



# PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CLOROBENCENO

Universidad Autónoma de Barcelona

ESCUELA DE INGENIERIA

Trabajo de Fin de Grado

GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

TUTORA:

M<sup>a</sup> Eugenia Suárez Ojeda

Aymà Garcia, Irina

Luque Luceno, Raúl

Rodríguez Bohoyo, Carlos

Sellarès Feiner, Santi

Cerdanyola del Vallès, Junio 2017





# PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CLOROBENCENO

## CAPÍTULO 8: Puesta en marcha



## ÍNDICE

<b>8.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>8.2 TAREAS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA .....</b>	<b>2</b>
8.2.1 Servicios generales de la planta.....	3
8.2.2 Equipos de Proceso. ....	3
<b>8.3 PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA.....</b>	<b>6</b>
8.3.1 Área 100.....	6
8.3.2 Área 200, 300 y 400. ....	7
8.3.3 Área 500.....	11
<b>8.4 PARADA DE LA PLANTA.....</b>	<b>11</b>

## 8.1 INTRODUCCIÓN

Una vez construida la planta de producción de monoclorobenceno, para empezar a producir en continuo, será necesario realizar la puesta en marcha de ésta. La puesta en marcha para una planta química que opera en continuo es un proceso complicado ya que se tiene que llegar al estado estacionario en todos los equipos del proceso productivo.

Para poner en marcha la planta hay una serie de pasos y protocolos que hay que seguir para minimizar o eliminar cualquier tipo de complicación.

En primer lugar, se establecerán unas tareas previas que consisten en la realización de una serie de pruebas para comprobar que los equipos que se encuentran en la planta funcionan correctamente.

En segundo lugar, se pondrán en marcha los servicios de planta, que son aquellos que proporcionan los fluidos necesarios para el funcionamiento del resto de equipos. También hará falta que el área destinada al tratamiento de los efluentes gaseosos proveniente de los venteos de las diferentes partes de la planta se encuentre operativa antes de poner en marcha el proceso de producción.

Por último, se hará la puesta en marcha de la planta, para ello, será necesario el seguimiento de una serie de indicaciones dictadas a tal efecto. La puesta en marcha de la planta puede darse de tres maneras diferentes:

- Puesta en marcha desde cero.
- Puesta en marcha después de una parada de emergencia.
- Puesta en marcha después de una parada estipulada, por razones de mantenimiento generalmente.

En este capítulo se explicarán los métodos utilizados para realizar tanto la puesta en marcha desde cero como la puesta en marcha debido a una parada planificada, ya que en estos casos la situación es muy parecida.

En el caso de la parada de emergencia, la puesta en marcha de la planta puede convertirse en una situación muy compleja de resolver, ya que la parada de emergencia puede deberse a muchos motivos y por lo tanto los puntos de partida de los cuales se inicia la puesta en marcha pueden ser muy diversos.

## 8.2 TAREAS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA

Antes de la puesta en marcha se deben realizar un conjunto de tareas previas para verificar que todo está preparado y organizado para que no existan complicaciones durante la puesta en marcha.

### 1. Organización.

- Organización del personal y de los turnos.
- Comprobar disponibilidad de los proveedores.
- Comprobar stock de materiales y recambios en el almacén de la planta.
- Comprobar que los equipos, tuberías e instrumentación instalada se corresponden con la documentación.
- Comprobar y actualizar los protocolos.

### 2. Inspección

- Equipos.
- Tuberías y accesorios.
- Instrumentación.
- Cableado.
- Aislantes.
- Estructuras.
- Medidas anticorrosivas.
- Señalización.
- Medidas contra incendios.
- Material de protección personal.

### 3. Test

- Pruebas de presión.

- Pruebas de paso y continuidad.
- Pruebas de estanqueidad.

#### 4. Mantenimiento

- Calibración del instrumental.
- Limpieza de los equipos.
- Sustitución de piezas o equipos en mal estado.

### 8.2.1 Servicios generales de la planta.

Los servicios incorporados a la planta química tienen que estar activos y operativos, estos deberán presentar una gran fiabilidad y, por lo tanto, necesitarán un riguroso mantenimiento para cumplir estas expectativas.

Generalmente los equipos de servicios son instalados por empresas externas especializadas y, por lo tanto, se recurrirá al personal de mantenimiento de dichas empresas para que aseguren que la instalación y el funcionamiento sea el correcto.

### 8.2.2 Equipos de Proceso.

#### 8.2.2.1 Pruebas hidráulicas y de presión.

Las pruebas hidráulicas consisten en la introducción de una mezcla de agua y pigmento por todo el circuito de tuberías de la planta, de esta manera se consigue localizar con facilidad la presencia de fugas, poros y errores en las soldaduras de tuberías, uniones, válvulas, bombas y accesorios.

Las pruebas hidráulicas también permiten comprobar que los equipos que tienen que soportar peso no sufren vibraciones o deformaciones mecánicas durante la operación.

El propósito de estas pruebas es recoger datos relacionados con el análisis mecánico de parámetros que puedan ser potencialmente peligrosos para el sistema, como la vibración o las deformaciones durante las pruebas efectuadas. Estas pruebas

solamente se llevan a cabo después de la construcción de la planta para comprobar que todas las unidades del proceso y áreas implicadas funcionen adecuadamente.

Es importante que una vez terminadas las pruebas se purgue cada línea totalmente y se seque el circuito del proceso con aire, ya que podrían producirse problemas de contaminación o incompatibilidades en el proceso de puesta en marcha con los fluidos del proceso.

Finalmente, las pruebas de presión son similares a las hidráulicas, aunque consisten en el paso de un gas seco, en este caso aire, para comprobar que los equipos del proceso cumplen estrictamente las condiciones de presión máxima generadas y garantizan la seguridad y condición mecánica estipulada en el diseño.

#### 8.2.2.2 Puesta a punto de bombas y compresores

En el caso de la puesta a punto de equipos de bombeo, es importante tener en cuenta que las bombas centrífugas utilizadas en la planta, a diferencia de las de desplazamiento positivo, que también se encuentran en ella, no son autoencebadoras y por lo tanto se tendrá que seguir un procedimiento a la hora de ponerlas en marcha, evitando la presencia de aire en ellas y poder evitar una posible cavitación en las bombas.

Para poner en marcha las bombas centrífugas, será necesario que el eje interno de la bomba esté totalmente inundado. Esto se consigue abriendo completamente la válvula de compuerta de aspiración, aflojando la tuerca de purga de aire y esperar a que tanto la tubería de aspiración como el cuerpo de la bomba estén totalmente llenos con el fluido a bombear para, a continuación, cerrar nuevamente la rosca de purga de la bomba

En caso de una aspiración negativa se emplearán métodos alternativos de cebado, como llenar la tubería y la bomba con una fuente de alimentación externa del fluido conectada al orificio de cebado y aflojando el tapón de purga.

En cuanto a los equipos de compresión se requiere abrir la válvula de purgados que incorporan en el depósito que presentan y abrir el regulador de gas de salida. Seguidamente el compresor desprenderá aire por la salida y por la válvula de purgados: hay que mantenerlo en funcionamiento unos minutos para que las impurezas que pueda haber salgan durante este procedimiento.

A continuación, se tiene que realizar la conexión con su respectiva salida de aire y esperar hasta que el depósito de aire esté totalmente cargado y verificar que se detiene al llegar a la presión máxima.

### 8.2.2.3 Puesta a punto de servicios

Antes de hacer la puesta en marcha de todos los equipos de la planta se deben poner en marcha los servicios de ésta.

- **Caldera de aceite térmico:** Primero se debe llenar de aceite térmico, seguidamente, se encenderá el compresor. Cuando la caldera se encuentra en funcionamiento, se espera a que el aceite llegue a la temperatura y presión requeridas para que el proceso se lleve a cabo de forma correcta. Una vez se llega a las condiciones óptimas, se suministrará el aceite térmico a los equipos que lo requieran.
- **Caldera de vapor:** Al igual que pasa con la caldera de aceite térmico, se realiza el mismo procedimiento, pero en este caso el fluido utilizado será agua descalcificada.
- **Torre de refrigeración:** Estas operan también utilizando agua descalcificada. Para llegar a la temperatura de refrigeración necesaria se recircula el fluido en circuito cerrado para llegar al estado estacionario y a las condiciones óptimas. Una vez se llega a la temperatura de operación, se suministrará el fluido refrigerante a todos los equipos que lo requieren para su función.
- **Nitrógeno:** El nitrógeno se utiliza para inertizar los equipos y mantener su presión constante durante la carga y descarga de estos. El nitrógeno se almacenará en un tanque que se revisará periódicamente para comprobar su estado.

- **Agua contra incendios:** Su puesta en marcha simplemente consistirá en llenar las piscinas de agua y activar el sistema de gestión contra incendios.
- **Aire comprimido:** Este servicio servirá para poder poner en funcionamiento todas las válvulas de control y neumáticas.
- **Chillers:** Para poner en marcha estos equipos, primero se llenarán con el fluido que operarán, ya sea agua descalcificada o glicolada, y se mantendrá en circuito cerrado hasta que lleguen a la temperatura y condiciones deseadas en cada caso. Una vez esto suceda se pasará a suministrar de fluido refrigerante los equipos que lo requieran.

## 8.3 PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA.

La puesta en marcha de la planta de producción de MCB se divide en diferentes secciones, tantas como áreas tiene la planta. Este punto tiene la finalidad de redactar el protocolo de actuación para un buen funcionamiento de los equipos del proceso y evitar fallos del sistema.

La puesta en marcha de los intercambiadores de calor se realizará progresivamente mediante el sistema de control que regulará el caudal de refrigerante según las necesidades del proceso.

También se deberá rellenar los scrubbers que permiten limpiar de contaminantes los gases provenientes de los venteos de carbón activo.

### 8.3.1 Área 100

Esta área corresponde básicamente a los tanques de almacenaje de materias primas utilizadas en el proceso. Para llenar cada uno de los tanques se debe seguir el siguiente protocolo:

1. El camión de descarga se enlaza a la planta de manera que se permite conectar al camión con el corriente de proceso para bombear los componentes.

2. Una vez conectado el camión, se procede a la obertura de las válvulas para llenar los tanques de almacenaje de materias primas.
3. En cuanto se comienzan a llenar los tanques, el control de estos también se pone en marcha para asegurar que no se produce ninguna incidencia.
4. Finalizada la carga de los tanques de almacenaje se procede al cierre de las válvulas y la desconexión del corriente con el camión.

### 8.3.2 Área 200, 300 y 400.

A la hora de la puesta en marcha estas 3 áreas estarán relacionadas y la puesta en marcha se deberá hacer de forma progresiva.

El área 200 contiene la parte principal del proceso de producción, esta parte corresponde a los reactores donde se produce la reacción de cloración del benceno.

El área 300 contiene las diferentes etapas de separación y purificación de nuestro producto.

Por último, el área 400 contiene los elementos necesarios para tratar los gases que provienen de los reactores de cloración para liberarlos de los diferentes contaminantes que contienen y tratar de recircular la máxima cantidad de materias primas posibles.

Los requisitos previos a la puesta en marcha de estas áreas es que el área 100 esté preparada y en espera.

El protocolo para la puesta en marcha de las áreas 200, 300 y 400 es:

1. Se abren todas las válvulas que permiten el paso de la mezcla de benceno procedente del área 100 a la columna de destilación (CD-201) que permitirá separar el benceno del tolueno.
2. Se activan los sistemas de control de la columna.
3. La columna operará a reflujo total hasta que se llegue al estado estacionario. Una vez se ha llegado a este punto se tomará una muestra para comprobar que la composición es la adecuada.

4. A continuación, se comienza a operar a reflujo parcial, permitiendo así el paso del corriente de destilado de benceno al mezclador (M-201). Con las válvulas de salida del mezclador cerradas se llena el mezclador utilizando ese corriente de benceno.
5. Una vez está lleno el mezclador se acciona la bomba y se abren las válvulas que permiten la entrada de este benceno al reactor de cloración (R-201/203).
6. Como el fluido entra a más temperatura que la de operación en el reactor, se activará el sistema de refrigeración del reactor y se controlará la temperatura mediante la regulación del caudal de refrigerante que circula por la media caña.
7. Una vez esta lleno, se abren las válvulas que necesarias para que el benceno del reactor de cloración circule hacia el reactor de neutralización del catalizador (R-301).
8. En este reactor se procede igual que en los reactores de cloración de manera que se irá llenando el reactor con el corriente de benceno y, una vez esté lleno, se abrirán las válvulas que permiten la salida del fluido hacia la etapa de centrifugación.
9. Se acciona la centrífuga (C-301) para permitir el paso del benceno hacia la siguiente etapa de decantación, ya que en estos primeros instantes no hay ninguna partícula sólida que se deba separar.
10. En el decantador (D-301) se cerrará la salida de fluido pesado, y solo se dejará abierta la salida de fluido ligero, ya que en este punto no hay fluido pesado.
11. El benceno proveniente del decantador entrará en la columna de destilación (CD-301).
12. La columna operará a reflujo total inicialmente, hasta que se llegue a las condiciones de operación estipuladas. En estos primeros instantes donde solo circula benceno, la salida de cola de la columna permanecerá cerrada y todo el benceno continuará su recorrido por la parte la cabeza de la columna.
13. A continuación se abren las válvulas necesarias que permiten el paso del benceno hacia la columna de absorción de orgánicos (CA-401), donde al no haber gases todavía el corriente permanecería en fase líquida.

14. Se activará el control de temperatura que afectará al intercambiador E-402 de manera que el fluido entre al siguiente equipo a la temperatura que correcta.
15. Esta fase líquida también circulará a través de la columna flash (CF-401), donde el corriente permanecerá en fase líquida y posteriormente se recirculará.
16. Mediante la acción de la bomba se permite que el corriente de benceno se recircule al mezclador (M-201), una vez se inicia la recirculación de benceno, mediante el sistema de control se regulará el corriente de benceno que entrará proveniente de los tanques de almacenaje de manera que el caudal de salida de benceno del mezclador corresponda al caudal necesario para que se consiga la producción final deseada.
17. Una vez el circuito de benceno se encuentra en operación, ya se puede comenzar a introducir tanto el cloro como el catalizador en el proceso.
18. Los intercambiadores E-201 y E-202 funcionan con DCB que se recircula de la columna de destilación CD-302, como en la puesta en marcha aun no se ha producido DCB, estos intercambiadores funcionarán mediante la circulación de aceite térmico como calefactor. Una vez ya se comience a producir DCB el aceite térmico será reemplazado por este subproducto. Las primeras gotas que salgan de DCB después de circular por los intercambiadores serán purgadas ya que contienen restos de aceite térmico.
19. Tanto el cloro como el catalizador se irán introduciendo de manera progresiva en el proceso hasta que se llegue a las condiciones de trabajo deseadas.

A partir de este momento el área 200 se encuentra ya operativa y a partir de este punto se continuará con el protocolo para la puesta en marcha de las áreas 300 y 400 por separado.

#### 8.3.2.1 Continuación área 300

1. De la misma manera que se van introduciendo el catalizador y el cloro en el proceso, también se deberá introducir tanto el hidróxido de sodio como el agua en el reactor R-301, ya que a medida de que avance el proceso irá

apareciendo tanto catalizador como ácido clorhídrico en el corriente de líquido que será necesario eliminar.

2. A partir de este punto comienza a formarse precipitado de hidróxido de hierro (III) que será necesario separar mediante el uso de la centrifuga continua (C-301).
3. A continuación a medida que se va llenando el decantador (D-301) se abren las válvulas que permiten la salida del fluido pesado para permitir así la salida del corriente de agua con cloruro de sodio disuelto.
4. El fluido ligero que sale del decantador entrará en la columna de destilación CD-301, en este momento la salida de cola de la columna se abrirá, en este punto como ésta ya se encuentra en condiciones de operación no será necesario que trabaje a reflujo total.
5. El fluido que sale por la parte inferior de la columna entrará en la columna de destilación (CD-302), esta columna operará a reflujo total hasta que se llegue al estado estacionario.
6. El sistema de control de la columna estará activado y mediante la toma de muestras tanto de la parte superior como inferior de la columna se podrá saber en que momento se ha llegado al estado estacionario.
7. Una vez se llega al estado estacionario se operará la columna a reflujo parcial y se permitirá la salida del MCB a los tanques de almacenamiento y del DCB a los intercambiadores citados anteriormente y posteriormente a su tanque de almacenamiento.

#### 8.3.2.2 Continuación área 400

1. A medida que la reacción va desarrollándose, el corriente de gas que se forma circulará a través de la columna de absorción de orgánicos (CA-401), que como ya circulan orgánicos por ella no será necesario realizar ninguna puesta en marcha de este equipo, ya que se ha realizado anteriormente.
2. La columna flash (CF-401) a partir de este momento comienza a separar dos fases por lo tanto será necesario abrir las válvulas que permiten que el gas que sale de la columna flash se recircule a la columna de absorción.

3. A continuación se activa el control de temperatura del intercambiador E-401 para el corriente de gas que sale de la columna de absorción.
4. Por último, para la puesta en marcha de la columna "Falling film" el sistema de control regulará en todo momento el caudal de agua de entrada según el caudal de gas que entre en ella.

### 8.3.3 Área 500

En esta zona se procederá de manera similar a la del área 100, ya que esta es la zona de almacenaje de producto. En ella se encuentran los tanques de almacenaje de MCB, DCB, ácido clorhídrico diluido al 30% y tolueno.

1. Se procede a llenar los tanques con cada uno de los productos correspondientes que provienen de distintas partes del proceso.
2. Se activan todos los sistemas de control correspondientes a cada tanque.

## 8.4 PARADA DE LA PLANTA

Cuando los requisitos de producción y necesidades de la planta lo requieran se realizará una parada de la planta, ya sea para efectuar labores de mantenimiento, limpieza, reparaciones, que asegurarán el buen funcionamiento de la planta una vez se vuelva a poner en marcha el proceso de producción de clorobenceno. Se dará más importancia a la parada de todas las partes que operan en continuo del proceso, ya que serán las que se paran exclusivamente estos días.

La parada de la planta es una operación que si no se realiza correctamente puede ocasionar una pérdida importante de producto, materias primas y catalizador. Eso es debido a que si no se consigue parar los equipos de forma controlada se deberá purgar gran parte del fluido de proceso.

La parada se basará en la disminución de los caudales progresivamente desde las áreas iniciales del proceso, para así ir vaciando poco a poco dichas áreas a medida que se va transformando en producto. Para evitar la contaminación de los corrientes

debido a la inestabilidad de las columnas de destilación, debido al descenso de los caudales, se incrementará la relación de reflujo.

Una vez los niveles de líquido sean muy bajos se detendrá la operación de la producción. Los restos de líquido que queden por todo el circuito se purgarán y no podrán ser reutilizados.

Finalmente, cuando el sistema esté completamente vacío de líquido se harán pasar vapores con nitrógeno hasta que la concentración final sea baja y puedan abrirse los equipos para realizar el mantenimiento planificado.