

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE RESINAS EPOXI LÍQUIDAS

PROYECTO DE FINAL DE CARRERA

INGENIERÍA QUÍMICA



Alejandro Polo Matas

Francisco Habas Palma

Sandra Lloria Hernández

Safae El Hmidi Cherkaoui

Samantha González Restrepo

Junio 2022

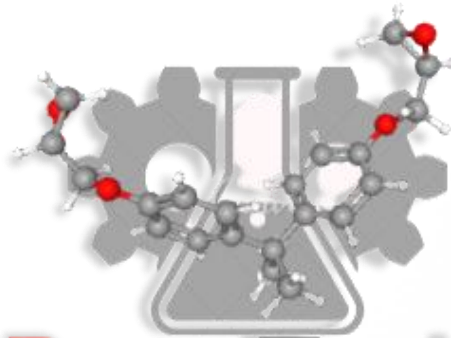
Tutor: Rafa Bosch

UAB
Universitat
Autònoma
de Barcelona

e escola
d'enginyeria

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE RESINAS EPOXI LÍQUIDAS

CAPÍTULO 08. PUESTA EN MARCHA



ResyTech

S.L.

Alejandro Polo Matas

Francisco Habas Palma

Sandra Lloria Hernández

Safae El Hmidi Cherkaoui

Samantha González Restrepo

Junio 2022

Tutor: Rafa Bosch

UAB
Universitat
Autònoma
de Barcelona

e escola
d'enginyeria

ÍNDICE

8	PUESTA EN MARCHA.....	2
8.1	Introducción.....	2
8.2	Acciones previas	4
8.2.1	Documentación previa a la primera puesta en marcha	4
8.2.2	Certificados de materiales	4
8.2.3	DQ, IQ, OQ y PQ	4
8.2.4	Manuales de equipos, accesorios e instrumentos	5
8.2.5	Servicios	5
8.2.6	Equipos.....	5
8.2.6.1	Pruebas hidráulicas y de presión	6
8.2.6.2	Preparación de bombas y compresores.....	6
8.2.7	Seguridad	7
8.2.8	Checklist previa	8
8.3	Procedimiento de puesta en marcha desde cero	9
8.3.1	Puesta en marcha zona Z-700	9
8.3.2	Puesta en marcha zonas Z-1000 y Z-1002.....	10
8.3.3	Puesta en marcha zona Z-1200	10
8.3.4	Puesta en marcha zona Z-900	11
8.3.5	Puesta en marcha zona Z-100	11
8.3.6	Puesta en marcha zona Z-200	12
8.3.7	Puesta en marcha zona Z-300	13
8.3.8	Puesta en marcha zona Z-400	14
8.3.9	Puesta en marcha zona Z-500	15
8.3.10	Puesta en marcha zona Z-601	16
8.3.11	Puesta en marcha zona Z-602	17
8.3.12	Puesta en marcha zona Z-800	17
8.4	Parada planificada.....	18
8.5	Parada de emergencia	19
8.6	Bibliografía	20

8 PUESTA EN MARCHA

8.1 Introducción

Una vez finalizado el diseño y la construcción de la planta ResyTech S.L., así como la instalación de todos los equipos, maquinaria y conducciones, es necesario realizar un estudio previo al inicio de la producción que incluye el acondicionamiento y la preparación de todas las instalaciones. Este proceso se denomina puesta en marcha y tiene como finalidad garantizar el correcto funcionamiento de la planta.

Primeramente, se llevan a cabo unas acciones previas a la puesta en marcha de la planta que son necesarias para el acondicionamiento de ésta y para la comprobación del correcto funcionamiento de cada equipo e instrumento. En caso de que dichas acciones den lugar a un resultado desfavorable, será necesario sustituir las partes dañadas o inutilizables por otras que funcionen correctamente.

Posteriormente, se ponen en marcha por un lado los servicios de planta y, por otro lado, la maquinaria y equipos de tratamiento de residuos.

Una vez realizadas las acciones previas, se prosigue con la puesta en marcha del resto de la planta. La cual debe seguir un riguroso protocolo, bien detallado y definido, que permita su correcta aplicación.

Hay tres tipos diferentes de puesta en marcha en una planta según el punto de partida:

- Desde cero, después de la construcción de la planta.
- Desde una parada planificada, las cuales están descritas en el apartado de especificaciones del proyecto (capítulo 1).
- Desde una parada de emergencia.

La puesta en marcha desde cero es la que se lleva a cabo por primera vez, antes de haber sido utilizada la planta de producción. Ésta es prácticamente igual que la puesta en marcha desde una parada planificada, pero requiere de unas acciones previas que incluyen pruebas hidráulicas y de presión para comprobar que el diseño es correcto.

La puesta en marcha desde una parada de emergencia es la más complicada de los tres tipos. Al ser una parada no planificada, se han podido dejar reacciones a medias o más tiempo de lo normal en el reactor y se debe proceder a un vaciado y acondicionamiento previo de la planta.

Para llevar a cabo la puesta en marcha, se requiere de personal cualificado, dotado de trajes de seguridad (EPIs) y que hayan realizado un curso de prevención de riesgos laborales, primeros auxilios, protección contra el fuego, protección contra atmósferas explosivas y evacuación de la planta. Todos ellos deberán conocer al detalle el funcionamiento de la planta ResyTech antes de proceder con la manipulación de sus equipos.

8.2 Acciones previas

En este apartado se describen una serie de acciones previas a la puesta en marcha de la planta ResyTech S.L.

8.2.1 Documentación previa a la primera puesta en marcha

Se dispone de un conjunto de certificados de materiales, DQ, IQ, OQ, PQ y manuales de equipos, accesorios y documentos a disposición del usuario que permiten garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento de todos los elementos de la planta.

8.2.2 Certificados de materiales

Cualquier elemento constituyente de la planta ResyTech está fabricado de un material específico, escogido a propósito por sus características y composición. Por ello, es muy importante que el proveedor del material pueda ofrecer garantías de calidad de su producto, sobre todo cuando en ResyTech se trabaja con materias corrosivas, en condiciones a presión o a elevadas temperaturas. Para ello el proveedor debe dar un certificado oficial con las ventas de todos sus materiales.

En caso de que el material no cumpla con las propiedades especificadas por el proveedor, éste será responsable de las pérdidas de la planta y deberá cubrir los gastos de la sustitución de todas las piezas dañadas.

8.2.3 DQ, IQ, OQ y PQ

Se deben realizar una serie de verificaciones mediante la realización de ensayos en cada equipo de la planta ResyTech S.L. Estas verificaciones tienen como objetivo ofrecer garantías de diseño, instalación, operación y desempeño de los equipos.

Primeramente, está la cualificación del diseño (DQ). Este tipo de verificación asegura que el diseño propuesto por el fabricante de los equipos se adapta a los requisitos y normas de seguridad legales, además de cumplir con las necesidades definidas por el cliente.

Por otro lado, está la cualificación de la instalación (IQ). Este documento certifica que todos los aspectos claves del equipo y los necesarios para la instalación están conforme a los requisitos y normas de seguridad legales indicados en la cualificación de diseño (DQ).

Seguidamente, está la cualificación de la operación (OQ). Se trata de la verificación documentada de que el equipo o maquinaria involucrada en el proceso de estudio opera

como se definió en el diseño y determina los valores óptimos de operación para cada una de sus variables de control.

Finalmente, está la cualificación del funcionamiento (PQ). Aquí se demuestra la efectividad y reproducibilidad del proceso, bajo dos tipos de condiciones: la primera, pruebas del sistema en condiciones normales de operación, y la segunda, bajo límites de operación, en la situación más desfavorable para demostrar su funcionamiento correcto y constante.

8.2.4 Manuales de equipos, accesorios e instrumentos

Los manuales de equipos, accesorios e instrumentos ofrecen información detallada de su funcionamiento, características e información relevante del proceso.

Se le debe facilitar una copia de todos los manuales a cada trabajador responsable de la puesta en marcha de la planta. El personal mencionado, deberá ser plenamente conocedor de todos y cada uno de los puntos del manual operativo antes de proceder con la puesta en marcha de ResyTech.

Cualquier negligencia del personal de la planta será únicamente su responsabilidad.

8.2.5 Servicios

Antes de proceder con la puesta en marcha de ResyTech, se debe asegurar el correcto suministro de todos los servicios de planta.

Primeramente, se debe comprobar la conexión eléctrica desde la línea de 20kV.

Por otro lado, el sistema de alcantarillado debe ser una línea unitaria al centro de la calle a 3,5 m de profundidad (diámetro del colector de 800mm).

También cabe comprobar que el agua de incendios y de línea lleguen a la presión de 4 kg/cm².

Se debe poder asegurar el mantenimiento de todos los servicios y realizar tests periódicos de continuidad de suministro. También hay que aislar y purgar todas las líneas.

8.2.6 Equipos

La preparación de los equipos de la planta ResyTech consiste en dos puntos principales. Estos son las pruebas hidráulicas y de presión y la preparación de bombas y compresores.

8.2.6.1 Pruebas hidráulicas y de presión

Un punto indispensable para la preparación de los equipos son las pruebas hidráulicas y de presión.

El procedimiento de realización de las pruebas hidráulicas consiste en introducir en el proceso un trazador en base acuosa que recorra todo el circuito de producción. Este procedimiento sirve para detectar las posibles fugas o espacios muertos y para determinar la resistencia mecánica de todos los equipos.

Por otro lado, en cuanto a la realización de las pruebas de presión, estas se llevan a cabo mediante la introducción de un gas a presión en el sistema. Esta prueba sirve para comprobar que todos los elementos pueden soportar la máxima presión de operación sin que haya rotura y, por otro lado, también sirve para comprobar la estanqueidad de estos.

Para realizar la prueba de estanqueidad, es importante mantener la temperatura lo más constante posible y conseguir una presión del orden de 1,5 veces la presión máxima durante diez minutos y repetir el mismo procedimiento pasados otros diez minutos. Después, se inicia la prueba principal que consiste en mantener una presión mínima de 0,2 bares durante dos horas. Y, finalmente en periodos de cinco minutos se deben mantener presiones de 10 y 1 bares respectivamente.

Para realizar una prueba de presión, las uniones deben estar al descubierto para comprobar su hermeticidad y los anclajes deben estar contruidos mínimo tres días antes de la prueba.

8.2.6.2 Preparación de bombas y compresores

Para la preparación de equipos también es indispensable tener en cuenta las bombas y los compresores del sistema.

Tanto las bombas como los compresores vienen con un manual técnico que incluye el punto de puesta en marcha. Este manual lo facilita el proveedor del equipo y ha sido elaborado por el fabricante de dicho equipo.

En cuanto a la preparación de las bombas, se debe empezar con un llenado total del equipo para evitar la presencia de aire en su interior, ya que el aire puede dañarla gravemente durante su operación.

Por otro lado, en lo relativo a los compresores se debe limpiar de posibles impurezas mediante un sistema de purga. Una vez purgado, ya puede operar correctamente.

8.2.7 Seguridad

Para llevar a cabo la puesta en marcha, se requiere de personal cualificado, dotado de trajes de seguridad (EPIs) y que hayan realizado un curso de prevención de riesgos laborales, primeros auxilios, protección contra el fuego, protección contra atmósferas explosivas y evacuación de la planta. Todos ellos deberán conocer al detalle el funcionamiento de la planta ResyTech antes de proceder con la manipulación de sus equipos.

Se deben poner a punto todos los extintores, aspersores, BIEs, mangueras y piscina como elementos de protección contra incendios. Es importante comprobar la fecha de caducidad de los extintores y realizar un mantenimiento de todos los elementos de seguridad.

8.2.8 Checklist previa

Antes de proceder con la puesta en marcha de ResyTech, se deberá cumplimentar una "Checklist" relativa a todos los parámetros a tener en cuenta para su correcta ejecución.

Tabla 8.1: Checklist previa a la puesta en marcha

CHECKLIST		
ORGANIZACIÓN	Operación en planta (personal y turnos)	✓
	Actualización y aplicación de protocolos	✓
	Comprobación de toda la documentación	✓
SEGURIDAD	Comprobación de hidrantes	✓
	Extintores	✓
	Plan de evacuación	✓
	Material de primeros auxilios	✓
	EPIS	✓
INSPECCIÓN	Equipos	✓
	Tuberías y accesorios	✓
	Instrumentación y software	✓
	Cableado y aislamiento	✓
	Botiquín de primeros auxilios	✓
	Propiedades de los materiales	✓
	Salidas de emergencia	✓
	Medidas contra incendios	✓
	Señalización	✓
ACONDICIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO	Sustitución de material no apto	✓
	Calibración de la instrumentación	✓
	Limpieza de equipos	✓
REALIZACIÓN DE PRUEBAS	Pruebas hidráulicas	✓
	Pruebas de presión	✓
	Pruebas de instrumentación	✓
	Pruebas del sistema eléctrico	✓
	Pruebas de estanqueidad de equipos	✓
CHECKLIST FAVORABLE		✓

8.3 Procedimiento de puesta en marcha desde cero

Primeramente, se ha detallado la tabla 8.2 que muestra el orden de puesta en marcha de las diferentes zonas de la planta.

Tabla 8.2: Orden de puesta en marcha según la zona de la planta

Orden	Área de la planta	Zona
1	Servicios	Z-700
2	Oficinas, laboratorios y salas de control	Z-1000, Z-1002
3	Área contra incendios	Z-1200
4	Gestión de residuos y medio ambiente	Z-900
5	Tanques de almacenamiento de reactivo	Z-100
6	Primera etapa de la reacción	Z-200
7	Primera zona de deshidrohalogenación	Z-300
8	Separación de sal	Z-400
9	Segunda zona de deshidrohalogenación	Z-500
10	Separación de fases	Z-601
11	Recuperación de resina	Z-602
12	Tanque de almacenamiento de producto	Z-800

8.3.1 Puesta en marcha zona Z-700

La puesta en marcha de los servicios (zona Z-700) está protocolizada según los estándares definidos por ResyTech y debe seguir la siguiente organización de realización pautada:

Primeramente, se debe activar la energía eléctrica de toda la planta y configurar los interruptores en las subestaciones eléctricas. En este paso se incluye la revisión de los grupos electrógenos autónomos que deben poder suministrar energía a la planta en caso de apagón.

También se debe poder asegurar el aporte de energía térmica y lumínica.

Posteriormente, se procede con el llenado de los circuitos de refrigeración a partir de la torre de refrigeración instalada en la planta. La puesta en marcha de la torre de refrigeración se basa en un primer llenado con agua caliente y la activación de los

ventiladores. A partir de aquí se fija un “set point” de temperatura y se va ajustando la potencia del ventilador para que el caudal de aire sea mayor o menor según la temperatura deseada. Durante el proceso se va controlando la temperatura con sondas hasta llegar al “set point” establecido.

Después, se debe activar el compresor neumático que permitirá accionar las válvulas de control. La puesta en marcha del compresor es muy específica según el compresor que se haya instalado. Por ello, se encargan de activarlo los fabricantes de éste mismo.

Seguidamente, se prosigue con la puesta en marcha de las calderas. La primera puesta en marcha la debe realizar el fabricante, y el resto ya las pueden realizar los propios operarios de ResyTech. La puesta en marcha de las calderas se basa en ajustar los quemadores para que las temperaturas y los porcentajes de oxígeno, humos, monóxido de carbono etc. se encuentren dentro de los límites establecidos. Se deben purgar las calderas para, seguidamente, poder activarlas. En la planta hay una caldera de vapor y una de aceite térmico.

Finalmente, se procede con la activación y purga de argón como elemento de inertización para almacenar el BTAC y para todas las bombas de vacío.

De todas las etapas anteriores, es necesario realizar una prueba de suministro para comprobar el correcto funcionamiento de los servicios de planta. Una vez realizada la prueba de suministro de forma favorable, se puede pasar al siguiente punto de la puesta en marcha de la planta.

8.3.2 Puesta en marcha zonas Z-1000 y Z-1002

En cuanto a las oficinas, laboratorios y salas de control, primeramente, hay que activar la electricidad para poder accionar las luces, calefacción y los diferentes equipos.

En las salas de control, además, es necesario activar el control neumático para las válvulas que se accionaran desde esta zona.

Se deben encender todos los equipos (ordenadores, maquinaria de laboratorio...), configurarlos, calibrarlos, comprobar sus conexiones y ponerlos a punto para empezar a funcionar.

8.3.3 Puesta en marcha zona Z-1200

Se deben poner a punto todos los extintores, aspersores, BIEs, mangueras como elementos de protección contra incendios. También se debe llenar la piscina contra

incendios de agua. Es importante comprobar la fecha de caducidad de los extintores y realizar un mantenimiento de todos los elementos de seguridad. Esta zona debe permanecer perfectamente accesible en el momento de puesta en marcha, sino no se procederá con el siguiente punto.

8.3.4 Puesta en marcha zona Z-900

En la zona-900, relativa a la gestión de residuos y medio ambiente, se debe accionar todos los equipos, bombas y válvulas previamente a la puesta en marcha del resto del proceso. Esto es debido a que desde el principio se comienzan a liberar residuos y es indispensable tratarlos ya que dejar que estos se liberen a la atmosfera puede provocar daños graves tanto a las personas como al medio ambiente.

8.3.5 Puesta en marcha zona Z-100

La zona Z-100 es aquella en la que se efectúa el almacenamiento de reactivos.

Primeramente, es necesario cerrar todas las válvulas de salida de reactivo antes de proceder con el llenado de los tanques de almacenamiento.

Una vez cerradas las válvulas de salida, se procede a accionar el elemento de control.

En el caso de líquidos, los controladores de nivel contienen el lazo entero, incluyendo el transmisor, el controlador I/P y el PLC o DCS.

En el caso de sólidos, los controladores son de peso alto, WHS o celda de carga.

Posteriormente, se deben conectar las mangueras de entrada a los tanques de reactivos líquidos.

Después, se deben abrir las válvulas manuales de entrada a los tanques de almacenamiento a la misma vez que se controla el nivel de los tanques mediante la señal de los transmisores activados en los pasos previos. La finalidad de este punto es llenar los tanques a la capacidad máxima de operación.

Una vez llenados los tanques, se procede al cerramiento de las válvulas manuales de entrada.

Finalmente, se retiran las mangueras de llenado (en caso de reactivos líquidos), se asegura que el tanque no sufre ningún derrame el cual quedaría reflejado en su cubeto y se procede a abrir las válvulas manuales de salida del tanque hacia el sistema.

8.3.6 Puesta en marcha zona Z-200

En la zona Z-200 es donde se lleva a cabo la primera etapa de la reacción. Ésta, sin embargo, no puede llevarse a cabo sin haberse puesto en marcha previamente la zona Z-100 de almacenamiento de reactivos.

Primeramente, se procede con la puesta en marcha del mezclador T-200. Para ello, la válvula de salida debe permanecer completamente cerrada.

Seguidamente, se procede a accionar los controles de nivel, presión y temperatura del mezclador.

Después, se deben abrir las válvulas manuales de entrada prominentes de los tanques de almacenaje del área Z-100 a la misma vez que se controla el nivel del mezclador mediante la señal del transmisor activado en los pasos previos. La finalidad de este punto es llenar el mezclador a la capacidad máxima de operación.

Después, es el momento de activar la agitación.

Finalmente, se asegura que el mezclador no sufra ningún derrame, el cual quedaría reflejado en su cubeto.

Una vez puesto en marcha el mezclador, se procede con la puesta en marcha del reactor R-200. Para poder comenzar con la puesta en marcha del reactor, es necesario mantener la válvula de salida del mezclador T-200 cerrada completamente. También se debe asegurar que la válvula de salida del reactor R-200 está cerrada.

Después, se debe encender el sistema de refrigeración para mantener el contenido del reactor a 150°C.

Seguidamente, se procede con la activación de los controladores de nivel, presión, flujo y temperatura instalados en el reactor.

Por último, antes de proceder con la apertura de la válvula de salida del mezclador T-200, se pone en marcha el intercambiador de calor IC-200 junto con su controlador de temperatura, que acondicionará el flujo saliente del mezclador a la temperatura deseada de 150°C para su posterior entrada en el reactor R-200.

Finalmente, en abrir la válvula de salida del mezclador, se debe ir comprobando el nivel del reactor mediante los sensores de nivel hasta ocupar su máxima capacidad de operación.

Después, se debe activar la agitación del reactor y comprobar que el agitador esté colocado en el eje vertical correctamente.

Una vez finalizadas las puestas en marcha del mezclador T-200 y del reactor R-200, se habilitará la recirculación del reactor hacia el mezclador abriendo las válvulas de ambos equipos y dejando operativa la bomba que impulsa el fluido recirculado mediante la simultánea activación su controlador de flujo.

Por último, se pone en marcha el intercambiador IC-201 situado a la salida del reactor R-200 y se activa su controlador de temperatura, controlando que condicione el flujo a una temperatura de 80°C.

8.3.7 Puesta en marcha zona Z-300

La zona Z-300 es la primera zona de deshidrohalogenación. Esta zona sólo debe ponerse en marcha después de haberse finalizado la puesta en marcha de las zonas Z-100 y Z-200.

En primer lugar, se procede con la puesta en marcha de los mezcladores T-300 y T-301. Para ello, la válvula de salida de cada uno de ellos debe permanecer completamente cerrada.

Seguidamente, se procede a accionar los controles de nivel, presión y temperatura de los mezcladores. El mezclador T-301, además cuenta con un control de PH que también se debe dejar operativo.

Después, se deben abrir las válvulas manuales de entrada que vienen del área Z-100 y Z-200 a la misma vez que se controla el nivel de los mezcladores mediante la señal del transmisor activado en los pasos previos. La finalidad de este punto es llenarlos a la capacidad máxima de operación.

Después, es el momento de activar la agitación.

Finalmente, se asegura que no sufran ningún derrame, el cual quedaría reflejado en su cubeto.

Una vez puestos en marcha los mezcladores T-300 y T-301, se procede con la puesta en marcha del reactor R-300.

Para poder comenzar con la puesta en marcha del reactor, es necesario mantener la válvula de salida de los mezcladores T-300 y T-301 cerradas completamente. También se debe asegurar que la válvula de salida del reactor R-300 está cerrada.

Después, se debe encender el sistema de refrigeración para mantener el contenido del reactor a 80°C.

Seguidamente, se procede con la activación de los controladores de nivel, presión, flujo y temperatura instalados en el reactor.

Finalmente, en abrir la válvula de salida de los mezcladores, se debe ir comprobando el nivel del reactor mediante los sensores de nivel hasta ocupar su máxima capacidad de operación.

Después, se debe activar la agitación del reactor y comprobar que el agitador esté colocado en el eje vertical correctamente.

El siguiente paso, es activar la bomba (junto con su controlador de flujo) y el compresor de las dos salidas del reactor R-300 y los posteriores intercambiadores de calor junto con sus controladores de temperatura. Por un lado, el IC-301 que acondicionará el fluido a 25°C el cual se dirigirá mediante la activación de una bomba hacia la zona Z-400 y por otro lado el IC-300 que acondicionará el fluido a 30°C para su posterior introducción en el decantador D-300.

Para poner en marcha el decantador D-300, se debe activar el controlador de flujo. Seguidamente, se debe llenar a su máxima capacidad de operación manteniendo las dos válvulas de salida completamente cerradas. Una vez lleno, se procede a esperar el tiempo de separación de 0,543 h mientras se comprueba que el equipo no sufre ninguna pérdida de fluido. Una vez transcurrido este tiempo, se permite la apertura manual de las válvulas de salida, las cuales mediante la activación de dos bombas se recirculan por un lado al mezclador T-301 (ya se podrá abrir su válvula de entrada de esta recirculación) y por otro lado al mezclador T-200 (también se podrá abrir la válvula de entrada de esta recirculación).

8.3.8 Puesta en marcha zona Z-400

La zona Z-400 se encarga de la separación de sal del medio. Esta zona, se podrá poner en marcha después de haberlo hecho con las zonas Z-100, Z-200 y Z-300.

Primeramente, se pone en marcha la centrífuga CE-400. Es importante que este equipo lo ponga en marcha el proveedor por primera vez ya que el diseño de las centrífugas varía de un fabricante a otro y tiene un procedimiento de puesta en marcha específico. Asimismo, se debe accionar el control del caudal de entrada y de peso de este equipo CE-400.

De las dos salidas de la centrifuga CE-400, se procede a poner en marcha las dos bombas y sus correspondientes controladores de flujo.

De la salida inferior, se conduce el fluido mediante bombeo al filtro prensa FP-400.

Para poner en marcha el filtro prensa, al ser también un equipo externo viene con su propio sistema de control. Únicamente se le debe aportar tensión al equipo per, de igual forma que la centrifuga, la primera puesta en marcha deberá realizarla el proveedor.

Seguidamente, del corriente de salida del equipo FP-400, hay una recirculación de nuevo hacia la centrifuga, la cual se habilita abriendo las válvulas manuales que conectan ambos equipos y activando la bomba junto con su controlador de flujo que se encargará de bombear el fluido.

8.3.9 Puesta en marcha zona Z-500

En la zona Z-500 se lleva a cabo la segunda etapa de deshidrohalogenación. En esta zona, se necesita el aporte de flujo de las zonas Z-100, Z-300 y Z-400. Sin haber puesto en marcha las zonas mencionadas anteriormente, no se puede proseguir con la puesta en marcha de esta zona de la planta.

Primeramente, se pone en marcha el mezclador T-500. Para ello, la válvula de salida debe permanecer completamente cerrada.

Seguidamente, se procede a accionar los controles de nivel, presión y temperatura del mezclador.

Es necesario antes de proceder con el llenado del mezclador T-500, poner en marcha el intercambiador IC-500 y su correspondiente controlador de temperatura para mantener el flujo de entrada que proviene de la zona Z-400 a una temperatura constante de 80°C.

Después, se deben abrir las válvulas manuales de entrada al mezclador a la misma vez que se controla el nivel del mezclador mediante la señal del transmisor activado en los pasos previos. La finalidad de este punto es llenar el mezclador a la capacidad máxima de operación.

Después, es el momento de activar la agitación y comprobar que el agitador se encuentra posicionado verticalmente de forma correcta.

Finalmente, se asegura que el mezclador no sufra ningún derrame, el cual quedaría reflejado en su cubeto.

Una vez puesto en marcha el mezclador T-500, se procede con la puesta en marcha del reactor R-500.

Para poder comenzar con la puesta en marcha del reactor, es necesario mantener la válvula de salida del mezclador T-500 cerrada completamente. También se debe asegurar que la válvula de salida del reactor R-500 está cerrada.

Después, se debe encender el sistema de refrigeración para mantener el contenido del reactor a 80°C.

Seguidamente, se procede con la activación de los controladores de nivel, presión, flujo y temperatura instalados en el reactor.

Finalmente, en abrir la válvula de salida del mezclador T-500 junto con las válvulas de los corrientes 51 y 53 de las zonas Z-100 y Z-300, se debe ir comprobando el nivel del reactor mediante los sensores de nivel hasta ocupar su máxima capacidad de operación.

Después, se debe activar la agitación del reactor y comprobar que el agitador esté colocado en el eje vertical correctamente.

8.3.10 Puesta en marcha zona Z-601

En la zona Z-601 se procede con la separación de fases. Esta zona trabaja gracias al flujo de salida de la zona Z-500, así que primeramente se debe haber puesto en marcha esta zona junto con las zonas requeridas previamente de forma jerárquica y ordenada.

El primer equipo que se debe poner en marcha es el coalescedor CO-600 abriendo la válvula de entrada y manteniendo la válvula de salida cerrada hasta su llenado completo al nivel máximo de operación.

Después, se inertiza la bomba al vacío posterior al coalescedor CO-600 mediante la inyección de gas argón y se pone en marcha ésta y su controlador de flujo.

Seguidamente, se abre la válvula de salida del coalescedor para llenar la bomba al vacío y que pueda impulsar el fluido al siguiente equipo, el evaporador EV-300.

Para proceder con la puesta en marcha del evaporador EV-300, primeramente, se accionan los controladores de temperatura y sin necesidad de mantener las válvulas de salida cerradas, se procede a introducir el fluido de forma continua desde un principio.

Finalmente, se ponen en marcha la bomba (y su sistema de control de flujo) y el compresor que se encuentran en cada una de las salidas del evaporador, mediante el aporte de tensión.

8.3.11 Puesta en marcha zona Z-602

Por último, se lleva a cabo la puesta en marcha de la zona Z-602 que es donde se recuperará la resina final. Esta zona trabaja gracias al flujo de salida de la zona Z-600, asique primeramente se debe haber puesto en marcha esta zona junto con las zonas previas a esta.

Primeramente, se pone en marcha la columna de destilación DC-602. El primer paso es activar sus cuatro lazos de control: temperatura, nivel, flujo y presión.

Después, se deben dejar las válvulas de salida abiertas al 25% y la de entrada al 100% hasta que salga el fluido de forma continua por ambas salidas. Entonces, se deberán abrir las válvulas de salida al 100% también.

Seguidamente, cada salida del DC-602 está conectada a una bomba, la cual se debe encender junto con su propio sistema de control de flujo. Y estas a su vez, están conectadas a un intercambiador de calor cada una, IC-602-2 y IC-602-1, los cuales deben ponerse en marcha a continuación junto con sus sistemas de control de temperatura.

El intercambiador de calor IC-602-2 se debe regular mediante su controlador de temperatura hasta llegar a los 35°C.

Y el intercambiador de calor IC-602-1 se debe regular también mediante su controlador de temperatura hasta llegar también a los 35°C.

8.3.12 Puesta en marcha zona Z-800

La zona Z-800 es aquella en la que se efectúa el almacenamiento de producto LER.

Primeramente, es necesario cerrar todas las válvulas de salida de producto antes de proceder con el llenado de los tanques de almacenamiento.

Una vez cerradas las válvulas de salida, se procede a accionar el elemento de control.

Los controladores de nivel contienen el lazo entero, incluyendo el transmisor, el controlador I/P y el PLC o DCS.

Después, se deben abrir las válvulas manuales de entrada a los tanques de almacenamiento a la misma vez que se controla el nivel de los tanques mediante la señal de los transmisores activados en los pasos previos. La finalidad de este punto es llenar los tanques a la capacidad máxima de operación.

Una vez llenados los tanques, se procede al cerramiento de las válvulas manuales de entrada.

Finalmente se asegura que el tanque no sufre ningún derrame el cual quedaría reflejado en su cubeto.

8.4 Parada planificada

Las paradas planificadas en la planta ResyTech son esenciales y de obligatorio cumplimiento para poder realizar labores de mantenimiento, limpieza y revisión de equipos.

Estas paradas se dan dos veces al año, durante 33 días seguidos en los meses de agosto y diciembre. Dejando un margen de producción de 300 días al año.

La parada planificada debe seguir un riguroso protocolo de forma estricta y ordenada para evitar daños a los diferentes equipos de la planta ResyTech y, por otro lado, para aprovechar al máximo el reactivo introducido inicialmente en el sistema. En caso contrario, habría que purgar todo el sistema y realizar limpiezas de cada equipo ocasionando pérdidas de tiempo, dinero y materia prima a la empresa.

El primer paso es proceder con el corte de suministro de los reactivos cerrando las válvulas de salida de los tanques de almacenamiento de la zona Z-100.

Una vez cortado el suministro, se procede con el vaciado de todos los equipos, dejando para último lugar los reactores hasta que se produzca la reacción completa de forma controlada y con refrigeración ya que, si no, podría ser peligroso. Una vez controlado el contenido de éstos, también se procede al vaciado gradual.

Seguidamente, se desenergizan todos los equipos, apagando también los elementos de control y cortando los suministros de servicios de planta en último lugar.

Durante todo el proceso es necesario un control de todas las zonas de forma simultánea por si se diera algún tipo de fallada o reacción indeseada. También resultaría muy perjudicial para el proceso un vertido del contenido de algún equipo asique los vaciados deben ser muy rigurosos y siempre se deben usar EPIs.

8.5 Parada de emergencia

En caso de accidente, lo principal es la vida de las personas así que, aunque la parada de emergencia pueda llegar a ocasionar daños muy graves a la planta ResyTech, será necesario realizarla siempre que esté en riesgo la seguridad de las personas. Esto incluye cualquier vertido tóxico que impida el paso de los operarios a sus zonas de trabajo, la rotura de cualquier equipo que impida la producción normal y pueda descontrolar los parámetros del sistema, una equivocación en la cantidad o tipo de reactivos o cualquier fallo mecánico/eléctrico del sistema.

En caso de parada de emergencia, se aprovechará la parada para realizar una de las revisiones anuales planificadas. Es primordial no solo revisar las partes dañadas, sino que también el resto de la planta ya que, cualquier error puntual puede causar un fallo en cadena del resto de equipos.

8.6 Bibliografía

- I. *Validaciones DQ IQ OQ PQ.* (s. f.). Leadertecna.
<https://leadertecna.com/servicios/otros-servicios-de-consultoria/validaciones-dq-iq-oq-pq>
- II. S. (2020, 29 febrero). *Instalaste tubería hidráulica? Tienes que hacer prueba de presión!* Silver Tubos. <https://silvertubos.com/instalaste-tuberia-hidraulica-tienes-que-hacer-prueba-de-presion/>
- III. Aquatherm ibérica. (2017, 3 marzo). *Prueba hidráulica de estanqueidad.*
<https://aquatherm.es/productos/aquatherm-red-pipe/criterios-deinstalacion/prueba-hidraulica-de-estanqueidad/>
- IV. Coissieux, D. (s. f.). *¿Cómo reducir los tiempos de paradas en sus plantas de producción?* Modec. <https://blog.modec.fr/es/c%C3%B3mo-reducir-tiempos-paradas-plantas-producci%C3%B3n>