

# PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO

Trabajo final de grado  
Grado en Ingeniería Química



Paula Lafuente Simó  
Joan Ramón Pájaro Crespo  
Anabel Rodríguez Rengel  
Carlos Salgado Espinosa  
Ferriol Viñas Francisco  
Veronica Fernanda Zaldivar Sánchez

Tutor: Marc Perís

Año académico: 2019 - 2020



# SUMARIO





---

## Agradecimientos

En nombre de todo el grupo de ETHOXID: Anabel, Carlos, Ferriol, Joan Ramón, Paula y Verónica; queremos agradecer, en primer lugar, al tutor Marc Perís por asesorarnos durante todo el proyecto y resolver las dudas que nos iban surgiendo. En segundo lugar, agradecer el apoyo recibido por Ricard Gené, responsable de la asignatura del TFG. En tercer lugar, a todos los profesores que hemos tenido a lo largo de la carrera por su implicación en nuestra formación como ingenieros químicos.

Nos gustaría resaltar la implicación de todos los miembros del grupo en la elaboración del proyecto, teniendo en cuenta la situación actual y lo que ésta conlleva. Tener que tomar decisiones y organizarse a distancia entre 6 personas podría haber generado problemas y dificultado la creación del trabajo.

Por último, queremos agradecer a todas las personas externas al grupo que nos han ayudado, incluyendo amigos, familiares y empresas que nos han facilitado información necesaria para realizar el proyecto.

---

### **Anabel Rodríguez Rengel:**

Primero quiero agradecer a mis compañeros de grupo del TFG ya que, gracias a ellos y a su buena disposición, hemos podido organizarnos y tener el trabajo a tiempo, teniendo en cuenta que estamos viviendo una situación complicada y que todas las reuniones han tenido que ser online. Este último punto es importante ya que no es fácil organizar un grupo de seis personas, y menos aun cuando no hemos podido vernos y hemos tenido que trabajar casi sin conocernos. A pesar de esto, hemos sabido organizarnos bien y al final hemos conseguido un resultado, que espero que sea bueno.

También quiero dar las gracias a mi familia, por estar durante todos estos años a mi lado apoyándome incondicionalmente. En concreto a mis padres, Sonia y Toni, y a mi hermana, Gema, que son los que viven conmigo y han sufrido mis rayadas como por ejemplo por no darme tiempo a entregar un trabajo o por no tener un examen lo suficientemente estudiado. Ellos han estado a mi lado confiando en mí y animándome en los momentos de bajón para convertirlos en momentos de risas, y sé que lo van a seguir haciendo siempre.

En tercer lugar, quiero agradecer el apoyo de mis amigos y de mi pareja, Adri. Ellos han sido los que me han hecho despejarme cuando lo he necesitado y los que han aceptado un 'no' a algún plan cuando tenía muchas cosas que hacer. Aparte de aceptar el no, han sido los que me han insistido en cuando parar y hacer un descanso porque, si no, me hubiera saturado. Y a mi pareja, en concreto, por ser el que me ha aguantado día sí y día también, con mis subidas y bajadas, durante estos cinco años que ahora parece que han pasado rápidos pero, en épocas de más trabajo, eran interminables.

En definitiva, quiero dar las gracias a todas las personas que me han apoyado durante estos años y me han aportado algo para seguir adelante. También agradecer a la gente que me ha puesto obstáculos para llegar a mi objetivo, ya que gracias a esos obstáculos he aprendido que soy capaz de combatirlos y que puedo seguir adelante. Con este trabajo cierro una etapa de mi vida de la cual no me olvidaré nunca y de la que he aprendido muchísimo.

---

**Carlos Salgado Espinosa:**

Una vez finalizado el proyecto, me gustaría dar las gracias, en primer lugar, a mis compañeros del grupo ETHOXID por su implicación diaria en la elaboración del trabajo, así como la perfecta comunicación que hemos tenido a lo largo de las semanas, asistiendo al 100% de las reuniones programadas ya sean con el tutor o sin él.

En segundo lugar, quiero agradecer a mis padres el apoyo incondicional recibido durante mi etapa universitaria, ayudándome a seguir hacia adelante y a superar las diferentes dificultades que han ido surgiendo a lo largo de los años.

En tercer lugar, pero no menos importante, me gustaría agradecer a Pol, Ender, Santi, Mónica y Mireia, todos los momentos que hemos pasado juntos casi desde el inicio de la carrera, ayudándonos mutuamente en todo y compartiendo vivencias que nunca olvidaremos. Así mismo, no me gustaría olvidarme de Marc, Adrià i Albert Kenji que siguieron otro camino, pero que también estuvieron desde el primer momento.

Por último, agradecer a la mayoría de los profesores que hemos tenido a lo largo de la carrera por la fácil comunicación y la predisposición a ayudarnos a resolver cualquier duda.

---

### **Ferriol Viñas Francisco:**

Donar gràcies en primer lloc als meus companys del grup ETHOXID, per la implicació i dedicació en el treball. No ha sigut fàcil, però amb ganes de treballar i col·laboració ens n'hem sortit prou bé des del meu punt de vista.

En segon lloc, donar gràcies a les companyes i companys de classe que m'han acompanyat durant la meva etapa universitària al dia a dia, i han fet les classes més amenes quan no ho eren.

Seguidament donar gràcies a la meva família, pel suport rebut durant aquests anys que he estat estudiant a la universitat, que m'ha ajudat a superar els problemes que se m'han presentat.

Finalment, agrair als professors que han ajudat a l'alumnat i han estat predisposats a col·laborar al llarg de la carrera.

---

**Joan Ramón Pájaro Crespo:**

Quiero empezar dando las gracias a todos los otros componentes del grupo implicado en la realización de este trabajo, por su gran dedicación y motivación, y por crear un ambiente de trabajo acogedor y óptimo. Muchas gracias, y espero que os toméis vuestro merecido descanso.

También quiero agradecer a mis compañeros Feliu Martí i Claudia Prieto, que, aun no participar activamente en la realización de este trabajo, son quizás uno de los principales motivos por los que he podido llegar hasta donde estoy actualmente.

Por último, y no menos importante, dar las gracias a Mireia Garreta, quien lleva acompañándome y ayudándome desde incluso antes de entrar en esta carrera. Sus palabras y actos de afecto me han motivado a seguir adelante incluso en los peores días, y se que lo seguirán haciendo durante mucho tiempo.

---

**Paula Lafuente Simó:**

En primer lloc agrair a tots els components del grup ETHOXID per la seva col·laboració i dedicació.

En segon lloc vull agrair-li a la Fernan, per ajudar-me i recolzar-me sempre que ha sigut necessari durant els últims quatre anys. A la Paula, per les paraules d'ànim i d'ajuda que mai està disposada a negar. I A l'Arnau, per explicar-me els seus coneixements.

En tercer lloc, a l'Alexandre per donar-me un cop de mà i ajudar-me a desconnectar quan ho he necessitat.

Per últim, agrair als meus pares per no posar-me traves i entendrem quan les coses han sigut complicades.

---

### **Veronica Fernanda Zaldivar Sánchez:**

En primer lugar, quiero dar gracias a mis padres Verónica Sánchez Aguilera y Roberto Zaldivar Ruiz. Es gracias a ustedes que logro conseguir las metas que me propongo, como lo era estudiar la carrera en otro país y este trabajo de fin de grado que hoy concluye.

Gracias, mamá, por ser mi mejor amiga, mi inspiración y mi ejemplo a seguir, gracias por siempre creer en mí, por estar ahí cada vez que me estreso, por alentarme cuando lo necesito y por siempre decirme “tú puedes”, por compartir tanto los obstáculos como los triunfos conmigo. Tengo tantas cosas que agradecerle que nunca terminaría, simplemente te agradezco todo. Gracias, papá, por ayudarme siempre que lo he necesitado, por las horas hablando por teléfono explicándome lo que no entendía a pesar de que en México era de madrugada, por todo lo que haces por nosotras. Espero algún día llegar a ser tan buena ingeniera como tú.

Mamá, papá, este trabajo es por ustedes.

Quiero agradecer también a mis hermanas Mercedes, Alicia y Violeta. Siempre están cuando las necesito y sin ustedes tampoco hubiera llegado hasta aquí. Ali, Meche, gracias por estar siempre a pesar de la distancia y por ser las mejores hermanas mayores que alguien podría pedir. Viole, gracias por ser mi compañera de toda la vida, pero especialmente durante estos meses, por ayudarme cuando me estresaba o simplemente cuando lo necesitaba, gran parte de este trabajo es gracias a ti. Gracias a las tres por ser mis mejores amigas junto con mamá. Agradezco también a mi sobrino Fernando, por traerme felicidad siempre y alentarme a ser mejor cada día para poder ser un ejemplo a seguir.

A mis pals, Víctor, Gerard, Braven, Tommy, Sergio y Diego, han sido unos grandes compañeros durante todo este tiempo y les agradezco todo el apoyo que me han dado, la carrera no hubiera sido tan agradable sin ustedes. Gracias también a César, que ha sido una de las personas que más me ha ayudado durante todo el grado y durante este proyecto, y quien se ha convertido en un gran amigo.

Finalmente, gracias al grupo de ETHOXID, hemos sido capaces de organizarnos desde el inicio y hasta el final del proyecto a pesar de las circunstancias, y hemos podido conseguir un buen resultado gracias a la dedicación de todos.

---

## Capítulos del trabajo

### CAPÍTULO 1: Especificaciones del proyecto

- 1.1. Definición del proyecto
- 1.2. Características y propiedades de los compuestos
- 1.3. Descripción del proceso de fabricación
- 1.4. Especificaciones y necesidades de servicios de planta
- 1.5. Planificación de los recursos humanos de la planta
- 1.6. Programación temporal del proyecto constructivo
- 1.7. Bibliografía

### CAPÍTULO 2: Equipos

- 2.1. Introducción
- 2.2. Nomenclatura y simbología
- 2.3. Listado de equipos
- 2.4. Hoja de especificaciones
- 2.5. Bibliografía

### CAPÍTULO 3: Control e Instrumentación

- 3.1. Nomenclatura y simbología
- 3.2. Listado de lazos de control e instrumentación y alarmas
- 3.3. Lazos de control
- 3.4. Arquitectura del sistema de control
- 3.5. Bibliografía

---

## CAPÍTULO 4: Tuberías, válvulas, bombas y accesorios

- 4.1. Tuberías
- 4.2. Bombas
- 4.3. Compresores y expansores
- 4.4. Válvulas y bridas
- 4.5. Accesorios
- 4.6. Bibliografía

## CAPÍTULO 5: Seguridad e higiene

- 5.1. Introducción
- 5.2. Riesgos y accidentes en la industria química
- 5.3. Sustancias químicas
- 5.4. Almacenamiento de productos químicos
- 5.5. Distancia de seguridad entre instalaciones
- 5.6. Zonas de carga, descarga y transporte de materias
- 5.7. Señalización en planta
- 5.8. Protección contra incendios
- 5.9. Protección contra ATEX
- 5.10. Higiene
- 5.11. Primeros auxilios
- 5.12. Equipos de protección individual
- 5.13. Plan de emergencia interno
- 5.14. Análisis de riesgos
- 5.15. Bibliografía

---

## CAPÍTULO 6: Medio ambiente

- 6.1. Introducción
- 6.2. Instrumentos obligatorios y/o de la administración
- 6.3. Sistema de gestión ambiental (SGA)
- 6.4. Fuentes de emisión de residuos de producción de Óxido de etileno
- 6.5. Contaminación acústica
- 6.6. Contaminación lumínica
- 6.7. Agentes externos
- 6.8. Evaluación del Impacto Ambiental y Matriz de Leopold
- 6.9. Bibliografía

## CAPÍTULO 7: Evaluación económica

- 7.1. Introducción
- 7.2. Estudio de mercado
- 7.3. Valoración económica de la planta (Inversión inicial)
- 7.4. Costes
- 7.5. Ingresos por ventas
- 7.6. Rentabilidad del proyecto
- 7.7. Bibliografía

## CAPÍTULO 8: Puesta en marcha

- 8.1. Introducción
- 8.2. Acciones previas
- 8.3. Puesta en marcha des de cero
- 8.4. Puesta en marcha des de una parada planificada
- 8.5. Puesta en marcha des de una parada de emergencia
- 8.6. Bibliografía

---

## CAPÍTULO 9: Operación en planta

- 9.1. Introducción
- 9.2. Personal de planta
- 9.3. Operación por áreas

## CAPÍTULO 10: Diagramas y planos

- 10.1. Plano 1. Simbología
- 10.2. Plano 2-3. Diagrama de proceso
- 10.3. Plano 4-14. P&ID
- 10.4. Plano 15. Distribución por áreas
- 10.5. Plano 16. Diagrama de implementación
- 10.6. Plano 17. Diagrama de elementos de seguridad
- 10.7. Plano 18. Diagrama de plan de evacuación

## CAPÍTULO 11: Manual de cálculos

- 11.1. Diseño del reactor
- 11.2. Diseño de las columnas de destilación
- 11.3. Diseño de las columnas de absorción
- 11.4. Diseño de los tanques de separación de gas-líquido
- 11.5. Diseño de intercambiadores de calor
- 11.6. Diseño del almacenamiento de Óxido de etileno
- 11.7. Diseño del tanque pulmón de etileno
- 11.8. Diseño del tanque pulmón del oxígeno
- 11.9. Diseño del tanque de almacenamiento de monoetanolamina
- 11.10. Servicios de planta
- 11.11. Diseño de tuberías
- 11.12. Diseño de compresores y expansores
- 11.13. Diseño de bombas
- 11.14. Bibliografía

---

## CAPÍTULO 12: Ampliaciones y mejoras

- 12.1 Introducción
- 12.2 Mejoras, Alternativas
- 12.3 Ampliaciones