

PLANTA DE PRODUCCIÓN ÁCIDO GLIOXÍLICO

PROYECTO FINAL DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

TUTORA: MARIA EUGENIA SUÁREZ



JAVIER APARICIO VICENTE
ADRIÀ CHICANO MASSAGUER
ARACELI CRESPO LÓPEZ
CARLOS GARCÍA LÓPEZ
CERDANYOLA DEL VALLÉS, ENERO 2019

CAPÍTULO 8. PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA

PLANTA DE PRODUCCIÓN ÁCIDO GLIOXÍLICO



CAPÍTULO 8. PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA

8.1. INTRODUCCIÓN	2
8.2. ACCIONES PREVISTAS A LA PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA.....	3
8.2.1. SERVICIOS GENERALES.....	4
8.2.2. EQUIPOS EN PROCESO.....	5
8.2.2.1. Pruebas hidráulicas y de presión	5
8.2.2.2. Cebado de las bombas	5
8.2.2.3. Inertización de los equipos.....	6
8.2.2.4. Seguridad	6
8.3. PUESTA EN MARCHA DESDE CERO	6
8.3.1. PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 500.....	9
8.3.1.1. Electricidad	9
8.3.1.2. Nitrógeno	9
8.3.1.3. Aire comprimido	9
8.3.1.4. Agua desionizada	9
8.3.1.5. Caldera de vapor	9
8.3.1.6. Torre de refrigeración	10
8.3.1.7. Chiller	10
8.3.2. PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 600.....	10
8.3.3. PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 100.....	11
8.3.4. PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 200.....	11
8.3.5. PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 300.....	12
8.3.5.1. Área 400.....	15
8.4. PUESTA EN MARCHA DESPUÉS DE UNA PARADA PROGRAMADA.	15
8.5. PARADA DE LA PLANTA	16

8. PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA

8.1. INTRODUCCIÓN

Una vez se ha construido una planta química esta debe ponerse en marcha para conseguir su finalidad, la producción de ácido glioixílico. La puesta en marcha de una planta química es un proceso complicado debido a que está diseñada y optimizada para la producción de forma continua de dicho ácido.

Para poner en marcha la planta hay que seguir una serie de pasos y protocolos para evitar que no haya ninguna complicación. Primero se establecerán unas tareas previstas que consisten en la realización de pruebas para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos y acciones para acondicionarlos para la producción.

Una vez realizados los pasos previos se deben poner en marcha los servicios, indispensables para el funcionamiento óptimo en la planta, además del área de medio ambiente puesto que desde el primer instante de la puesta en marcha puede haber venteos y purgas.

Una vez que los servicios y medio ambiente están operativos y disponibles se puede proceder a la puesta en marcha del proceso de producción en sí, siguiendo las acciones dictadas por un protocolo escrito para tal efecto.

La puesta en marcha se puede dividir en tres tipos: desde cero, desde una parada de emergencia o desde una parada planificada. Dicha puesta en marcha que se detalla en este apartado es válida para la puesta en marcha tanto desde cero como desde una para planificada, ya que la situación de partida es muy similar.

La puesta en marcha después de una parada de emergencia es la situación más complicada de resolver ya que el punto de partida es muy variado en función del motivo de la parada. Por este motivo este tipo de puesta en marcha no se planificará de antemano, sino que se dejará la planificación a los ingenieros de planta si se llegara a dar el caso.

8.2. ACCIONES PREVISTAS A LA PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA

Las acciones previas a la puesta en marcha tienen que asegurar que el proceso funcionara a la perfección en términos de producción y con las características de diseño y seguridad óptimas para la salud humana y para el medio ambiente. No obstante, antes de describir las acciones previas previstas, se menciona la documentación indispensable que se tiene que disponer en los equipos diseñados en la planta ya que son de vital importancia para asegurar una puesta en marcha adecuada. Estos documentos se dividen en tres tipos de cualificaciones:

- DQ (Cualificación de diseño): protocolo de verificación que asegura que el diseño propuesto por el fabricante del equipo es conforme a los requisitos y normas legales, además de cumplir con los requisitos definitivos del cliente.
- IQ (Cualificación de la instalación): documento que certifica que todos los aspectos relevantes del equipo. Se comprueba que el equipo instalado en la planta corresponde con exactitud al concebido en la DQ.
- OQ (Cualificación operacional): verificación documentada de que el equipo o maquinaria involucrada en el proceso de estudio opera tal y como se define en la IQ.

Previamente a la puesta en marcha hay una lista de áreas que se tiene que realizar para verificar que todo está preparado y organizado para que no existan complicaciones durante la puesta en marcha.

1. Organización:

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

2. Inspección:

- Equipos.
- Tuberías.
- Instrumental.
- Cableado.
- Aislantes.
- Estructuras.
- Medidas anticorrosión.
- Señalización.
- Medidas antiincendios.
- Material de protección personal.

3. Test:

- Prueba de presión.
- Pruebas de estanquidad.
- Pruebas de paso y continuidad.

4. Mantenimiento:

- Calibración del instrumental.
- Limpieza de los equipos.
- Sustitución de piezas, equipos, tuberías, materiales, etc.
- Renovación de catalizador.

8.2.1. SERVICIOS GENERALES

Los servicios son una parte fundamental de la planta química ya que mantienen el proceso activo constantemente. Por tanto, los servicios deben ser fiables, y por ello antes de la puesta en marcha deben someterse a un correcto funcionamiento para evitar que no haya ningún tipo de error.

Normalmente los servicios son equipos o sistemas diseñados e instalados por empresas externas especializadas, por tanto, podría resultar adecuado recurrir a su equipo de mantenimiento para asegurar que los servicios quedan en el mejor estado posible en la puesta en marcha. Las principales acciones que se realizan son:

- Comprobación de las calderas, chillers y torres de refrigeración.
- Llenar con agua las torres de refrigeración.
- Asegurar un buen funcionamiento del descalcificador.

- Comprobar el sistema de aire comprimido.
- Comprobar el servicio de electricidad.

8.2.2. EQUIPOS EN 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 fallos en las soldaduras de tuberías, uniones, válvulas, bombas equipos y accesorios.

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

Este procedimiento se realizará una única vez tras la construcción de la planta para comprobar que todo esté correctamente. Después de realizar esta prueba se debe purgar el agua en su totalidad y secar todo el circuito del proceso con aire para evitar que queden restos del pigmento en cuestión.

En las paradas planificadas cada 300 días solo se realizarán pruebas de presión debido a los motivos explicados anteriormente.

Las pruebas de presión son parecidas a las hidráulicas y consisten en la introducción de un gas para comprobar que los equipos resisten la presión máxima de operación. Con estas pruebas también compruebas la estanquidad de los equipos y las válvulas, si la presión se mantiene significa que el equipo es estanco.

8.2.2.2. Cebado de las bombas

Las bombas centrífugas, a diferencia de las bombas de desplazamiento positivo, no son autocebantes, por lo tanto, se deberá tener especial cuidado en el momento de ponerlas en marcha.

Para encender las bombas centrífugas correctamente estas deberán estar previamente llenas de líquido. Usualmente, si la salida de líquido y la bomba se encuentran por debajo del nivel del líquido este debería fluir naturalmente hasta la bomba y llenarla.

Si la situación previamente mencionada no es posible otra opción es hacer llegar el líquido hasta la bomba mediante diferencias de presión, bajando la presión después de la bomba y aumentándola antes, donde se encuentre el líquido, se puede conseguir que el líquido fluya hasta la bomba.

8.2.2.3. Inertización de los equipos.

Dado que en proceso productivo se encuentra reactivos o productos que son inflamables y con riesgo de explosión con mezclas vapor o aire, es necesaria la inertización de diferentes equipos. Esta inertización se realiza introduciendo nitrógeno para eliminar el aire de los equipos.

8.2.2.4. Seguridad

La seguridad de la planta tiene que ser revisada y analizada antes de realizar la puesta en marcha para asegurar unas condiciones de trabajo favorables. Las tareas que se deben realizar son las siguientes:

- Comprobar y localizar todas las ubicaciones de los equipos contra incendios.
- Comprobar y localizar las duchas de emergencia y lavaojos.
- Asegurar unas condiciones higiénicas aceptables en la planta.
- Disponer de un protocolo de evacuación en caso de emergencia.
- Revisar los EPI's necesarios.
- Disponer de toda la documentación referente a los trabajadores.

8.3. PUESTA EN MARCHA DESDE CERO

La puesta en marcha desde cero es la primera que hace la planta tras realizar su construcción. No obstante, este protocolo también sirve para la puesta en marcha después de las paradas programadas para mantenimiento, con la diferencia de que algún tanque de almacenamiento puede que estén medio llenos.

Para llevar a cabo esta tarea se planifica y protocoliza todos los pasos a realizar, empezando por temas generales como la prioridad de encendido de áreas hasta temas más detallados como qué válvulas abrir en un momento concreto.

En la tabla 8.1 se puede ver que secuencia debe seguirse en la puesta en marcha. En algunos casos hay varias áreas con el mismo número de secuencia, eso significa que ambas áreas deben coordinar su puesta en marcha para que todo funcione correctamente.

Cabe destacar que, aunque un área se deba poner en marcha después de otra no significa que no deba estar preparándose mientras se enciende la anterior. En los protocolos de encendido explicados más adelante puede observarse como a menudo un área debe estar preparada para recibir el producto de un área anterior, aunque aún no se haya puesto en marcha completamente.

Tabla 8.1. Secuencia de la puesta en marcha por área.

Secuencia	Descripción	Área	Tipo
1	Electricidad	500	Servicio
2	Nitrógeno	500	Servicio
3	Aire comprimido	500	Servicio
4	Agua contra incendios	500	Servicio
5	Agua de red	500	Servicio
6	Agua desionizada	500	Servicio
7	Caldera	500	Servicio
8	Torre de refrigeración	500	Servicio
9	<i>Chillers</i>	500	Servicio
10	Tratamiento de residuos	600	Medio ambiente
11	Almacenamiento MP	100	Almacenamiento
12	Reactores ozonólisis	200	Proceso
13	Reactores hidrogenación	200	Proceso
14	Filtros	200	Proceso
15	Columna reactiva	300	Proceso
16	Columna destilación	300	Proceso
17	Almacenamiento AG	400	Almacenamiento

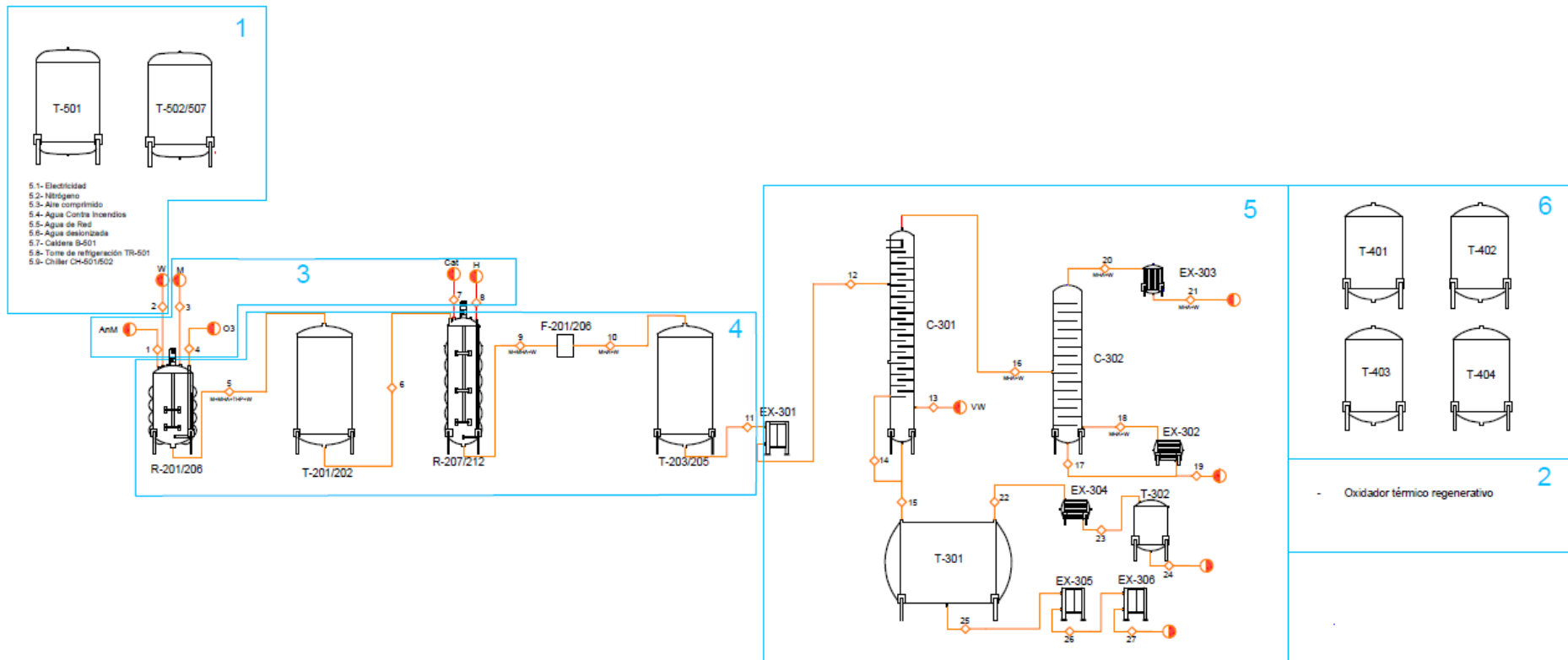


Figura 8.1 Puesta en marcha representada en las diferentes áreas de la planta.

8.3.1. PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 500

Los primeros sistemas que se deben poner en marcha son los servicios, puesto que todo el proceso se basa en su funcionamiento. Por este motivo, la puesta en marcha de los servicios es anterior a la puesta en marcha del proceso en general. Tal y como se especifica en la tabla 8.1, existe una secuencia determinada para poner en marcha los servicios en función de las necesidades.

8.3.1.1. Electricidad

1. Poner en marcha el sistema de suministro de la planta.
2. Encender y configurar todos los cuadros eléctricos de la planta.
3. Comprobar que en cada punto del proceso hay suministro eléctrico.

8.3.1.2. Nitrógeno

1. Conectar el sistema de nitrógeno al sistema general.
2. Comprobar en la zona de reacción y almacenaje si el nitrógeno llega todos los puntos de uso.

8.3.1.3. Aire comprimido

1. Conectar el sistema de distribución general hasta el compresor.
2. Comprobar que el servicio llega a las válvulas de control y automáticas.

8.3.1.4. Agua desionizada

1. Llenar el sistema con agua de red.
2. Arrancar el sistema en circuito cerrado hasta tener el agua desionizada en condiciones de proceso.

8.3.1.5. Caldera de vapor

1. Desionizar el agua de proceso.
2. Llenar el equipo con agua desionizada.
3. Arrancar el equipo en circuito cerrado hasta obtener la composición de vapor y temperatura adecuada.

8.3.1.6. Torre de refrigeración

1. Conectar el equipo al suministro eléctrico.
2. Llenar el circuito con agua desionizada.
3. Comprobar el estado y el giro del ventilador manualmente.
4. Comprobar el funcionamiento de la bomba.
5. Arrancar el equipo en circuito cerrado hasta conseguir la temperatura de servicio deseada.

8.3.1.7. Chiller

1. Conectar el equipo al suministro eléctrico.
2. Llenar el circuito con el fluido térmico.
3. Arrancar el equipo en circuito cerrado hasta conseguir la temperatura de servicio deseada.

8.3.2. PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 600

En el área de tratamiento de residuos se dispone de un RTO u oxidador térmico, donde se quemarán los gases producto de los reactores del área 200.

1. Conectar el equipo al suministro eléctrico.
2. Activar los compresores de los reactores de ozonólisis o hidrogenación en función del control del proceso diseñado. Cuando el sensor de presión note un aumento de presión significará que entra gas al compresor. Este modificará su velocidad de rotación del motor mediante la acción del variador de frecuencia permitiendo la entrada de gases al compresor abriendo las válvulas específicas.
3. Comprobar que los gases llegan de forma óptima al RTO.
4. Arrancar el equipo en función de la generación de residuos en el proceso.

8.3.3. PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 100

Esta área corresponde a la zona de almacenamiento de las materias primas. A continuación, se explica el orden de actuación de los tanques de almacenamiento.

1. Conectar el depósito del camión en la entrada del tanque de almacenamiento.
2. Una vez conectados, el operario avisa en la sala de control de la correcta conexión y entonces activará el sistema automático para llevar a cabo el llenado mediante las bombas pertinentes.
3. Llenados los tanques hasta el *set point* establecido, se cierran las válvulas de llenado y se desconecta la conexión previa con el camión.
4. Se abren las válvulas de los tanques de almacenaje hacia el proceso.

8.3.4. PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 200

Esta área es la encargada de la zona de producción, donde se realizan las reacciones de nuestro proceso productivo. Los pasos que seguir son:

1. Inicialmente se procede a llenar los reactores de ozonólisis con el anhídrido maleico y el agua para llevar a cabo la primera reacción de hidrólisis. Deben activarse las bombas de salida de los tanques respectivos de cada reactivo.
2. Activar la agitación del reactor cuando se empieza a llenar de reactivos para asegurar la mezcla homogénea y la reacción.
3. A continuación, se introduce el metanol y el ozono en los mismos reactores y se produce la segunda reacción u ozonólisis. Deben activarse las bombas de salida de los tanques respectivos de cada reactivo.
4. Activar el sistema de enfriamiento de media caña utilizando el fluido refrigerante proveniente del respectivo *chiller*.
5. Abrir las válvulas de salida de los reactores de ozonólisis hacia los tanques de almacenaje del producto de dichos reactores.
6. Llenados los tanques hasta el *set point* establecido, se cierran las válvulas de llenado y se cierra la válvula de conexión previa con los reactores de ozonólisis.

7. Se procede a inertizar los reactores. Se abren la válvula que permite la salida de nitrógeno de los tanques de almacenaje y la válvula que permite la entrada de este compuesto a los reactores.
8. Se abren las válvulas de los tanques de almacenaje hacia los reactores de hidrogenación.
9. Se procede a llenar los reactores de hidrogenación con el producto almacenado en los anteriores tanques, el catalizador y el hidrógeno para llevar a cabo la tercera reacción de hidrogenación. Deben activarse las bombas de salida de los tanques respectivos de cada compuesto.
10. Activar la agitación del reactor cuando se empieza a llenar de reactivos para asegurar la mezcla homogénea y la reacción.
11. Abrir las válvulas de salida de los reactores de hidrogenación hacia los filtros.
12. Se abre la válvula de entrada en los filtros y se lleva a cabo el sistema de filtración.
13. Se introduce el producto de los reactores de hidrogenación previo paso por los filtros a los tanques de almacenaje.
14. Llenados los tanques hasta el *set point* establecido, se cierran las válvulas de llenado y se desconecta la válvula de conexión previa con los reactores de hidrogenación.
15. Se procede a inertizar los reactores. Se abren la válvula que permite la salida de nitrógeno de los tanques de almacenaje y la válvula que permite la entrada de este compuesto a los reactores.

8.3.5. PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 300

Esta área corresponde a la purificación del producto, incluye desde la última reacción del proceso hasta la concentración del propio producto final y acondicionamiento de su temperatura para el correcto almacenaje y posterior venta. Cabe destacar que este último tramo del proceso se realizará en continuo. Los pasos a seguir serán:

1. Se abren las válvulas de los tanques de almacenaje hacia el intercambiador de placas para acondicionar el producto de entrada en la columna.

2. Se abren las válvulas que permiten la entrada del fluido calefactor proveniente del corriente de retorno del agua hacia la torre de refrigeración.
3. Activar el sistema de control de caudal para la entrada de líquido en la columna según dicha entrada y la recirculación del fondo de la columna.
4. Activar el sistema de control de caudal de vapor de agua según la temperatura de fondos en la columna.
5. Activar el control de la temperatura de cabeza de columna según el caudal de vapor en el serpentín.
6. Abrir las válvulas que permiten la entrada del líquido en la columna proveniente del intercambiador de placas, previo paso por un mezclador para asegurar la homogeneidad del propio líquido.
7. Abrir las válvulas que permiten la entrada del vapor de agua en la columna reactiva para llevar a cabo la cuarta reacción o hidrólisis.
8. Abrir la válvula que permite la entrada de vapor de agua en el serpentín interno de la columna para controlar la temperatura de cabeza de columna.
9. Comprobar el buen funcionamiento de la columna y activar el control y las válvulas de la salida de la columna según el nivel de líquido para que salga el producto sin dejar que se vacíe en su totalidad la columna.
10. Trabajar con la columna a reflujo total para asegurar la composición de salida deseada del ácido glioxílico y, paulatinamente, adaptar el reflujo del sistema para retomar el estado habitual de trabajo cuando se llega al estado estacionario en la columna reactiva.
11. Asegurarse que la recirculación y la salida de destilado se produce sin ningún tipo de inconveniente.
12. Comprobar que la mezcla vapor de agua y metanol llega en un estado óptimo a la columna de separación metanol-agua.
13. Activar el control de temperatura del fondo de la columna de separación según la recirculación del agua proveniente del *reboiler* de la misma columna.
14. Permitir el paso de la mezcla metanol-agua en forma de vapor a la columna.
15. Comprobar el buen funcionamiento de la columna y trabajar en reflujo total en el *reboiler* para asegurar la composición de salida deseada del producto recuperado por fondos. Adaptar la salida de ese mismo producto mediante la apertura de las válvulas para regular el reflujo hasta llegar a trabajar en el estado habitual de operación cuando se llega al estado estacionario.

16. Abrir las válvulas que permiten el paso del metanol recuperado hacia los tanques de almacenaje respectivos.
17. Abrir las válvulas que permiten el paso del agua recuperada hacia los tanques de almacenaje respectivos.
18. Al mismo tiempo que se recuperan reactivos que salen de la parte superior de la columna reactiva, se comprueba que el producto de fondos llega en condiciones óptimas al tanque de evacuación.
19. Activar el control de nivel del tanque de evacuación según el caudal de salida del propio tanque.
20. Activar la bomba de vacío conectada al tanque de línea que permite aspirar los vapores de agua presentes en el tanque de evacuación, asegurando la concentración del ácido glioxílico al 50% y, además, impulsando el vapor hacia el condensador para transformar el vapor de agua en agua líquida, almacenada en el tanque de línea de vacío para su posterior tratamiento como residuo.
21. Se abren las válvulas que permite la salida del producto concentrado del tanque de evacuación hacia su acondicionamiento de temperatura, para el óptimo almacenaje, en dos intercambiadores de placas dispuestos en serie.
22. Se abren las válvulas que permiten la entrada del fluido refrigerante proveniente de la torre de refrigeración.
23. Comprobar que el producto que sale del primer intercambiador de placas sale en la temperatura deseada mediante el sistema de control implantado.
24. Se abren las válvulas que permite la salida del producto del primer intercambiador de placas hacia el segundo intercambiador de placas para el acondicionamiento final.
25. Se abren las válvulas que permiten la entrada del fluido refrigerante proveniente del *chiller* para enfriar aún más el producto hasta la temperatura de almacenaje.
26. Comprobar que el producto que sale del segundo intercambiador de placas sale en la temperatura de 20°C deseada mediante el sistema de control implantado.
27. Se abren las válvulas que permiten el paso del producto acondicionado final hacia los tanques de almacenaje de producto correspondientes.

8.3.5.1. Área 400

1. Comprobar que el producto final llega a los tanques de almacenaje de forma óptima.
2. Llenar los tanques de almacenaje de producto final asegurándose que no sobrepasan el *set point* establecido.
3. Conectar dichos tanques de almacenaje al camión cisterna cuando sea requerido.

8.4. PUESTA EN MARCHA DESPUÉS DE UNA PARADA PROGRAMADA.

La puesta en marcha después de una parada es parecida a la puesta en marcha desde cero, exceptuando una serie de puntos.

En este caso, la puesta en marcha de la planta tardará mucho menos que la puesta en marcha desde cero, ya que al largo de todo el proceso encontramos tanques pulmón o de almacenamiento los cuales probablemente estén llenos y no se tenga que introducir desde el camión cisterna, por tanto, se tardara mucho menos en arrancar el proceso productivo. Esta instalación de tanques nos permite solucionar los problemas en el proceso sin necesidad de vaciar todos los equipos. Además, a nivel de control no habrá ninguna modificación.

Después de una parada, no hace falta hacer las pruebas hidráulicas ya que se tendrían que vaciar todos los equipos sin necesidad de hacerlo, únicamente se procederá al vaciado de los equipos si alguno de estos necesita una revisión. Tampoco es necesario una puesta en marcha eléctrica, ya que estará en funcionamiento.

8.5. PARADA DE LA PLANTA

Las paradas de la planta se programan según la planificación anual de la planta, se contempla 300 días de operación. Por lo que hay 65 días donde la planta no operará, simplemente se efectúan actividades de mantenimiento, limpieza o reparaciones, entre otras actividades las cuales nos asegurarán un buen funcionamiento de la planta una vez se retome la producción. Para realizar la parada de la planta se tienen que seguir una serie de puntos:

1. Primero se tendrán que cerrar las bombas de proceso y posteriormente las válvulas que conecten los diferentes equipos de la planta.
2. Seguidamente, se tendrán que vaciar los equipos de la planta que estén llenos utilizando las bombas.
3. Posteriormente, se realiza la parada de los servicios de la planta y se realiza un tratamiento químico de todos los equipos y tuberías para evitar que haya suciedad.
4. Por último, se elabora un mantenimiento y reparación de los equipos que lo necesiten.

Para la columna, la parada se realizará:

1. Parar el corriente de alimentación.
2. Operar en reflujo total.
3. Parar el condensador y el *reboiler*.
4. Por último, cerrar todas las salidas del equipo.

