesada que actúa sobre la válvula automática de la línea (430).
- Activación del control de caudal que actúa sobre la válvula automática de la línea (448).
- Activación del control de presión del Kettle reboiler (K-402) que actúa sobre la válvula automática de la línea (431) que lleva fluido del reflujo del reboiler.
- Activación del control de temperatura del condensador (C-402) que actúa sobre la válvula automática de la línea (423) que lleva fluido del reflujo del condensador.

7. En cuanto al tanque pulmón (T-402)

- Apertura de la válvula de la línea (427) que proviene del tanque pulmón (TP-404)
- Apertura de las válvulas de salida formando las líneas (428) y (429) que alimentarán al tratamiento y al decantador (T-403)
- Activación del control de nivel alto-bajo que actúa sobre la válvula automática de la línea (429).
- Activación del sistema de control de nivel de fase pesada que actúa sobre la línea (428).

8. En cuanto al tanque pulmón (TP-505)

- Se activa el sistema de control de nivel alto-bajo que actúa sobre la válvula de control automático de la línea (530).

Área 500/(1)

1. Activación de los sistemas de refrigeración con agua glicolada del condensador total (C-501) relacionado con la líneas (516) y (517). Donde también se activa el control de temperatura del condensador (C-501) actuando sobre la línea (516).
2. A consecuencia de trabajar a presión de vacío, se abre la valvulería correspondiente a las corrientes conectadas a la bomba de anillo líquido (VP-501).
3. Se pone a trabajar la bomba de anillo líquido (VP-501) hasta que se alcance los niveles de vacío deseados.
4. Se abren la válvulas que provienen de las líneas (350) y (330) y toda las que formen parte del proceso de evaporación. Debido al arranque del evaporador se tendrá que esperar a que la presión de vapor sea la adecuada para abrir la válvula de la línea (504) y poder llevar a cabo una correcta evaporación teniendo el sistema inicialmente en recirculación constante.
5. Se activa el bombeo proporcionado por las bombas centrífugas (VP-501), (VP-503) y (VP-507) y sus correspondientes controles automáticos de presión local.

6. En cuanto al tanque pulmón (TP-501)

    - Debido a la importancia del tanque para mantener de forma continua el caudal de alimento al evaporador se ejecuta un control de nivel que actúa sobre la válvula automática sobre la línea (501).

7. En cuanto al evaporador (E-501) / y cámara de separación (CS-501)

- Activación del control de presión sobre la cámara de separación (CS-501 actuando sobre la válvula automática de la línea (350).

8. En cuanto al evaporador (E-502) / y cámara de separación (CS-502)

- Activación del control de presión sobre la cámara de separación (CS-502) actuando sobre la válvula automática de la línea (533).
- Activación del control de temperatura actuando sobre la válvula automática de la línea (504).

Área 500/(2)

1. Activación de los sistemas de vapor referentes a las líneas (352) y (354) que actuaran sobre los intercambiadores de calor (H-501) y (H-502) para calentar el aire que se utilizará en el spray drier (SD-501).

2. Activación de los sistemas de refrigeración para recuperar en forma de condensados los vapores generados en los equipos (E-501) y (E-502) relacionados con las corrientes (534) y (537).
3. Apertura de las válvulas relacionadas con el proceso de evaporación y de formación de sólidos, junto a las válvulas que interfieren el los procesos de intercambio de calor.
4. Accionamiento de las bombas de impulsión de fluidos (P-502), (P-504), (P-505) y (P-506) y de sus correspondientes indicadores automáticos de presión local.

5. Activación de los circuitos de aire para el transporte neumático que transportan el sólido de sulfato de amonio producido en el silo (SD-501) a través del soplante (B-501).

6. En cuanto al tanque pulmón (TP-502).

- Apertura de les válvulas que alimentan al fluido en la línea (503) y las de salida que afectan a la línea (509).
- Activación del control de nivel alto-bajo que actúa sobre la válvula automática de la línea (509).

7. En cuanto al sistema de calefacción del aire para uso al spray-drier (SD-501)

- Activación de los sistema de control de temperatura de los intercambiadores (H-501) y (H-502).

8. En cuanto al sistema de Spray-drier (SD-501)

- Apertura de las válvulas que interfieren en el proceso de formación de perlas de caprolactama.
- Activación del control del humedad que mide los niveles de concentración de agua actuando sobre la válvula automática de la línea (512).
- Activación del control de peso que actúa sobre el soplante ejerciendo el transporte neumático de las perlas de caprolactama hacía los silos de almacenamiento.

9. En cuanto al tanque pulmón (TP-503)

- Activación de las válvulas manuales relacionadas con el sistema del tanque pulmón (TP-503).
- Activación del sistema de control de nivel alto-bajo que acciona la válvula automática de la línea (527).

10. En cuanto al tanque pulmón (TP-504).

- Apertura de las válvulas manuales relacionadas con el sistema del tanque pulmón (TP-504).
- Activación del sistema de control de nivel alto-bajo que acciona la válvula automática de la línea (526).
- Activación del sistema de control de caudal que acciona la válvula de control automática de la línea (525).

Área 600

1. Activación de los sistemas de refrigeración con agua glicolada del intercambiador de placas (H-604).
2. Activación de los sistemas de agua de refrigeración para el condensador total (C-601), para los intercambiadores de calor (H-602) y (H-603) y para los drum flakers (D-601/2/3/4).
3. Activación del sistema de vapor para suministrarlo al intercambiador de doble tubo (H-601).
4. Activación del sistema de aceite térmico para suministrarlo al Kettle reboiler (K-601).
5. Activación de las bombas que propulsan fluido (P-601), (P-602), (P-603), (P-604) y (P-605) con sus correspondientes controles automáticos de presión local.

6. En cuanto a la columna de extracción (CE-601)

    - Apertura de la válvula de entrada de fluido que alimenta la columna por cabezas que proviene de la línea (601) y apertura de la alimentación de benceno procedente de la línea (612/124) que se irá regulando a medida que se vaya recuperando el benceno.
    - Apertura de la válvula de salida de fluido de la línea (603) correspondientes a la salida por cabezas que va a parar al separador de fases (T-601).
    - Activación del control de caudal de la línea (612) que se regula mediante una válvula automática en la línea (612).
    - Activación de los sistemas de control de nivel de hold-up de la columna que regula la apertura de la válvula automática de la línea (602).

7. En cuanto al separador de fases (T-601)

- Activación del sistema de control de nivel alto-bajo sus correspondientes válvulas que regulan el caudal de la línea (604).

8. En cuanto a la columna de destilación (CD-601)

Se sigue un proceso de puesta en marcha muy similar al de la columna de destilación (CD-401) siguiendo los pasos descritos a continuación:

- Apertura de la válvula de la línea (604) que procede del separador de fases (TP-601).
- Apertura de la válvulas que intervienen en el proceso de destilación tanto por cabezas como por colas.
- Para estabilizar la columna se realizará su operación a reflujo total hasta que el personal de laboratorio estime que la composición es la deseada para posteriormente, empezar a trabajar en continuo a reflujo parcial.
- Para proceder una buena puesta en marcha de la columna de destilación se va recirculando el destilado a el tanque pulmón (TP-601) hasta que la relación de reflujo y la composición de destilado sea la correcta para poner a operar la columna en continuo.
- Activación del control de nivel de fase pesada que actúa sobre la válvula automática de la línea (613).
- Activación del control de caudal que actúa sobre la válvula automática de la línea (608).
- Activación del control de presión del Kettle reboiler (K-402) que actúa sobre la válvula automática de la línea (614) que lleva fluido del reflujo del reboiler.

- Activación del control de temperatura del condensador (C-402) que actúa sobre la válvula automática de la línea (606) que lleva fluido del reflujo del condensador.
- Activación del control de caudal de aceite térmico que actúa sobre la válvula automática (628).

9. En cuanto al separador de fases (T-602)

- Activación de la valvulería del separador de fases (T-602).
- Activación del sistema de control de nivel alto-bajo que actúa sobre la válvula de la línea (608).

10. En cuanto al separador de fases (T-602)

- Activación de la valvulería del separador de fases (T-601).
- Activación del sistema de control de nivel alto-bajo que actúa sobre la válvula de la línea (611).
- Activación del sistema de control de nivel de fase pesada que actúa sobre la válvula de la línea (610).

11. En cuanto al tanque pulmón (TP-602)

- Activación de la valvulería perteneciente al tanque pulmón (TP-602).
- Activación del control de nivel alto-bajo del tanque pulmón que regula el caudal mediante la válvula automática de la línea (642).

12. En cuanto a los drum flakers (D-601/2/3/4)

- Apertura de las válvulas de las corrientes de entrada y salida correspondientes al sistema ejecutado por el drum flaker (D-601/2/3/4).
- Activación del sistema de control automático que regula el nivel en el tambor de la piscina del drum flaker actuando sobre las válvulas automáticas de las líneas (618), (620), (622) y (624).

Área 700

1. Accionamiento de las válvulas de entrada al producto al silo de almacenaje y de las válvulas rotatorias que tienen la finalidad de dosificar producto para su posterior almacenaje en big-bags de 800 kg.
2. Accionamiento de las válvulas que dan salida al producto acabado

3. En cuanto al sistema de control automático:

- En el caso de los silos que almacenaran caprolactama se ha diseñado un control anti-explosión que se realizará mediante un control a la entrada de caprolactama que accionará una válvula que alimentará el silo de nitrógeno para minimizar la concentración de oxígeno hasta límites no explosivos y a la vez un control de presión que aliviará el sistema en casa de una repentina sobrepresión.
- Accionamiento de las alarmas de nivel alto-bajo de los tanques para avisar a los operarios.

8.4.2. Puesta en marcha de la planta después de una parada

El proceso para llevar a cabo la puesta en marcha de la planta después de una parada localizada se asemeja notablemente a la puesta en marcha desde cero, aunque contiene ciertas peculiaridades.

Primeramente el tiempo que transcurrida en la puesta en marcha será, generalmente, menor debido a que estos equipos ya contendrán fluido y por lo tanto al reiniciar el sistema se establecerá el estacionario de forma más rápida.

Por otro lado al hecho de realizar el diseño de tanques pulmón a la entrada de equipos nos proporcionará tiempo de retención necesario para solventar posibles problemas que hayan llevado a realizar la parada.

Para realizar la puesta en marcha en una punto localizado se seguirá la siguiente doctrina:

- Reactivación de los sistemas de intercambio de calor de circuito cerrado.
- Apertura de las válvulas de entrada y salida.
- Reactivación de los sistemas de control con sus correspondientes set-points.

8.5. Parada de la planta

En cuanto a la parada de la planta en los cálculos de diseño se ha estimado una producción de 330 días laborables por lo tanto habrán 35 días en los que la planta no será productiva y durante este período se realizarán procesos de mantenimiento, limpieza y recambio de productos usados en el proceso como por ejemplo el catalizador de silicato de titanio e el reactor (R-201).

Por lo tanto se estimaran unas doctrinas para llevar a cabo la parada de la planta de forma general:

- Cerrar las válvulas que suministran fluido a los equipos.
- A la vez que se cierran los suministros a los equipos se controla de forma muy minuciosa los sistemas de control de forma que a medida que vayan saltando las alarmas ir cerrando los sistemas que alteran el sistema, ya sea por sistemas de refrigeración, controles de caudales, controles de presión.
- Así pues a medida que se realice la parada se irán cerrando de forma paulatina los servicios de planta
- Cerrado y comprobación de la estanqueidad de los sistemas
- Paso de agua descalcificada en circulación cerrada
- Tratamiento anti agentes químicos.
- Mantenimiento y reparación de los equipos mecánicos.