



Ethylox

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Sandra Aliaga Molina
Agustina Domínguez Cresci
Alejandro Lozano Correyero
Carla Martínez Castillo
Albert Mestre Escoda
Jon Ander Sanchiz Urbietta

Tutor: Josep Anton Torà



Ethylox

CAPÍTULO 8:

PUESTA EN MARCHA

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO

ÍNDICE

8.1 INTRODUCCIÓN	1
8.2 ACCIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA	2
8.2.1 DOCUMENTACIÓN PREVIA A LA PUESTA EN MARCHA INICIAL	2
8.2.2 TAREAS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA	4
8.2.3 SERVICIOS	5
8.2.4 EQUIPOS DE PROCESO	6
8.2.4.1 PRUEBAS HIDRÁULICAS Y DE PRESIÓN	6
8.2.4.2 BOMBAS Y COMPRESORES	7
8.2.5 SEGURIDAD	7
8.3 PUESTA EN MARCHA DESDE CERO	8
8.3.1 PUESTA EN MARCHA DE LOS SERVICIOS	11
8.3.2 PUESTA EN MARCHA DEL PROCESO	13
8.3.2.1 PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 800-2	13
8.3.2.2 PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 200	14
8.3.2.3 PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 300	16
8.3.2.4 PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 400	17
8.3.2.5 PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 500	18
8.3.2.6. PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 600	19
8.4 PARADA DE LA PLANTA PLANIFICADA	19
8.5 PARADA DE EMERGENCIA DE LA PLANTA	21
8.6 APÉNDICE	22
8.7 REFERENCIAS	25

8.1 INTRODUCCIÓN

Una vez construida la planta y diseñado cada uno de los equipos que la integraran, se procede a la puesta en marcha por primera vez con el fin de cumplir con el objetivo de producir la cantidad y calidad necesaria de Óxido de etileno.

Sin embargo, antes de poder realizar la puesta en marcha, primeramente, se debe de seguir unos pasos previos acompañados de un protocolo, con el objetivo de garantizar la seguridad y fiabilidad de la planta, realizando comprobaciones de los diferentes equipos y sistemas de servicio. Estos últimos, son un punto a tener en cuenta como paso previo, ya que son los encargados de proporcionar los fluidos básicos a los equipos. Así pues, una vez realizados los diferentes pasos previos nombrados anteriormente, se procede a la puesta en marcha, de manera ordenada y específica.

Primeramente, se deben activar los equipos y comprobar que cada uno de los equipos funcionan correctamente. Seguidamente, se iniciará el sistema de tratamiento de gases para tratar los posibles efluentes que puedan estar presentes en venteos y purgas. Una vez realizada la puesta en marcha de los elementos nombrados, se procede a la activación del resto de equipos de manera ordenada, tal y como se mostrará en este capítulo.

Cabe destacar que existen diferentes tipos de puesta en marcha; la inicial, la planificada, y la puntual o de emergencia. Las dos primeras se realizan prácticamente igual con la excepción de que en la inicial se realizan unos pasos previos, ya nombrados anteriormente. Sin embargo, la puesta en marcha después de una parada puntual o de emergencia es más compleja, ya que el punto de partida variará en función de la parada de la planta. Por lo tanto, esta última parada no se puede planificar, y se dejará en manos de ingenieros de planta.

8.2 ACCIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA

Previo a la puesta en marcha, como ya se ha nombrado en el **punto 8.1**, se debe realizar unas tareas previas a la activación de la planta, para verificar que todo se encuentra en perfecto estado, y que no existirán complicaciones en el momento de poner en marcha la planta. Todas ellas se explicarán a continuación:

8.2.1 DOCUMENTACIÓN PREVIA A LA PUESTA EN MARCHA INICIAL

La mayoría de los equipos integrados en la planta provienen de proveedores los cuales estos han de proporcionar a la empresa compradora unos documentos oficiales de cada uno de los equipos, con el fin de garantizar y tener una mayor seguridad de que la función de cada uno de estos se va a realizar correctamente.

A continuación, se exponen los documentos oficiales que los proveedores han de proporcionar a la empresa sobre los equipos:

1. Certificados de materiales
2. DQ, IQ Y QQ
3. Manuales de equipos, accesorios e instrumentos

1. Certificados de materiales

Los certificados de materiales es un documento aportado por los proveedores, lo cual comprueba y asegura por escrito que los materiales cumplen con todos los requisitos de calidad especificados. Para poder llevar a cabo este documento, se deben desarrollar un gran número de actividades que verifiquen el correcto estado y calidad del material. Las acciones más habituales son la inspección de los procesos, ensayos de las muestras, etc.

[1]

2. DQ, IQ, Y OQ

A continuación, se detallan las cuatro etapas de calificación de un equipo: ^[2]

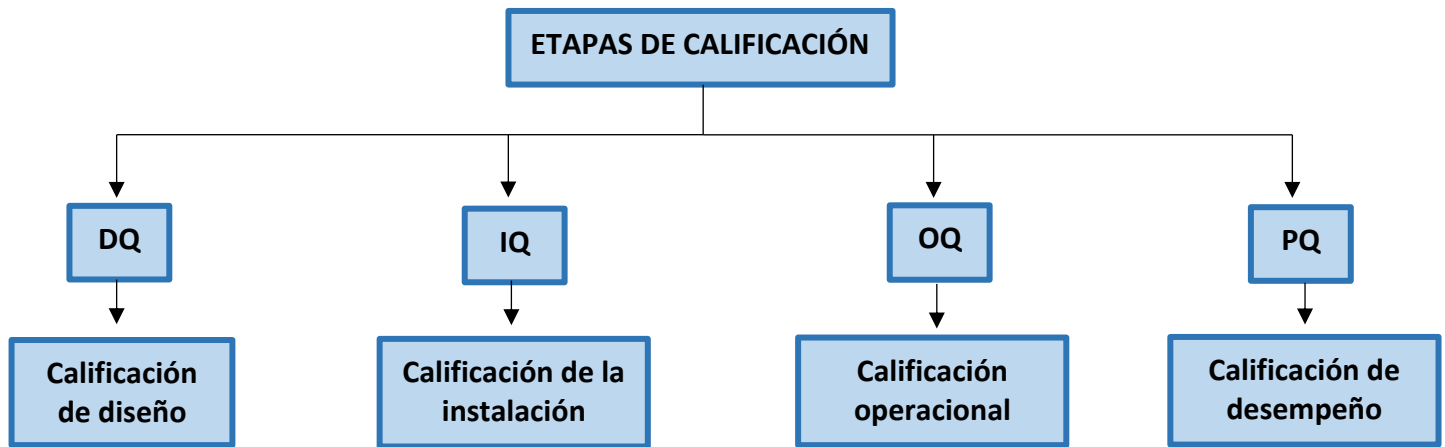


Figura 1. Esquema de las etapas de calificación

Calificación de diseño (DQ): Esta clase de calificación define las especificaciones operacionales y funcionales del equipo y detalla las decisiones deliberadas en la selección del proveedor. ^[2]

Calificación de la instalación (IQ): Este tipo de calificación consiste en verificar el cumplimiento de los equipos con las especificaciones técnicas declaradas por el fabricante y las normas de seguridad aplicables, disponer de la documentación técnica y toda la información que permita la identificación del equipo. ^[2]

Calificación operacional (OQ): Esta calificación permite comprobar si el equipo tiene la capacidad de proporcionar todas las prestaciones declaradas por el fabricante en unas condiciones específicas dependiendo del proceso que se llevará a cabo. ^[2]

Calificación de desempeño (PQ): Esta calificación se realizará en el caso que se haya aprobado las calificaciones anteriores. Esta clase de calificación permite determinar en unas condiciones reales de proceso, si el objetivo esperado se cumple. ^[2]

3. Manuales de equipos, accesorios e instrumentos

Una vez se obtenga los documentos vistos anteriormente, también se debe disponer de manuales de equipos, accesorios y instrumentos que estén presentes en el proceso de producción. Estos manuales se consideran de vital importancia ya que en ellos se explica específicamente como realizar el mantenimiento, paradas, puestas en marcha, reparaciones y aspectos que se deben considerar en cada uno de los equipos.

8.2.2 TAREAS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA

Previamente a la puesta en marcha, como ya se ha nombrado anteriormente, se han de cumplir unas tareas específicas para verificar que todo se encuentra en perfecto estado, y asegurar que no habrá ningún tipo de complicación durante la puesta en marcha. Dichas tareas se pueden clasificar en cuatro: Organización y comprobaciones, inspecciones, pruebas y mantenimiento.

1. Organización y comprobaciones

- Organización del personal y sus respectivos turnos
- Comprobar la disponibilidad de los proveedores
- Comprobar que los equipos de la planta, tuberías, accesorios e instrumentos se encuentren en perfecto estado y bien instalados.
- Comprobación del stock disponible en el área de almacenaje de la planta
- Comprobación de los protocolos

2. Inspección

- Tuberías, válvulas, y accesorios
- Equipos de proceso, de servicio y de tratamiento de residuos.
- Cableado
- Aislante
- Estructuras
- Sistema contraincendios
- Comprobación general del estado de la planta

- Presencia, cantidad y calidad de las medidas adoptadas contra la corrosión de los equipos y líneas de estos
- Señalización de los riesgos en las zonas de peligro de la planta
- Equipo de protección individual a pie de planta y en las zonas dónde sea necesario el uso de este.

3. Pruebas

- Pruebas de presión en equipos y tuberías
- Pruebas de las condiciones de todos los equipos
- Pruebas de estanqueidad para comprobar su estado mecánico
- Pruebas de instrumentación y control
- Pruebas en el sistema eléctrico de toda la planta
- Pruebas de paso y continuidad en el interior de las tuberías
- Pruebas hidráulicas

4. Mantenimiento

- Limpieza de los equipos, y servicios de planta
- Calibración de los instrumentos
- Renovación del catalizador
- Substitución de piezas, accesorios, tuberías y equipos en caso de que fuera necesario.

8.2.3 SERVICIOS

Como ya se ha dicho anteriormente, los servicios ocupan una parte significativa en cualquier planta, ya sea industrial, química, etc. Para garantizar el correcto funcionamiento de los servicios es necesario realizar unas tareas previas, estas se mencionan a continuación:

- Verificar el mantenimiento de cada uno de los servicios
- Comprobar que la energía eléctrica e iluminación se encuentran en funcionamiento

- Realización de una prueba de continuidad en el suministro de energía
- Comprobación de las torres de refrigeración
- Comprobación del gas natural
- Inertización de los equipos y maquinaria mediante nitrógeno
- Comprobación de los equipos de purga
- Comprobación de la presión en las líneas de servicio
- Comprobación de la temperatura en las líneas de servicio
- Disposición del combustible adecuado cantidad necesaria
- Limpieza de los sistemas de servicio

8.2.4 EQUIPOS DE PROCESO

8.2.4.1 PRUEBAS HIDRÁULICAS Y DE PRESIÓN

Las pruebas hidráulicas son un tipo de ensayo que se realizan para verificar la estanqueidad de tuberías y equipos. Para poder realizar esta prueba, es necesario el uso de agua junto con un pigmento inerte (trazador). Por lo tanto, una vez se introducen estos dos elementos, se analiza como se comportan a lo largo de las instalaciones. En el caso que hubiera la presencia de fugas, poros, o errores en las conexiones de tuberías, válvulas o equipos, esto se vería detectado por el trazador. Así mismo, este tipo de pruebas también se realizan para comprobar que el diseño mecánico de los equipos se ha realizado correctamente.

Esta prueba se puede llevar a cabo posteriormente de la construcción de la planta, y así comprobar que todo funciona correctamente antes de la puesta en marcha. Una vez realizada esta prueba, se ejecutará un proceso de purga y secado de agua junto al pigmento, con el fin de eliminar los residuos que puedan permanecer en las instalaciones y como consecuencia, que puedan perjudicar al proceso de producción de Óxido de Etileno.

Las pruebas hidráulicas no son las únicas pruebas que se realizan antes de la puesta en marcha. Previo a la activación de la producción se debe llevar a cabo unas pruebas de

presión, lo cual consisten en la introducción de gas seco en el interior de las tuberías y equipos con el objetivo de verificar que el diseño mecánico de los equipos se realiza correctamente y, por lo tanto, estos cumplen con la presión máxima de operación.

8.2.4.2 BOMBAS Y COMPRESORES

Un factor para tener en cuenta son los elementos como bombas y compresores, lo cual estos deben estar llenos de líquido durante la puesta en marcha para su correcto funcionamiento. En el caso de que no se soliera el nivel mínimo de líquido, se dejaría fluir el fluido por gravedad, y en el caso que el fluido no fluyera de forma natural, se utilizaría un diferencial de presión.

8.2.5 SEGURIDAD

La seguridad es una parte muy importante en una industria química, la falta de este puede provocar daños irreparables y incontrolables para el ser humano. Es por eso, que antes de la puesta en marcha se deben realizar una serie de tareas tanto de los equipos, como de los instrumentos y elementos que proporcionan seguridad de la planta. A continuación, aparecen las tareas previas que se deben realizar antes de la puesta en marcha:

- Los trabajadores disponen de los EPI's necesarios que garantizan su seguridad de acuerdo con el riesgo de su trabajo: Ropa protectora, gafas de protección, cascos, guantes, máscaras de gas, aparato de protección respiratoria autónoma, etc.
- Disposición de un plan de seguridad de fácil acceso y lectura
- Elaboración de un plan de emergencia interno y externo en caso de emergencia
- Personal formado para la realización de su función
- Disposición de material de primeros auxilios y asistencia médica disponible
- Configuración e instalación de válvulas de seguridad
- Revisión de toda la instrumentación en relación con la seguridad
- Revisión del correcto funcionamiento de las duchas de emergencia y lavaojos.
- Revisión de la señalización de toda la planta

- Comprobación de los sistemas activos contra incendios
- Comprobación de los sistemas pasivos contra incendios
- Iluminación mínima disponible e instalada

8.3 PUESTA EN MARCHA DESDE CERO

La puesta en marcha desde cero se pondrá en práctica una vez construida toda la planta. El protocolo que se rige por este tipo de puesta es la misma para las puestas en marcha posteriores, siempre y cuando esta parada se encuentre programada.

Así pues, en el siguiente apartado aparece el protocolo de la puesta en marcha desde cero de los equipos y áreas que integran la planta Ethylox, así como también la secuencia en la que se deben realizar estas acciones.

En la **Tabla 1**, aparece las secuencias de prioridad de áreas y equipos que debe seguirse en la puesta en marcha.

Tabla 1. Secuencias de prioridad de las diferentes áreas de la planta

SECUENCIA	DESCRIPCIÓN	ÁREA	TIPO
1.1	Electricidad	700	Servicios
1.2	Aire comprimido	700	Servicios
1.3	Agua de red	700	Servicios
1.4	Gas natural	700	Servicios
1.5	Nitrógeno	700	Servicios
1.6	Torre de refrigeración	700	Servicios
1.7	Chiller	700	Servicios
1.8	Caldera de Vapor	700	Servicios

SECUENCIA	DESCRIPCIÓN	ÁREA	TIPO
2	Tratamiento de residuos	700	Servicios (Medio Ambiente)
3	Zona de reacción	200	Proceso
4	Zona de separación de producto	300	Proceso
5	Zona de separación de subproductos	400	Proceso
6	Zona de purificación	500	Proceso
7	Almacenamiento de producto	600	Proceso

- 1 Servicios
- 2 Tratamiento de residuos
- 7 Almacenamiento de producto

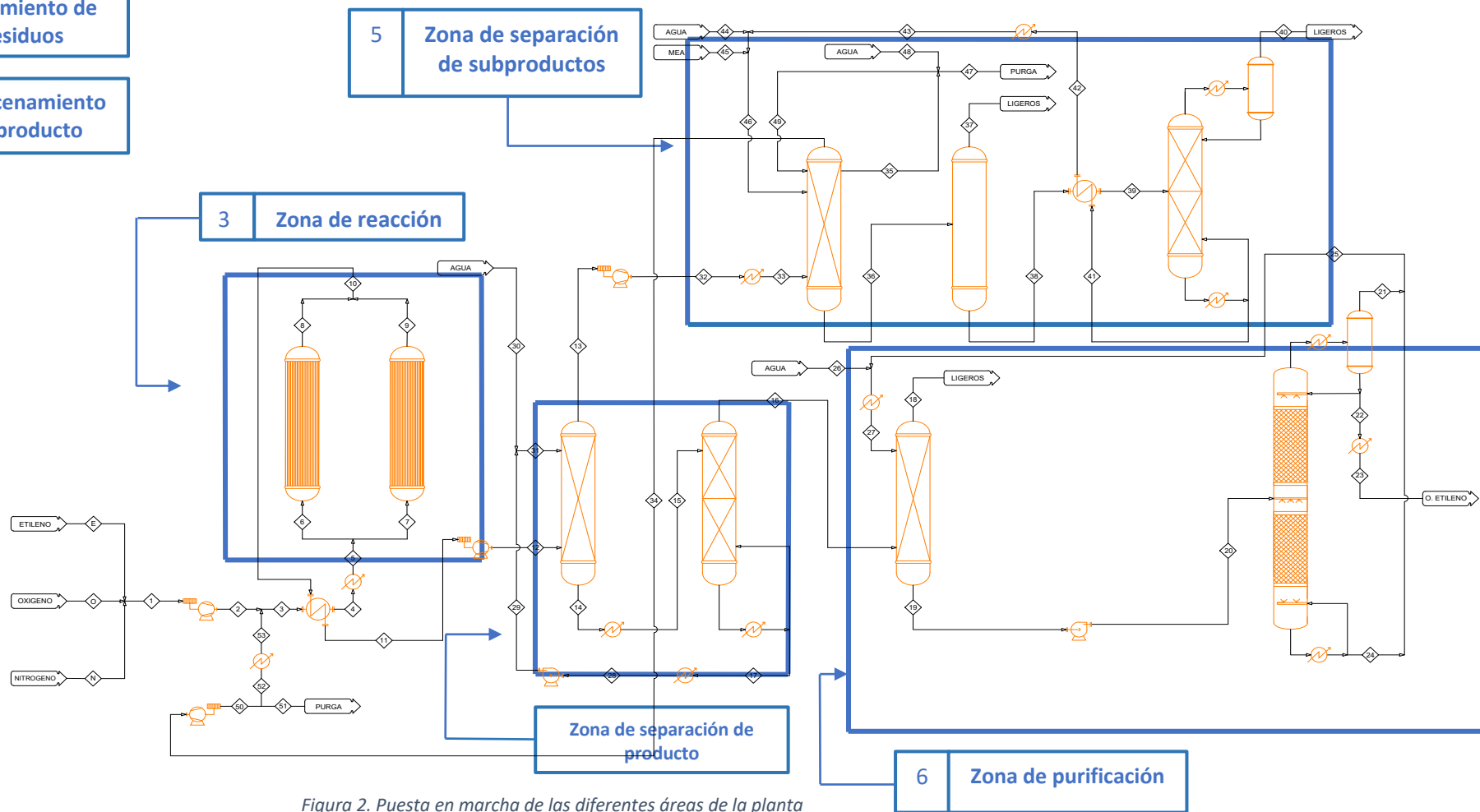


Figura 2. Puesta en marcha de las diferentes áreas de la planta

8.3.1 PUESTA EN MARCHA DE LOS SERVICIOS

Tal y como ya se ha nombrado en el **apartado 8.1**, una vez realizado todas las tareas mencionadas, se prosigue la puesta en marcha con la activación de los servicios de la planta. Estos se deben activar previamente a los equipos ya que estos últimos requieren de los servicios para su correcto funcionamiento. A continuación, aparece la secuencia de prioridad de los servicios:

1. **Electricidad:** Necesaria para activar todo el sistema eléctrico de la planta y garantizar que todas las áreas se encuentran dotadas de la electricidad necesaria para llevar a cabo su función.
2. **Aire comprimido:** Necesaria para la instrumentación
3. **Agua de red:** Esencial para la puesta en marcha de la mayoría de los equipos de servicio.
4. **Gas natural:** Servicio necesario para la activación de las calderas.
5. **Nitrógeno:** Principal elemento para la inertización.
6. **Torre de refrigeración:** Estas torres ponen en contacto una masa de aire seco y frío en contracorriente con una masa de fluido caliente, de esta manera, se consigue agua fría que se recircula al proceso para volver a absorber calor
7. **Chiller:** Se utiliza para enfriar fluidos normalmente a temperaturas por debajo de los 0 grados
8. **Caldera de vapor:** Se encarga de aportar el fluido caliente a todos los intercambiadores o equipos del proceso que requieran un intercambio de calor

A continuación, aparece de manera específica la puesta en marcha de cada uno de los equipos de servicio nombrados anteriormente:

- Electricidad:
 - Activar el suministro eléctrico de la planta
 - Encender y activar todos los cuadros eléctricos de la planta
 - Verificar que las áreas se encuentran dotadas de la electricidad necesaria para llevar a cabo su función.

- Aire comprimido
 - Activar el sistema general hasta el compresor, lo cual tiene la función de producir este servicio
 - Comprobar que el aire comprimido llega a los intercambiadores y a las válvulas
 - Comprobar que no haya pérdidas de presión en toda la instalación

- Agua de red
 - Verificar que el agua de red llega sin problema a la planta

- Gas natural
 - Para activar la línea de gas, solo es necesario abrir la llave de paso de línea.

- Nitrógeno
 - Su puesta en marcha va a depender de la empresa proveedora, lo cual esta se encargará que el nitrógeno venga en perfectas condiciones para su posterior uso en la planta.

- Calderas de agua glicolada
 - Llenar el depósito pulmón de gas natural y el sistema de tuberías de agua glicolada
 - Iniciar la caldera en circuito con el tanque pulmón hasta empezar a alcanzar las temperaturas y presión de trabajo.

- Caldera de vapor
 - Esta se podrá poner en funcionamiento una vez se conecte a la red de gas natural. Una vez conectada, se procederá al llenado de la caldera con agua y posteriormente adoptar la caldera a la presión y temperatura deseada para que cumpla con todos los requisitos propuestos

- Torre de refrigeración
 - Para poner en marcha dichas torres, se calentará agua a una temperatura determinada y se revisará que todas las sondas presentes en las torres se encuentren bien calibradas para asegurar que el valor fijado de temperatura para el corriente de salida de la torre es el adecuado para el proceso. Una vez se consiga la temperatura de salida deseada, se dará por concluida la puesta en marcha. A partir de aquí se fija cual ha sido el caudal necesario de aire para cumplir con la temperatura de salida de la torre. Posteriormente, el control automático ya puede hacer operar la torre.

- Chiller
 - Conectar el equipo con el sistema eléctrico de la planta
 - Llenar el circuito con el fluido seleccionado
 - Comprobar que la capacidad de líquido es la recomendada por el fabricante
 - Iniciar el sistema en circuito cerrado hasta alcanzar la temperatura de servicio deseada.

8.3.2 PUESTA EN MARCHA DEL PROCESO

8.3.2.1 PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 800-2

Tabla 2. Parámetros de la puesta en marcha del área 800-2

DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE SECUENCIA	OBJETIVO
Tratamiento de residuos atmosféricos	2	Tratamiento de los posibles efluentes que puedan estar presentes en venteos y purga

Como ya se ha dicho anteriormente, una vez puesto en marcha los servicios, se procede a la puesta en marcha de los tratamientos de residuos atmosféricos. Estos tratamientos constan de dos Scrubbers (LG-701), (LG-702). El primero se pondrá en marcha para todos los corrientes del proceso que necesiten tratamiento, y el otro se activará solo en caso de emergencia. En caso de que no se pudiera poner en marcha esta área, no se podría proceder a la activación de las otras, ya que, en caso de fuga o fallada de alguno de los equipos de proceso, podría generar peligro para el personal, instalación y medio ambiente.

En este caso, se va a realizar el procedimiento de la puesta en marcha del primer Scrubber.

Procedimiento

1. Conectar el Scrubber (LG-701), (LG-702) al sistema de suministro eléctrico
2. Abrir la válvula para suministrar al Scrubber el gas a tratar
3. Abrir la válvula para la entrada de agua
4. Activar el sistema de control del Scrubber

8.3.2.2 PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 200

Tabla 3. Parámetros de la puesta en marcha del área 200

Descripción	Número de secuencia	Objetivo
Zona de reacción	3	Iniciar la reacción del oxígeno con el etileno a partir de un catalizador específico para esta clase de reacción, y obtener óxido de etileno con las características y composiciones determinadas.

Una vez iniciada la puesta en marcha del área de tratamiento de residuos atmosféricos, se procede a la activación de la zona de reacción. Cabe destacar, que la puesta en

marcha de la zona de reacción ha de ser adecuada, ya que tiene que garantizar el suficiente rendimiento de reacción para que el funcionamiento de las siguientes áreas se realice de manera satisfactoria.

Procedimiento

1. Activación del control de caudal de las tres entradas de los reactivos
2. Abrir las válvulas de entrada de los reactivos: Etileno (300-TN/M-201), Oxígeno (300-RG/A-205) y Nitrógeno (300-TN/M-209).
3. Abrir válvulas antes y después mezclador (200-TN/M-213)
4. Abrir la válvula todo/nada antes del compresor CM-201-A, y cerrar el otro corriente, ya que este solo se activará en caso de emergencia.
5. Abrir la válvula de salida del compresor CM-201-A.
6. Activar el controlador de presión, lo cual a partir de la presión variará la frecuencia de giro del compresor CM-201-A.
7. Abrir válvula de entrada y salida del mezclador M-202
8. Abrir el caudal de servicio (agua) para la activación del intercambiador E-201
9. Activar el servicio de agua para el intercambiador E-202
10. Abrir válvula de salida del intercambiador E-202
11. Activar el control de T
12. Abrir válvula salida del intercambiador E-202, 800-TN/M-226.
13. Activación de los servicios para los reactores R-201 y R-202
14. Activación del control de caudal de ambos reactores R-201 y R-202.
15. Abrir el conjunto de válvulas de la entrada de ambos reactores, R-201 y R-202.
16. Activación del control de temperatura y presión de los dos reactores, R-201 y R-202.
17. Abrir la válvula de la corriente de salida de fluido caliente de los dos reactores, R-201 y R-202.
18. Activar el control de temperatura
19. Abrir válvula para que el fluido caliente se dirija al intercambiador E-203

20. Activación del control de caudal de salida de ambos reactores, lo cual variará en función de la presión de salida.
21. Activación válvulas de salida de los reactores 600-T/M-235, 600-RG/A-236, 600-TN/M-237 Y 600-TN/M-247, 600-RG/A-248 Y 600-TN/M-249.
22. Se abre la válvula de entrada al intercambiador E-201, 900-TN/M-224.
23. Se abre la válvula de salida del intercambiador E-201, 700-TN/M-223
24. El corriente de salida se dirige al área 300.

8.3.2.3 PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 300

Tabla 4. Parámetros de la puesta en marcha del área 300

Descripción	Número de secuencia	Objetivo
Zona de separación de producto	4	Separación de óxido de etileno con el agua y reactivos que no hayan reaccionado

Una vez se ha puesto en marcha la zona de reacción, se procede a la puesta en marcha del área 300, lo cual consta de una columna de absorción y otra de desorción. Con la columna de absorción lo que se realiza es una separación del óxido de etileno y agua, (lo cual este ultimo es el agente absorbente utilizado para absorber el óxido de etileno), de los otros componentes presentes en la columna. Una vez realizada esta separación, la columna de desorción tiene la función de llevar a cabo la separación del óxido de etileno y el agua.

Procedimiento

1. Activación el control de presión del CM-301-A
2. Abrir válvula anterior y posterior del compresor CM-301-A
3. Activación del control de presión del P-302-A
4. Abrir válvula anterior y posterior de P-302-A
5. Activar el control de caudal de entrada de la columna CA-301
6. Activar todos los controles de la columna CA-301

7. Se abren las válvulas de las dos salidas de la columna, inferior y superior
8. Activación el lazo de control de temperatura del E-301
9. Activar todos los lazos de control de la columna D-301
10. Abrir la válvula de servicios del Reboiler RB-301
11. Abrir las válvulas de salida de gas y líquido
12. Activar el lazo de control del intercambiador E-302
13. Abrir las válvulas de servicio del E-302
14. Activar el control de presión del P-301-A
15. Abrir la válvula anterior y posterior del P-301-A

8.3.2.4 PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 400

Tabla 5. Parámetros de la puesta en marcha del área 400

Descripción	Número de secuencia	Objetivo
Zona de separación de subproductos	5	Limpieza del CO ₂ de los reactivos para su posterior recirculación

Una vez realizada la puesta en marcha del área 300, se procede a la activación del área 400, lo cual consta de una columna de absorción, una Flash, y otra de regeneración. Lo que se pretende conseguir en esta área, es reducir la composición de dióxido de carbono de los reactivos no reaccionados, y poder así, recircular dichos reactivos libres de dióxido de carbono al área de reacción.

Procedimiento

1. Activar el lazo de control de presión del compresor, CM-401-A.
2. Abrir válvula anterior y posterior del compresor, CM-401-A.
3. Activar el control de temperatura del intercambiador, E-401.
4. Abrir la válvula de servicios del intercambiador, E-401.
5. Activar los controladores de caudal del mezclador, M-401.
6. Activar controlador de caudal del mezclador, M-402.
7. Activar de los lazos de control de la columna de absorción, CA-401.

8. Abrir las entradas de la columna de absorción, CA-401.
9. Activar los lazos de control de la columna Flash, CF-401.
10. Abrir las salidas de gas y líquidos de la columna de absorción, CA-401.
11. Abrir la salida de gas y líquido de la columna Flash, CF-401.
12. Activar los lazos de control de la columna CR-401, y a la vez se activan los lazos de control del tanque de condensado TC-401 Y el intercambiador E-403.
13. Abrir el caudal de servicios del condensador y Reboiler, E-401 Y RB-401
14. Abrir entrada de la columna de regeneración, CR-401.
15. Abrir la salida de gas y líquido de la columna de regeneración, CR-401.
16. Activar el lazo de control de temperatura del intercambiador, E-404.
17. Abrir la válvula de servicios del intercambiador, E-404.

8.3.2.5 PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 500

Tabla 6. Parámetros de la puesta en marcha del área 500

Descripción	Número de secuencia	Objetivo
Zona de purificación	6	Conseguir una pureza del 99,9 % de óxido de etileno a partir de una columna de absorción y destilación.

Una vez realizada la puesta en marcha de las áreas anteriores se procede a la puesta en marcha de la zona de purificación. En esta área aparece una columna de absorción y otra de destilación, para poder realizar la purificación y obtener así una pureza del 99,9% de óxido de etileno.

Procedimiento

1. Activar el controlador de caudal de entrada de la columna CA-501
2. Abrir la válvula de agua
3. Activar los lazos de control de la columna CA-501
4. Abrir las entradas de la columna de gas y líquido CA-501
5. Abrir las salidas de la columna de gas y líquido CA-.501
6. Activar el lazo de control del P-501-A

7. Abrir la válvula anterior y posterior del P-501-A
8. Activar los lazos de control de la CD-501, a la vez se activan los lazos de control de la TC-501 Y E-501.
9. Abrir el caudal de servicios del condensador y reboiler E-501 Y RB-501
10. Abrir entrada columna CR-501
11. Abrir la salida de gas y líquido de la columna CR-501
12. Activar el lazo de control de temperatura del E-501
13. Abrir la válvula de servicios E-501

8.3.2.6. PUESTA EN MARCHA DEL ÁREA 600

Tabla 7. Parámetros de la puesta en marcha del área 600

Descripción	Número de secuencia	Objetivo
Almacenamiento de producto	7	Almacenaje del óxido de etileno

Una vez puesta en marcha la columna de destilación CD-501, el caudal procedente de la columna con un rendimiento del 99,9% del producto deseado se almacena en un conjunto de seis tanques.

Procedimiento

1. Activar los lazos de control de los tanques de almacenaje
2. Abrir el caudal de refrigeración (servicios)
3. Abrir las válvulas de entrada del tanque 50-TN/M-601, 50-TN/B-602, 50-TN/M-603, 50-TN/M-605.
4. Abrir la válvula de nitrógeno hasta llegar a la presión deseada 80-TN/M-619.

8.4 PARADA DE LA PLANTA PLANIFICADA

La planta Ethylox operara en continuo durante 320 días al año para conseguir una producción de Óxido de Etileno de 120.000 Tn al año. Los días restantes se utilizarán para la paralización de la planta y realizar así el mantenimiento necesario para este tipo

de instalaciones. En el caso de la planta Ethylox se realizarán dos paradas al año, y poder así realizar el mantenimiento adecuado.

La parada de la planta es un proceso complejo, que si no se realiza correctamente puede generar pérdidas de materias primas, producto y catalizador, debido a la necesidad de purgar gran parte del fluido del proceso, lo cual provocaría la mezcla de estos y por tanto un difícil proceso de aprovechamiento. Por ese motivo, es importante realizar la parada de la planta siguiendo un protocolo establecido y controlado.

El primer paso a seguir para realizar la detención de la planta es una disminución del caudal de entrada de materias primas. Realizando este proceso la formación de producto disminuirá progresivamente, consiguiendo así aprovechar el máximo de producto posible. A medida que se va reduciendo el caudal, también se reducirá el uso de reactores, utilizando uno en lugar de dos, y la relación de reflujo de las columnas se incrementará para asegurar así, que la separación se lleva a cabo correctamente.

Una vez el caudal sea el mínimo como para que el proceso no pueda operar, se procederá a la detención de la planta. Es importante no detener el área de tratamiento de gases, ya que debido a la despresurización del proceso pueden desprenderse gases peligrosos para la salud humana que podrían poner en peligro la seguridad del personal, de la planta y del medio ambiente.

Seguidamente se realizará un proceso de purgación con el fin de eliminar las sustancias que puedan haber quedado en el interior de la instalación.

Por último, una vez se verifique la ausencia de sustancias en el interior de la instalación, se procederá la inertización de la planta con nitrógeno.

Así pues, una vez realizada la parada de la planta, se procede a realizar las tareas de mantenimiento que previamente han sido especificadas detalladamente. Hay que destacar, que la parada de la planta no solo servirá para realizar las tareas de

mantenimiento, sino que también para las reparaciones de los equipos que hayan sufrido averías y puedan perjudicar la producción.

8.5 PARADA DE EMERGENCIA DE LA PLANTA

Realizar una parada de emergencia no es lo habitual en una planta, ya que todas las paradas que se realizan al largo del tiempo se producen de forma planificada, tal y como se ha descrito en el **apartado 8.4**. Las paradas de emergencia pueden llevarse a cabo por múltiples motivos, ya sea por el fallo de algún equipo o servicio, por fallos en las condiciones de operación, por incendio, etc.

La parada de la planta se puede realizar manual o automáticamente, a partir de un sistema de control integrado a lo largo de toda la instalación. En el caso que se produjera alguno de los fallos nombrados anteriormente, el control lo detectaría, y pararía totalmente la planta con el fin de reducir o evitar posibles accidentes.

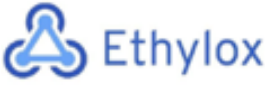
Todo proceso de parada se encuentra regido por unas normas y protocolos que hay que seguir para efectuar de manera segura la detención de la producción. Según el tipo de emergencia que se produzca se realizará un protocolo u otro. Independientemente de la razón por la cual se realiza una parada de emergencia, esta debe detectarse y solucionarse lo más rápido posible, garantizando la seguridad del personal, de la planta y el medio ambiente. Es importante mantener el área de tratamiento de residuos atmosféricos activada, por el posible desprendimiento de gases que puede producirse durante la parada de emergencia. En el caso que dicha área sufriera daños, podría provocar una liberación de gases tóxicos no deseados, generando así graves consecuencias. En este caso, se avisará a las autoridades correspondientes.

Por último, una vez solucionado el problema que causaba la parada de emergencia, se pondrá en marcha la planta de nuevo. En este caso, la activación de la planta la realizarán los ingenieros de planta.

8.6 APÉNDICE

A continuación, se detalla una CheckList, en el cual se resumen las tareas a realizar y comprobar antes de la puesta en marcha de la planta, lo cual ayudará a decidir si se podrá proceder o no a la inicialización de esta. ^[3]

Tabla 8. Tareas previas que realizar antes de la puesta en marcha

	CHECKLIST PUESTA EN MARCHA	Localidad	Tarragona
		Hoja	1 de 1
	Firma	Supervisor	
Marcar con un <input checked="" type="checkbox"/> si la acción descrita está activa/ correcta Marcar con un <input type="checkbox"/> si la acción descrita no se encuentra activa / incorrecta Marcar con una <input type="radio"/> en la decisión de proceder a realizar o no la puesta en marcha			
MANTENIMIENTO			
	Organización del personal		<input type="checkbox"/>
	Planta configurada y equipada		<input type="checkbox"/>
	Recuento del material y materiales en almacén		<input type="checkbox"/>
	Disposición de las herramientas y conocimiento de los procedimientos por el personal		<input type="checkbox"/>
	Se ha establecido la inspección de los equipos		<input type="checkbox"/>
	Se dispone de rellenos y lubricantes adecuados		<input type="checkbox"/>
	Se dispone de catálogos, hojas de especificaciones e instrucciones de los equipos del proveedor		<input type="checkbox"/>
INSPECCIONES			
	Inspección en el interior del recipiente		<input type="checkbox"/>
	Inspección en los rellenos de los recipientes		<input type="checkbox"/>
	La disposición y numeración de las tuberías se encuentran según el diagrama de ingeniería		<input type="checkbox"/>
	La limpieza de las tuberías es crítica		<input type="checkbox"/>
	La disposición de los equipos resulta de fácil acceso y operación		<input type="checkbox"/>
	Comprobación de los aislamientos y corrientes de localización.		<input type="checkbox"/>
	Se ha realizado la previsión de muestras y material necesario		<input type="checkbox"/>
PRUEBAS			
	Prueba de presión de tuberías y equipos		<input type="checkbox"/>
	Limpieza de tuberías y equipos		<input type="checkbox"/>

Pruebas de continuidad con aire	<input type="checkbox"/>
Instalación de placas de orificio posteriormente a la comprobación de la localización de estos	<input type="checkbox"/>
Realizar las purgas necesarias para el proceso	<input type="checkbox"/>
Secado de las líneas de proceso	<input type="checkbox"/>
Realizar las pruebas de vacío en caso de presión negativa	<input type="checkbox"/>
Verificar la expansión y soporte de las tuberías	<input type="checkbox"/>
Comprobación de las uniones de las tuberías	<input type="checkbox"/>
SALA DE CONTROL Y LABORATORIO	
Personal especializado y equipado	<input type="checkbox"/>
Planificación de los horarios, turnos y funciones del personal	<input type="checkbox"/>
Disponibilidad de los equipos y material para el control	<input type="checkbox"/>
Definición de las pruebas a realizar en el laboratorio	<input type="checkbox"/>
Especificación para todos los productos y materias primeras	<input type="checkbox"/>
Se ha establecido una política para la retención de muestras	<input type="checkbox"/>
Revisión de todos los equipos de control	<input type="checkbox"/>
EQUIPOS	
Revisión de todos los controles e instrumentos	<input type="checkbox"/>
Comprobación y limpieza de los motores eléctricos	<input type="checkbox"/>
Comprobación y limpieza de los equipos con de vapor	<input type="checkbox"/>
Comprobación y limpieza de los sistemas de refrigeración	<input type="checkbox"/>
Comprobación de la lubricación auxiliar	<input type="checkbox"/>
Comprobación de controles de velocidad instrumentación	<input type="checkbox"/>
Comprobación, lubricación de limpieza de los compresores	<input type="checkbox"/>
Pruebas de vacío, peso, vibración y otras pruebas necesarias para el sistema	<input type="checkbox"/>
Pruebas de conexión con bombas	<input type="checkbox"/>
Comprobación y limpieza de los equipos	<input type="checkbox"/>
Limpieza química	<input type="checkbox"/>
Disposición del catalizador	<input type="checkbox"/>
SEGURIDAD	
Los trabajadores disponen de los EPI's, necesarios que garantizan su seguridad de acuerdo con el riesgo de su trabajo: Ropa protectora, gafas de protección, cascos, guantes, máscaras de gas, aparato de protección respiratoria autónoma, etc.	<input type="checkbox"/>
Disposición de un plan de seguridad de fácil acceso y lectura	<input type="checkbox"/>
Elaboración de un plan de emergencia interno y externo en caso de emergencia	<input type="checkbox"/>
Personal formado para la realización de su función	<input type="checkbox"/>
Disposición de material de primeros auxilios y asistencia médica disponible	<input type="checkbox"/>
Configuración e instalación de válvulas de seguridad	<input type="checkbox"/>
Revisión de toda la instrumentación en relación con la seguridad	<input type="checkbox"/>

Revisión del correcto funcionamiento de las duchas de emergencia y lavaojos.	<input type="checkbox"/>
Revisión de la señalización de toda la planta	<input type="checkbox"/>
Comprobación de los sistemas activos contra incendios	<input type="checkbox"/>
Comprobación de los sistemas pasivos contra incendios	<input type="checkbox"/>
Iluminación mínima disponible e instalada	<input type="checkbox"/>
SERVICIOS	
Energía eléctrica e iluminación en funcionamiento	<input type="checkbox"/>
Realizar un test de continuidad en el suministro de energía.	<input type="checkbox"/>
Comprobación de las torres de refrigeración	<input type="checkbox"/>
Comprobación del gas natural	<input type="checkbox"/>
Inertización de los equipos y maquinaria mediante nitrógeno	<input type="checkbox"/>
Comprobación de los equipos de purga	<input type="checkbox"/>
Comprobación de la presión en las líneas de servicio	<input type="checkbox"/>
Comprobación de la temperatura en las líneas de servicio	<input type="checkbox"/>
Disposición del combustible adecuado cantidad necesaria	<input type="checkbox"/>
Limpieza de los sistemas de servicio	<input type="checkbox"/>
COMENTARIOS	
Se puede realizar la puesta en marcha	SÍ / NO

8.7 REFERENCIAS

[1] Certificación de los productos. [Online]. [Fecha de consulta: 7 de junio 2020].

<https://ctmaconsultores.com/certificacion-de-productos/>

[2]

Etapas de calificación. [Online]. [Fecha de consulta: 7 de junio 2020].

<https://www.thema-med.com/es/la-calificacion-de-los-equipos-en-la-validacion-de-proceso/>

Mejía Aguirre, Ana lucia. Calificación de equipos. [Online]. [Fecha de consulta: 8 de junio 2020].

https://www.ema.org.mx/descargas_congresolInteramericano/13Agosto/CalificaciondeEquipos_AnaLucia.pdf

[3] Branan, Carl R. Rules of Thumb for chemical engineers (3rd edition., 330-333).

[Online]. [Fecha de consulta: 9 de junio 2020].

<http://dl.icdst.org/pdfs/files1/6a51bf52b79d86bdf1913fc25a1700ba.pdf>