

# CAPÍTULO 8

## Puesta en marcha

Planta de producción de ácido fórmico



---

## CAPÍTULO 8. PUESTA EN MARCHA

8.1 INTRODUCCIÓN .....	5
8.2 CONSIDERACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA.....	6
8.3 PUESTA EN MARCHA DE LOS SERVICIOS Y EQUIPOS AUXILIARES.....	8
8.4 PUESTA EN MARCHA DE LA PRODUCCIÓN POR ÁREAS .....	10
8.4.1 PUESTA EN MARCHA DE LAS ÁREAS POR ORDEN SECUENCIAL .....	10
8.4.2 Área 100.....	10
8.4.3 Área 200.....	11
8.4.4 Área 300.....	11
8.4.5 Área 400.....	12
8.4.6 Área 500a .....	13
8.4.7 Área 500B.....	13
8.4.8 Área 600.....	14
8.5 PARADA DE EMERGENCIA DE LA PLANTA .....	15
8.6 PARADA PLANIFICADA DE LA PLANTA.....	16



## 8.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de la puesta en marcha es conseguir llegar al estado estacionario. Para llegar a este punto son necesarias una serie de pruebas que garanticen un buen funcionamiento y la seguridad total de todos los componentes del proceso (equipos, servicios, tuberías, etc.). La puesta en marcha se llevará a cabo en tres casos distintos; inicio por primera vez del proceso de fabricación, después de las paradas previstas durante el año y después de cualquier parada de emergencia que afecte al proceso.

Las pruebas de inicio son unas operaciones de riesgo ya que todos los equipos son nuevos y es posible que haya errores en los materiales, pérdidas de presión en equipos por malos ajustes o procedimientos inadecuados por los operarios, por no estar familiarizados con las operaciones de la planta. Dicha puesta en marcha, se debe llevar a cabo poco a poco y con unas pautas bien estructuradas. Cada equipo debe ser probado independientemente empleando substancias no peligrosas, para el correcto funcionamiento del equipo.

Una vez que todos los equipos hayan sido comprobados con fluidos no peligrosos y la planta esté en una situación segura, se introducirán lentamente y de manera secuencial las substancias de producción. La forma más indicada de planificar la puesta en marcha, es de seguir un secuencia lógica de arrancada; primero los servicios necesarios en la planta y posteriormente los procesos.

## 8.2 CONSIDERACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA

Para poder minimizar los problemas que puedan surgir en la puesta en marcha, se detallan una serie de acciones previas de verificación en el funcionamiento de las instalaciones. A continuación, se muestra una lista con las actuaciones que se debe llevar a cabo para la puesta en marcha de la planta:

- Organización

La organización en cuanto al personal, las materias primas y la disponibilidad de los proveedores será primordial para seguir unas pautas y un orden lógico en la puesta en marcha de la planta.

- Inspección

En segundo lugar, y no menos importante, se ha de realizar una inspección general a toda la planta. Abarcando los equipos, las tuberías, el cableado, el instrumental y las estructuras.

- Pruebas

Se realizarán dos pruebas para observar si los equipos están diseñados correctamente para su posterior funcionamiento. La prueba hidráulica permitirá comprobar la estanqueidad de los equipos. Se hace pasar agua pigmentada a través de los equipos para ver si hay algún tipo de fuga a lo largo del proceso en tuberías, uniones y válvulas. También permite controlar si los equipos pueden soportar el peso y no sufrir vibraciones o deformaciones mecánicas.

Por otra parte, la prueba de presión permitirá conocer si los equipos son resistentes cuando se les aplica la presión máxima a la que están diseñados mediante gas a presión. De esta manera, se conoce si los equipos podrán trabajar a las condiciones de operación a las que se han diseñado además de comprobar la estanqueidad de los equipos y válvulas si la presión se mantiene.

- Seguimiento de los servicios de planta

Se comprobarán los equipos de servicio como la caldera, el chiller, la torre de refrigeración, el agua de torre, la electricidad y el gas natural. Preparación de la operación.

- Laboratorios

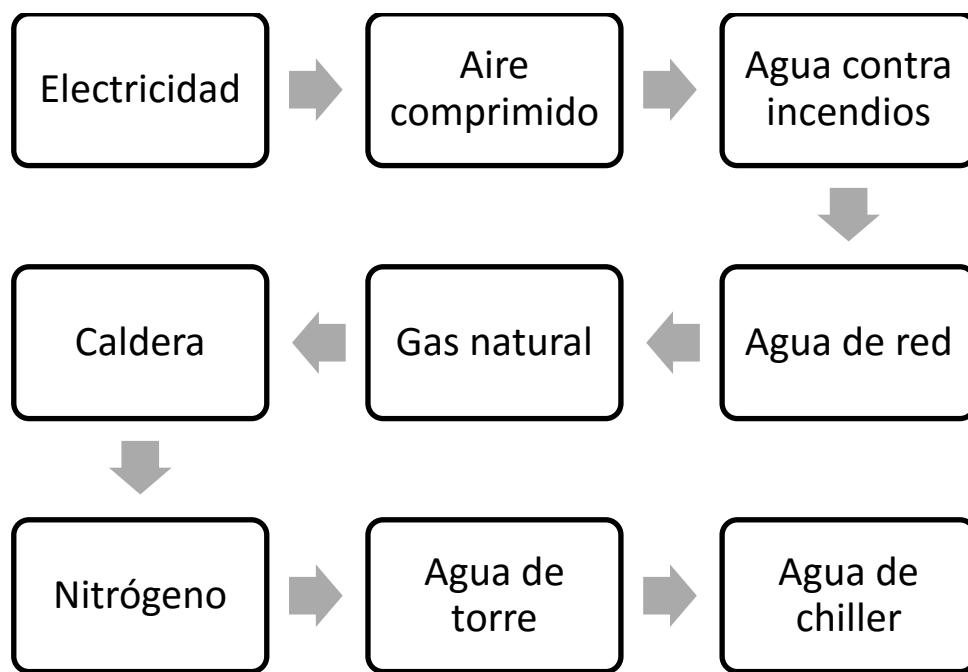
Comprobación de la disponibilidad de utensilios y aparatos necesarios en los laboratorios.

- Seguridad y riesgos

Finalmente se comprobará la disponibilidad y la localización de los equipos de extinción de incendios. Se mostrará el procedimiento de actuación en frente de un posible incendio. Disponibilidad y localización de equipos de primeros auxilios, EPI's disponibles y funcionamiento de las duchas de seguridad.

## 8.3 PUESTA EN MARCHA DE LOS SERVICIOS Y EQUIPOS AUXILIARES

Los servicios son una parte imprescindible del proceso por tanto es necesario establecer un orden secuencial de puesta en marcha para éstos. A continuación se muestra el orden secuencial de los servicios:



### 1. Activación del sistema eléctrico

Comprobar que el suministro eléctrico de la planta es correcto para las necesidades e instrumentos de la planta.

### 2. Aire comprimido

Activar el compresor de la zona de servicios que distribuye el aire a las zonas de control de toda la planta.

### 3. Activación del sistema contra incendios y agua

Comprobar el correcto funcionamiento de todo el sistema contra incendios, incluyendo las líneas de bombeo en caso de incendio. Comprobar la conexión del sistema antiincendios con la red de agua para incendios.

#### 4. Agua de red

Comprobar la llegada de agua de red a las diferentes partes de la planta.

#### 5. Gas natural

Comprobar la llegada de gas natural a la caldera.

#### 6. Caldera

Activación de la caldera para producir vapor y comprobar el retorno de los condensados. Comprobar el suministro de materia prima de la caldera y a continuación, poner en marcha dicha caldera, para suministrar y fijar la presión necesaria para la producción de la planta. Comprobar la conexión de la caldera y el grupo electrógeno con la red de gas natural.

#### 7. Nitrógeno

Este servicio se requiere para la inertización de equipo dentro del proceso, para evitar atmosferas explosivas. El nitrógeno será suministrado por una empresa externa y se distribuirá a lo largo de la planta, con las necesidades de presión correspondientes al equipo o zona en particular.

#### 8. Agua de torre

Para disponer de este servicio, es necesario el llenado completo de las torres de refrigeración de agua descalcificada, comprobar el correcto funcionamiento y asegurar el ciclo de agua hasta que retorna a la torre.

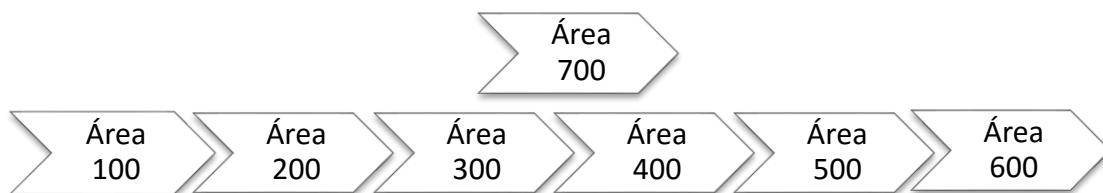
#### 9. Agua de chiller

El procedimiento sería el mismo que el agua de refrigeración, asegurar que el ciclo es el adecuado para las necesidades de la planta.

## 8.4 PUESTA EN MARCHA DE LA PRODUCCIÓN POR ÁREAS

### 8.4.1 PUESTA EN MARCHA DE LAS ÁREAS POR ORDEN SECUENCIAL

La puesta en marcha del proceso de producción debe seguir un orden lógico además se debe tener en cuenta que parte del proceso debe estar hecha para poder empezar otra. Para ver de forma general el orden de puesta en marcha se muestra el siguiente esquema donde aparece el orden secuencial de puesta en marcha del proceso:



Los servicios (Área 700) se activan al inicio de la puesta en marcha y se van integrando en el proceso a lo largo del proceso siguiendo el orden de la puesta en marcha de las áreas. Como es lógico el área 100 es la primera área que se pone en marcha debido a que es necesario el uso de reactivos para el comienzo del proceso. Le siguen las áreas 200, 300, 400 y 500 en las cuales se crean los intermedios del proceso para después separarlos mediante las columnas de rectificación. Finalmente el área 600 se activa para almacenar el ácido fórmico.

### 8.4.2 ÁREA 100

El objetivo de la puesta en marcha en esta área es la comprobación de los tanques de metanol (T-101a) y de monóxido de carbono (T-101B). Los tanques ya han sido inertizados con nitrógeno y llenados de reactivos por los camiones cisterna.

1. Activación de los controles de nivel, temperatura y presión de los tanques de metanol.
2. Activar el sistema de vaciado de los tanques de metanol.
3. Activación de la bomba P-102a para enviar el metanol al área 200.
4. Abrir válvula de expansión automática y permitir el paso de CO hacia el área 200.



### 8.4.3 ÁREA 200

En la área 200 se produce la primera reacción del proceso obteniendo una salida líquida y una salida gas. También se recoge la primera recirculación en el tanque M-201.

1. Introducción del metóxido sódico que corresponde al tanque M-201 mediante la tolva junto al metanol que proviene del área 100.
2. Activación de la agitación del tanque M-201.
3. Activar el suministro del agua de refrigeración para los intercambiadores EX-201 y EX-202.
4. Activación de los controles de presión, caudal, temperatura y nivel de los equipos.
5. Activar el suministro del agua de refrigeración para la media caña de los reactores R-201, R-202 Y R-203.
6. Activación de la agitación de los reactores R-201, R-202 Y R-203.
7. Abrir el paso del tanque M-201 y activación de la bomba P-201a.
8. Permitir el paso de producto cuando haya transcurrido el tiempo de residencia del reactor mediante las válvulas de salida de los reactores. Obertura de la válvula de expansión para fase gas hacia el área 300 y activación de la bomba P-202a para el envío de la fase líquida al área 300.

### 8.4.4 ÁREA 300

La función del área 300 es la separación y purificación de las sustancias obtenidas y sobrantes del área 200. En primer lugar se procede a la separación del monóxido de carbono del proceso mediante una absorción con metanol y una columna flash. Finalmente se procede a la purificación del formiato de metilo mediante una columna de rectificación.

1. Activación de los controles de caudal, presión y temperatura de los equipos.
2. Activar el suministro del agua de refrigeración del tanque T-301.
3. Activar el suministro del agua de refrigeración en el intercambiador EX-301.
4. Activación de la bomba P-301a (alimentación para la columna de absorción CA-301).



5. Paralelamente a los pasos 1-4, se procede a la apertura de las válvulas de la columna flash por cabeza y por colas y a la activación de la bomba P-303a y P-302a para el envío de producto al mixer M-301.
6. Activación de la agitación en el tanque M-301.
7. Activar el suministro del vapor del reboiler y del agua de refrigeración de la columna C-301.
8. Activación de la bomba P-304a (alimentación a columna C-301).
9. Activar el suministro del agua de refrigeración del EX-303 y apertura de la válvula al tanque T-304.
10. Activación de la bomba P-305a hasta el tanque pulmón T-303.
11. Activación de la bomba P-306a para enviar el producto al área 400.
12. Activación de la bomba P-307a hasta el tanque T-305.
13. Activación de las bombas P-308a para el envío de formiato de metilo al mixer M-201.
14. Activación del suministro de vapor del reboiler y del agua de refrigeración de la columna C-302.
15. Activación de la bomba P-309a (alimentación de la columna C-302).
16. Activación de las bombas P-310a y P-311a para impulsar los fluidos obtenidos en C-302.

#### **8.4.5 ÁREA 400**

El objetivo principal del área 400 es la obtención del ácido fórmico utilizando como reactivos formiato de metilo y agua descalcificada.

1. Activación de los controles de temperatura, nivel, caudal y presión de los reactores e intercambiadores.
2. Activar el suministro de agua de refrigeración en los intercambiadores EX-401 y EX-402 y de la media caña de los reactores R-401, R-402 y R-402.
3. Permitir la salida del producto de los reactores mediante las válvulas. Activación de la bomba P-401a hasta el área 500.



#### 8.4.6 ÁREA 500A

La función del área 500 es la purificación del ácido fórmico mediante tres columnas de rectificación.

1. Activar controles de presión, temperatura y nivel de las columnas, tanques e intercambiadores del área 500.
2. Activación del suministro de vapor del reboiler y del agua de refrigeración de la columna C-501.
3. Abrir válvula de entrada a la columna C-501.
4. Activar bombas P-501a y P-503a para impulsar los productos de la columna C-501.
5. Activación bomba P-502a para la recirculación de formiato de metilo al área 300.
6. Simultáneamente a los pasos 1-4, comprobar las correctas condiciones del tanque de DMF y activar bomba P-505a.
7. Activar agitación del mixer M-501.
8. Activación del suministro de vapor del reboiler y del agua de refrigeración de la columna C-502.
9. Activar bomba P-504a (alimentación a la columna C-502).
10. Activar bombas P-506a y P-507a para impulsar los productos de la columna C-502 hacia los tanques T-503 y T-504 respectivamente.
11. Activar bombas P-508a y P-509a para impulsar el ácido fórmico a la columna C-503 y para recircular el agua al área 400.

#### 8.4.7 ÁREA 500B

1. Activar controles de nivel, temperatura y presión de los equipos.
2. Activación del suministro de vapor del reboiler y del agua de refrigeración de la columna C-503.
3. Activar agua de refrigeración en los intercambiadores EX-501 y EX-502.
4. Activar bombas P-510a y P-511a para impulsar los productos de la columna C-503.
5. Activar bombas P-512a para impulsar el DMF a la recirculación.



## 8.4.8 ÁREA 600

El objetivo del área 600 es el correcto almacenamiento del ácido fórmico.

1. Activar control de presión, de temperatura y de nivel de los tanques T-601a, T-602a, T-603a y T-604a.
2. Comprobar el funcionamiento de la resistencia eléctrica. Su uso solo es necesario si la temperatura del ácido fórmico es inferior a 15ºC.
3. Obertura de las válvulas para abrir el paso del ácido fórmico que proviene del área 500 hacia los tanques de almacenamiento.



## 8.5 PARADA DE EMERGENCIA DE LA PLANTA

La parada de emergencia de la planta se produce cuando, en alguna parte del proceso, se identifica cualquier factor que afecta negativamente a la producción. Por tanto, es necesario realizar una parada en la parte del proceso afectada o, puede ser el caso, que se deba realizar una parada total de la planta para resolver el problema.

En este caso, se entiende que una parada de emergencia puede ser provocada por la climatología, un incendio o simplemente el fallo de un equipo. Ante estos efectos adversos, la parada de la planta se debe hacer de manera eficaz, rápida y segura.

La electricidad debe mantenerse activa en todo momento, de lo contrario, la parada no sería segura ya que los automatismos de control no funcionarían. De esta forma, se tiene un grupo electrógeno por si la parada de emergencia es debida a un fallo eléctrica.

Los tanques pulmón serían de gran ayuda en este tipo de parada para recoger los fluidos intermedios de proceso y utilizarlos en la siguiente puesta en marcha. Los venteos de los equipos también forman parte de una parada segura, ya que debido al cierre de bombas y de válvulas, la presión puede aumentar y por tanto es necesario el alivio de la presión mediante los venteos debe estar presente.



## 8.6 PARADA PLANIFICADA DE LA PLANTA

La planta estará operativa durante 300 días al año y la parada de planta de mantenimiento se realizará durante los meses de julio y agosto. Esta parada se realiza para limpiar los equipos, para arreglar pequeñas averías que durante el año hayan surgido pero que no afecten al proceso de forma directa, para revisar los equipos, para purgar el posible catalizador que haya podido desactivarse a lo largo del proceso o simplemente para realizar una ampliación de la planta o mejora que comporte un cambio en la línea principal del proceso.

La parada planificada de planta debe seguir un orden lógico y gradual para minimizar la pérdida de fluido de proceso. Debe seguirse el mismo orden que en la puesta en marcha desde cero pero con las acciones contrarias. Primeramente se deja de subministrar reactivo a los tanques de reactivos para así vaciar los tanques y aprovechar al máximo el stock. La idea general es ir vaciando los equipos a medida que avanza el proceso hasta obtener los últimos litros de producto. De esta manera se consigue aprovechar al máximo los fluidos que aun circulan a lo largo del proceso.

Una parte muy importante de la parada son las recirculaciones. Cuando se quiera hacer la parada, las recirculaciones deberán de cerrarse poco a poco hasta que se llegue a la parte del proceso donde se encuentran. De esta manera no se acumularán los productos intermedios ni en las tuberías ni en los tanques de recirculación.

Otro factor a tener en cuenta son los servicios que no deben pararse todos al inicio de la parada sino que deben desactivarse a medida que el proceso vaya avanzando. Las medias cañas de los reactores son muy importantes en este caso, porque si se inactiva la refrigeración esto puede conllevar problemas muy serios debido a la alta temperatura y a la alta presión a la que trabajan. La refrigeración o calefacción de los equipos se desactivará poco a poco cuando el equipo vaya recibiendo cada vez menos reactivo y su volumen de reacción cada vez sea menor.