



**Universitat Autònoma  
de Barcelona**

TRABAJO DE FINAL DE GRADO  
GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

# PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO



Autores: Sergio Pérez Delfa  
Oriol Ruiz Puig  
Víctor González Monge  
Nelia García Blasco  
Xavier Fernández Olivera  
Pol Candela Poch

Tutor: Albert Bartolí

Cerdanyola del Vallès | Junio 2020





Universitat Autònoma  
de Barcelona

TRABAJO DE FINAL DE GRADO  
GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

## PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO



## CAPÍTULO 11. Ampliaciones y mejoras



## Capítulo 11. Ampliaciones y mejoras

### Índice

11.1. Introducción.....	6
11.2. Mejoras.....	7
11.2.1. Instalación de tuberías de servicios para agua de red .....	7
11.2.2. Limpieza y regeneración del catalizador .....	7
11.2.3. Sustitución del catalizador.....	7
11.2.4 Aumento del caudal de salida de L-401 .....	8
11.2.5 Reaprovechamiento del caudal de intercambio de calor .....	8
11.2.6 División de los equipos de bombas y compresores.....	8
11.2.7 Utilización de energías renovables.....	9
11.3 Ampliaciones .....	11
11.3.1 Producción de subproducto de óxido de etileno.....	11
11.3.2 Comercialización de CO <sub>2</sub> .....	12
11.3.3 Equipo de generación de nitrógeno.....	13
11.3.4 Mejora del control automatizado .....	13
11.4. Bibliografía .....	14

## 11.1. Introducción

Después de realizar el diseño de la planta de producción de óxido de etileno y durante su realización, han surgido nuevas opciones y alternativas de operación en planta. Por el diseño inicial de la planta, no se ha podido llevar a cabo y es por eso que se realiza este documento para dejar constancia de las posibles mejoras y ampliaciones que se podrían implementar en un futuro.

Una vez finalizado el proyecto, se tiene una visión mucho más general y profunda del proyecto, y posiblemente se podría hacer que la planta fuera más competitiva. Estas mejoras y ampliaciones no se han estudiado en profundidad y no se ha valorado su viabilidad económica. Si se decidiese llevar a cabo alguna de las propuestas, primero se debería realizar el diseño y el estudio de viabilidad de dicha mejora.

## 11.2. Mejoras

### 11.2.1. Instalación de tuberías de servicios para agua de red

Se ha instalado una tubería general de conexión con el agua de red para todo el circuito de intercambiadores que funcionan con ese fluido. Esta tubería tiene un diámetro muy elevado para poder abastecer a todos los circuitos de cada zona.

Una posible mejora podría ser la instalación de diferentes tuberías de conexión con el agua de red para cada una de las plantas. De esta manera se podría reducir el tamaño de las tuberías de servicio, repartiendo el caudal utilizando diferentes conexiones en diferentes puntos de la planta.

### 11.2.2. Limpieza y regeneración del catalizador

Actualmente en la planta se usa un catalizador de plata con un soporte de alúmina. Para poder alargar la vida útil del catalizador sin perder actividad se ha decidido ir aumentando progresivamente la temperatura de operación en el reactor. Des de 250°C a 270°C como máximo. De esta manera se puede alargar la utilización del catalizador hasta unos 3 años aproximadamente.

Una posible mejora sería la instalación de un sistema de limpieza de este catalizador. Durante los periodos de parada de mantenimiento de la planta, se podría aprovechar ese intervalo de tiempo para realizar una limpieza y regeneración del catalizador. Se podría contratar un servicio externo o se podría adquirir directamente el equipo y material necesario para llevarlo a cabo.

No se ha estudiado el hecho de si el catalizador sufre algún envenenamiento durante el proceso. Si simplemente se contamina su superficie, posiblemente con una etapa de adsorción sería suficiente. Si queda envenenado, se debería llevar directamente a gestión de residuos ya que quedaría inservible.

### 11.2.3. Sustitución del catalizador

Actualmente, se están realizando diferentes estudios para la utilización y diseño de nuevas opciones de catalizador para la producción de óxido de etileno. El departamento de I+D y el departamento comercial podría empezar a trabajar en la viabilidad económica y operativa de la utilización de un nuevo catalizador. Por ejemplo, se han realizado estudios con un material creado a partir de nano estructuras de plata embebidas en óxido de cobre.

Una posible mejora sería la utilización de este nuevo catalizador. Según algunos estudios de la Universidad de Zaragoza [1], este nuevo material obtendría una mayor actividad a menor temperatura. Por lo tanto, se podría producir más cantidad de producto a menor temperatura. Eso supondría una reducción de costes de materia prima importante, por lo que haría el proceso más eficiente y también más respetuoso con el medioambiente.

#### 11.2.4 Aumento del caudal de salida de L-401

Con las zonas de recuperación y purificación de óxido de etileno ya diseñadas obtenemos un producto con un 99,99% de pureza con una producción ligeramente superior a 120.000 Tn/año establecido. Esta pureza supera la mínima requerida para poder vender el producto.

Por lo tanto, una posible mejora sería aumentar el caudal de salida del último destilador de la zona de purificación. De esta manera, obtendríamos un caudal mayor de producto, teniendo en cuenta que la pureza mínima para poder comercializarse es de 99,95%. Por otro lado, habría que calcular si al vender menos producto, pero con una mayor pureza los ingresos por ventas aumentarían. Otra opción sería ajustar el diseño de L-401 ya que está sobredimensionado para la producción determinada.

#### 11.2.5 Reaprovechamiento del caudal de intercambio de calor

En la planta se han instalado una gran cantidad de intercambiadores de calor, ya sea para variar la temperatura de los corrientes de proceso o para la operación de algunos equipos como las columnas de destilación.

Una posible mejora sería la recirculación de caudal de agua de red o aceite hacia más de un intercambiador. De esta manera, se aprovecharían los fluidos y se reduciría la cantidad de agua y aceite que se tiene en circulación. De esta manera se podría reducir el tamaño de tuberías y las dimensiones y parámetros de equipos de servicio como la torre de refrigeración o la caldera.

#### 11.2.6 División de los equipos de bombas y compresores

En la planta se utilizan diferentes equipos de bombas y compresores a lo largo tanto del proceso como del circuito de fluidos de servicio. Estos equipos proporcionan unos aumentos de presión en el corriente en cuestión. El aumento



de presión puede ser un requerimiento para poder introducirse un equipo posterior de forma correcta o para impulsar el corriente hacia otra zona de la planta porque viene perdiendo presión en diferentes puntos de su recorrido.

Una posible mejora sería la instalación de más compresores y bombas, pero de menor tamaño. Los caudales que se utilizan en la planta son muy elevados y es por eso que se requieren compresores y bombas de una potencia y un rango de operación muy elevado. Eso supone un alto coste en la compra del equipo y en el consumo de este. Posiblemente si se realizase el aumento de presión del corriente con el trabajo de 2 compresores o bombas en serie se reduciría mucho la inversión de estos y su consumo de electricidad de la planta. Además, posiblemente se bajaría también el riesgo de que ocurra un accidente ya que la diferencia de presión entre la entrada y salida del compresor sería inferior.

### 11.2.7 Utilización de energías renovables

La instalación que se ha construido requiere una gran cantidad de energía para poder realizarse. La mayoría de los equipos funcionan con electricidad y consumen una alta cantidad de kWh al año. Este hecho hace que los costes por consumo eléctrico en la planta sean muy elevados.

Una posible mejora sería el uso de energía renovable. Las opciones más viables posiblemente serían la energía solar y la hidráulica. Como se ha explicado anteriormente, hay una gran cantidad de agua de red circulando por el circuito de refrigeración. Una opción sería utilizar esa agua para producir energía, por ejemplo, con una diferencia de altura para aprovechar la energía potencial de la caída del agua. Otra opción que cada vez se está implementando más en diferentes industrias es la energía solar. La ubicación de la planta y el clima en el que se encuentra es propicio para que se puedan instalar placas solares, ya que durante gran parte del año habría rayos solares de alta intensidad que se podrían aprovechar. Posiblemente esta energía solo se podría contar con ella durante algunos meses del año, los más calurosos.

Con la implementación de una generación de energía limpia no se pretende abastecer a toda la planta ya que el consumo eléctrico es muy elevado, pero sí que se podría aprovechar para ciertos equipos o zonas y así reducir los costes por consumo eléctrico de línea.



*Figura 1. Placas solares para generación de energía renovable.*

### 11.2.8 Reducción del capital inmovilizado

Una alternativa para poder reducir el capital inmovilizado sería ajustar las características de los equipos a las necesidades reales de producción. De esta manera se evitarían costes innecesarios generados por el sobredimensionamiento de los equipos.

Otra manera de reducir el capital inmovilizado sería la búsqueda continuada por parte del departamento comercial de posibles proveedores y compradores nuevos. Así pues, habría la posibilidad de adquirir materia prima o compuestos necesarios para la planta a un menor coste y poder vender el producto generado por un precio superior al estimado en la evaluación económica.

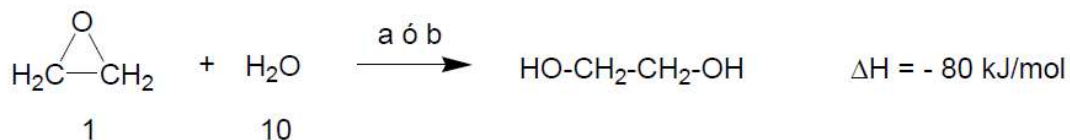
## 11.3 Ampliaciones

### 11.3.1 Producción de subproducto de óxido de etileno

Una gran parte de las plantas de producción de óxido de etileno se amplían para la producción de algún producto derivado. De esta manera la fuente de ingresos se aumenta por la venta de diferentes productos que se producen en la misma planta. De los diferentes productos derivados del óxido de etileno los más relevantes serían el etilenglicol y tensioactivos no iónicos.

#### Etilenglicol

La generación de etilenglicol se realiza con la adición de agua en exceso con el óxido de etileno. Se realiza la reacción con un exceso molar de agua 10 veces superior al estequiométrico. El ácido sulfúrico se utiliza como catalizador a presión atmosférica y a una temperatura de 60°C. Si se decide no utilizar catalizador, para superar la energía de activación la reacción se lleva a cabo a 200°C y a 30 atm aproximadamente. Por lo tanto, para esta planta sería más aconsejable utilizar la metodología sin catalizador, para no tener costes por la compra del catalizador [2].



a: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,5-1% en peso; cat)/ P=1 atm/ T=60 °C  
b: P=30atm/ T=200 °C

*Figura 2. Reacción de producción de etilenglicol.*

La reacción tiene un alto índice de selectividad y rendimiento por lo tanto se produciría una alta cantidad de etilenglicol. Esta producción se realizaría con un reactor acoplado justo a continuación del reactor de producción de óxido de etileno. Los posibles usos del etilenglicol serían los siguientes:

Tabla 1. Usos del etilenglicol a nivel mundial.

Producto	USA	Eur. Occ.	Japón	Mundo
Anticongelante	25	29	20	16
Fibras de poliéster	32	35	61	57
Películas/resinas de poliéster <sup>1</sup>	28	8		5
Otros usos <sup>2</sup>	15	28	19	22
Uso total (10 <sup>6</sup> Tm)	1,2	1,03	0,30	13,6

1. Cintas magnéticas de audio y vídeo, cintas transportadoras y paneles decorativos.  
2. Policarbonatos (por reacción con fosgeno) y poliuretanos (por reacción con diisocianatos).

### Tensoactivos no iónicos

La segunda alternativa para la producción de un derivado del óxido de etileno son los compuestos de polioxietileno. Se puede obtener mediante reacción del óxido de etileno con alcoholes de cadena larga, alquilofenoles, ácidos grasos o agua. Para la adaptación de esta producción en nuestra planta lo más rentable sería la utilización de agua como reactivo.

Esta reacción de polimerización se realizaría con una cantidad inferior a la estequiométrica (al contrario que la reacción de etilenglicol). Dependiendo de las condiciones de operación, estos serán o líquidos viscosos o semisólidos. En esta reacción se utiliza el hidróxido de sodio como catalizador [2].



### 11.3.2 Comercialización de CO<sub>2</sub>

En la zona de eliminación de CO<sub>2</sub> se realiza la absorción del dióxido de carbono con un corriente de agua rico en metiletanolamina. Posteriormente el dióxido de carbono se separa del corriente de amina mediante un tanque flash y una torre de destilación.

Una posible ampliación para la planta sería el ajuste de estas etapas de separación posteriores o la incorporación de otro equipo para poder obtener una producción de dióxido de carbono diluido con los parámetros adecuados para su comercialización. El dióxido de carbono se puede vender diluido a diferentes concentraciones en botellas. También se puede vender en fase gas, pero por la estructuración de la zona de planta sería más viable obtener el producto diluido.

### 11.3.3 Equipo de generación de nitrógeno.

Para la correcta operación de la planta se requieren altas cantidades de nitrógeno tanto para la inertización, presurizar o entrar como gas inerte en el proceso. Eso supone un alto coste para la adquisición del compuesto, el alquiler del tanque y la contratación del suministro. Este servicio se ha contratado con la empresa Air Liquide.

Una posible mejora sería contratar el servicio de la misma empresa Air Liquide para la autogeneración de nitrógeno en la misma planta. De esta manera obtendríamos un suministro continuo de nitrógeno para utilizar en la planta. Air Liquide se ocuparía del mantenimiento y revisión de los equipos. Este servicio es el servicio ON SITE [3] de Air Liquide. Haría falta determinar si la generación de nitrógeno es suficiente para las necesidades de planta.



*Figura 3. Equipos de generación de nitrógeno de Air Liquide.*

### 11.3.4 Mejora del control automatizado

El proceso que se lleva a cabo en la planta se realiza en continuo, por lo tanto, se trata de un proceso lo más automatizado posible. La estructura de control y automatización del proceso es un punto clave de la operatividad de la planta.

Una posible ampliación para la planta sería introducir más lazos e instrumentos de control. De esta manera el proceso se lleva a cabo automáticamente sin necesidad de manipulación manual de algún equipo. Eso podría suponer una reducción de costes en estructura de planta y, por lo tanto, una reducción de la mano de obra en la planta.

## 11.4. Bibliografía

- [1] Universidad de Zaragoza, «unizar.es,» 25 mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.unizar.es/noticias/la-universidad-de-zaragoza-disena-y-patenta-un-nuevo-catalizador-mas-eficaz-y-economico-0>.
- [2] A. Sanz Tejedor, «eii.uva.es,» Universidad de Valladolid, [En línea]. Available: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-05.php>. [Último acceso: 26 mayo 2020].
- [3] Air Liquide, «industrial.airliquide.es,» [En línea]. Available: <https://industrial.airliquide.es/suministro/suministro-onsite>. [Último acceso: 26 mayo 2020].