



# SynPhos

## PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FOSGENO

### PROYECTO DE FIN DE GRADO

#### INGENIERÍA QUÍMICA

Jaume Beà Galvez  
Héctor Cazorla Orpí  
Carles Lapeña March  
Ainara López Agudo  
Germán Vegas Montoya

TUTOR:  
Oscar Guerrero Sodric

Febrero 2025





# SynPhos

## PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FOSGENO

### PROYECTO DE FIN DE GRADO

#### INGENIERÍA QUÍMICA

## CAPÍTULO 12: AMPLIACIONES Y MEJORAS



## Índice

|  |   |
|--|---|
| 12. Mejoras y aplicaciones .....                       | 2 |
| 12.1 Introducción.....                                 | 2 |
| 12.2 Ampliaciones y mejoras ya consideradas .....      | 2 |
| 12.3 Mejoras y ampliaciones .....                      | 2 |
| 12.3.1 Sistema de concentración de sales sódicas ..... | 2 |
| 12.3.2 Instalación de placas solares .....             | 4 |
| 12.3.3 Optimización del reactor.....                   | 5 |
| 12.4 Bibliografia.....                                 | 6 |

## 12. Mejoras y aplicaciones

En este apartado se procede a definir las mejoras y ampliaciones del proyecto. En este apartado se van a describir tanto las mejoras ya implantadas en el sistema como las futuras mejoras que se van a implantar.

### 12.1. Introducción

El proceso de producción de fosgeno, un compuesto químico esencial en la industria química para la fabricación de productos como plásticos, pesticidas y medicamentos requiere instalaciones de alta eficiencia y seguridad.

Dado el impacto crucial de este proceso en la cadena de suministro y la seguridad industrial, es fundamental que las plantas dedicadas a su producción mantengan estándares elevados de operatividad, minimización de riesgos y optimización de recursos.

Con el objetivo de mejorar la competitividad y garantizar la seguridad a largo plazo, la implementación de mejoras y ampliaciones en la planta se vuelve esencial. Estas modificaciones no solo buscan aumentar la capacidad de producción, sino también mejorar los procesos en términos de sostenibilidad, eficiencia energética, control de emisiones y reducción de costos operativos.

### 12.2. Ampliaciones y mejoras ya consideradas

Para poder optimizar, a un mayor nivel, el proceso de producción de fosgeno en SynPhos, se han tenido en cuenta una serie de mejoras sobre el proceso base. Las mejoras implementadas en SynPhos son:

- **Instalación de Scrubber para tratamiento de las emisiones gaseosas.** La primera de las mejoras implementadas surge como una necesidad medioambiental, ya que el único corriente residual, en forma de gas, tenía elevadas concentraciones de contaminantes. Es por ello por lo que, como alternativa, se decide instalar un Scrubber químico, donde se neutralizan cloro y fosgeno con una disolución de hidróxido de sodio al 15%. De esta manera, el corriente gas solo queda con monóxido de carbono, mientras el corriente líquido consiste en agua con sales sódicas en suspensión.
- **Recirculación de monóxido de carbono residual.** Derivado de la mejora comentada previamente, ese corriente de monóxido de carbono puro, en estado gas, se decide reaprovechar como materia prima en el proceso, mezclándolo con un corriente de monóxido de carbono fresco.

### 12.3. Mejoras y ampliaciones

#### 12.3.1. Sistema de concentración de sales sódicas

Como se ha podido ver anteriormente, el tratamiento del corriente gas con el Scrubber nos sirve para eliminar los contaminantes del corriente gas, pero a cambio de generar un corriente residual acuoso con sales sódicas en suspensión.

En este punto, es necesario tratar este corriente previo a su abocamiento, ya que la concentración de sales de este corriente supera los valores límite de emisión.

Para evitar tener un impacto nocivo en el medio ambiente, esta mejora plantearía la instalación de un evapoconcentrador al vacío.



Figura 12.1. Evapoconcentrador modelo EVALED, de la empresa Veolia.

El funcionamiento de este sistema consiste en una cámara de evaporación, donde se busca evaporar el agua, separándola de las sales sódicas. Por un lado, estas sales sódicas son recogidas y recuperadas por el equipo, mientras que el vapor generado va a una etapa de condensación para pasar el vapor a estado líquido.

Adicionalmente, toda esta operación se lleva a cabo en condiciones de vacío para reducir la temperatura de evaporación del agua.

La inclusión de este sistema a la planta de SynPhos abre un abanico de posibilidades para seguir creciendo:

- **Eliminación de corrientes residuales.** Al tratar este corriente con sales sódicas, y conseguir separar ambas fases, esta agua podría ser abocada al alcantarillado debido a la alta calidad de esta, y dejando al proceso de producción de SynPhos sin ningún corriente residual.
- **Obtención de subproductos.** La otra parte de la evaporación consiste en la recuperación de sales sódicas, las cuales tienen un amplio mercado debido a sus propiedades (producción de productos químicos, tratamientos de aguas...), y podrían ser una fuente de ingresos adicional para rentabilizar la inversión.
- **Tratamiento y suministro de agua de proceso.** El proceso de producción de SynPhos no requiere de agua de proceso, y la cantidad de agua generada es demasiado grande para ser usada en otras partes de la planta (limpiezas, aguas contra incendios...). Es por ello que se podría llegar a un acuerdo con alguna de las empresas cercanas para el suministro de esta agua, así como el tratamiento de una parte de sus residuos para obtener mayores beneficiosos económicos.

- **Reducción del consumo energético.** Como se ha visto en la descripción de este equipo, opera en condiciones de vacío para que el agua evapore a menor temperatura. Esto provocaría que, respecto a evaporadores a otras condiciones de presión, el consumo energético (ya sea vapor o agua caliente) sea mucho menor a las otras alternativas.

### 12.3.2. Instalación de placas solares

En un paso hacia la sostenibilidad de la planta de SynPhos, uno de los puntos a trabajar es el consumo energético, intentando impulsar iniciativas de energías renovables. En este caso, la energía a la que nos referimos es la eléctrica, presente en todos los edificios de la planta y que permite el correcto funcionamiento de esta.

La manera de implantar sistemas de energía planteada en SynPhos es la instalación de placas solares, ya que son una apuesta estratégica tanto para el medio ambiente como para la eficiencia energética de la empresa.

En el caso de SynPhos, la energía producida por las placas solares será utilizada para su uso en zonas comunes como oficinas y comedor o a nivel de laboratorio debido a que, a nivel de proceso la energía eléctrica no juega un papel importante.

La implantación de este sistema a la planta de SynPhos provoca una serie de beneficios:

- Su instalación será en la zona de aparcamiento, proporcionando de esta manera sombra a los vehículos de los trabajadores y las visitas.
- Se reducirá la huella de carbono ya que, al usar energía renovable, se reducen las emisiones de gases provocadas por los combustibles fósiles que provocan efecto invernadero.
- Inicialmente implica una gran inversión económica, la cual se verá amortizada con el tiempo, ya que la planta consumirá su propia energía generada reduciendo el coste de red. Además, la implantación de energías renovables viene subvencionadas por el gobierno, la cual cosa reduciría el coste inicial.
- El uso de energía renovable dará a SynPhos una mejor imagen. De esta manera, demuestra la implicación y compromiso con la sostenibilidad y el medio ambiente, además de servir de ejemplo para otras empresas del sector.



**Figura 12.2.** Instalación de placas solares en aparcamiento.

### 12.3.3. Optimización del reactor

Otra manera de mejorar la sostenibilidad del proceso de producción de fosgeno es optimizando los procesos ya llevados a cabo en la planta.

Dentro de este proceso, el punto que más se puede mejorar es el reactor, debido a trabajar en unas condiciones de operación elevadas, a la vez que es necesario el uso de un catalizador para llevar a cabo la reacción adecuadamente.

El proceso de producción de fosgeno tradicional se lleva a cabo con carbón activo como catalizador, pero existen otras opciones:

- Uso de óxidos metálicos
- Uso de cloruro de potasio

Aun así, estos métodos resultan ser una alternativa poco viable debido a la baja eficiencia que representan estos procesos respecto al tradicional método de producción con carbón activo.

De esta manera, las mejoras pasan por una optimización del uso de carbón activo en el reactor. Para ello, surgen varias opciones que nos permiten optimizar el rendimiento del reactor:

- **Usar carbón activo de menor granulometría.** El carbón activo usual acostumbra a tener unas medidas estándar, las cuales pueden no ser las óptimas. Es por ello que, reduciendo las medidas de las partículas de carbón activo podría permitir tener una superficie de contacto dentro del reactor.

Aun así, no cualquier tamaño sirve para usar en el reactor, ya que usar una granulometría demasiado pequeña podría provocar una pérdida notable en el rendimiento del reactor, así como generar subproductos en la reacción que podrían ser problemáticos.

- **Impregnación del carbón activado.** Otra de las alternativas para mejorar el rendimiento del sistema sería el tratamiento, previo a la operación, del carbón activado del reactor con compuestos metálicos.

Para este caso, el compuesto elegido sería el cloruro de hierro. Las principales razones para usar este compuesto serían:

- Mejora de la selectividad del carbón activo respecto el cloro, que permitiría consumir el cloro residual de la reacción, obteniendo una menor cantidad de residuos a tratar.
- El coste económico de este compuesto es menor a las otras alternativas que se presentan, como serían el cloruro de cobre o los óxidos metálicos (mencionados anteriormente como catalizador alternativo al carbón activo).
- Puede ayudar en la reducción de generación de subproductos de la reacción de producción de fosgeno, como sería el tetracloruro de carbono.

De esta manera, estas alternativas presentadas serían una opción para mejorar la eficiencia de la etapa de generación de fosgeno, a la vez que se pueden mantener las suaves condiciones de proceso.

## 12.4 Bibliografía

1. Veolia Water, "Tratamiento por evapo-concentración al vacío de las aguas residuales industriales":  
<https://www.iagua.es/blogs/veolia-water/tratamiento-por-evapo-concentracion-al-vacio-de-las-aguas-residuales-industriales>
2. Veolia Water Technologies, "Tecnologías de evaporación para tratamiento de aguas":  
<https://www.veoliawatertechnologies.es/soluciones/tecnologias/evaporacion>
3. EVALED, "Evaporadores AC de agua fría y caliente – Serie AC R":  
<https://www.evaled.com/es/evaporators/ac-agua-fria-caliente/serie-ac-r>
4. Sotysolar, "Parking solar: qué es y beneficios":  
<https://sotysolar.es/blog/parking-solar>
5. Sunpark, "Energía solar para parkings":  
<https://sunpark.es/>
6. Universidad de Málaga, "Evaluación de impacto ambiental en energía solar":  
<https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/2630/17670585.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. Huamei Carbon, "Carbón activo impregnado":  
<https://www.huameicarbon.com/es/carbon-activo-impregnado/>
8. Universidad de Sevilla, "Trabajo Fin de Grado sobre materiales y diseño industrial":  
<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproj/90559/fichero/TFG+MDI+V3.pdf>
9. Core, "Investigación en tecnologías de materiales":  
<https://core.ac.uk/download/pdf/299807195.pdf>