

UNIVERSIDAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**ENERGY-EFFICIENT ENHANCEMENTS ON THE ETHYLENE
PROCESS BY OXIDATIVE DEHYDROGENATION OF ETHANE
IMPROVE ECONOMIC VIABILITY AND HELP REDUCE CARBON
INTENSITY**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Químico
(Tesis en formato de artículo)

AUTOR

Luis Alberto De La Flor Barriga (ORCID: 0000-0003-1091-7835)

ASESOR

Francisco Tarazona Vásquez, Ph.D. Ing. (ORCID: 0000-0003-1852-9335)

CO-ASESORA

Úrsula Fabiola Rodríguez Zúñiga, Ph.D. Ing. (ORCID: 0000-0001-5426-9871)

Lima – Perú

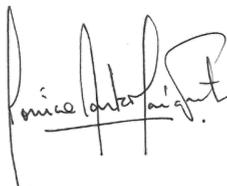
2024

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Mónica Cecilia Santa María Fuster identificada con DNI No 18226712 en mi condición de autoridad responsable de validar la autenticidad de los trabajos de investigación y tesis de la UNIVERSIDAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA, DECLARO BAJO JURAMENTO:

Que el Sr. Luis Alberto de la Flor Barriga es co-autor del artículo de investigación con título “Energy-Efficient Enhancements on the Ethylene Process by Oxidative Dehydrogenation of Ethane Improve Economic Viability and Help Reduce Carbon Intensity”, publicado en la revista Industrial & Engineering Chemistry Research Vol. 63, No. 12, la cual presenta para obtener el grado de Ingeniero Químico. Así mismo declaro que el trabajo indicado ha sido sometido a los mecanismos de control y sanciones anti plagio previstos en la normativa interna de la universidad, encontrándose un porcentaje de similitud de 0%.

En fe de lo cual firmo la presente.



Dra. Mónica Santa María Fuster
Directora de Investigación

En Barranco, el 13 de mayo de 2024

Dedicatoria:

A mi familia, por el inmenso apoyo y la oportunidad de seguir
esta carrera profesional.

A mi país, el Perú, cuyos vastos recursos naturales sirvieron de
inspiración para este trabajo.

Agradecimientos:

A mi alma mater, que me brindó las herramientas y motivación.

A mis mentores Francisco Tarazona y Úrsula Rodríguez, cuyo apoyo y guía hicieron este trabajo posible.

RESUMEN

El etileno es una materia prima fundamental para la industria petroquímica. A nivel mundial, la mayor parte de la producción de etileno se lleva a cabo mediante el craqueo de vapor del petróleo a altas temperaturas (500-1100 °C). Se trata de una tecnología establecida con un alto impacto ambiental, un rendimiento relativamente bajo y una gran variedad de subproductos. En los últimos años, la deshidrogenación oxidativa (ODH) del etano se ha investigado como una alternativa para lograr una ruta más sostenible a través de temperaturas de reacción más bajas (<500 °C) y, por tanto, un menor consumo de energía. Este estudio consiste en una evaluación integral del diseño de una planta ODH para la producción de etileno a una capacidad de 500 kt/año. Se aplicaron dos mejoras clave en el proceso mediante la simulación de procesos: integración de calor con un sistema de refrigeración y recuperación de energía mediante un ciclo Rankine. Además, se realizó un análisis de sensibilidad económica para evaluar el comportamiento del VAN variando el costo de la materia prima, el precio de venta del producto, CAPEX, OPEX y la utilización de la capacidad para una variedad de tamaños de plantas de 250 a 1000 kt/año. Como resultado, el diseño mostró su robustez ante la variación del precio del etano, hasta un 134% de aumento. Sin embargo, fue sensible a la variación del precio del etileno, a una disminución de hasta un 23%. También mostró hasta un 8% de ahorro en OPEX con respecto al diseño base. El VAN se incrementó en un 33% al aplicar las mejoras. En el aspecto medioambiental, se logró una reducción del 42% en la intensidad de carbono en comparación con el craqueo de vapor, y el *E-factor* fue de 0,7 kg de residuo por kg de producto.

PALABRAS CLAVES:

Etileno; deshidrogenación oxidativa; diseño de proceso; análisis de sensibilidad; ahorro energético

ABSTRACT

Energy-Efficient Enhancements on the Ethylene Process by Oxidative Dehydrogenation of Ethane Improve Economic Viability and Help Reduce Carbon Intensity

Ethylene is a fundamental feedstock for the petrochemical industry. Globally, most production of ethylene is carried out by steam cracking of oil and gas at high temperatures (500–1100 °C). This is a well-established technology with a high environmental impact, relatively low yield, and a wide range of byproducts. In recent years, oxidative dehydrogenation (ODH) of ethane has been investigated as an alternative to achieve a more sustainable route through lower reaction temperatures (<500 °C) and hence lower energy consumption. This study consists of a comprehensive evaluation of an ODH plant design for ethylene production at a capacity of 500 kt/year. Two key process enhancements were applied using process simulation: heat integration with a refrigeration system and energy recovery through a Rankine cycle. Furthermore, an economic sensitivity analysis was performed to assess the impact on NPV by varying the feedstock cost, product selling price, CAPEX, OPEX, and capacity utilization for a range of plant sizes from 250 to 1000 kt/year. As a result, the design showed its robustness to ethane price variation, up to 134% increase. However, it was sensitive to ethylene price variation, up to 23% decrease. It also showed up to 8% OPEX savings with respect to the base design. The NPV was increased by 33% when applying the enhancements. In the environmental aspect, a 42% reduction in carbon intensity was achieved when compared to steam cracking, and the E-factor was 0.7 kg of waste per kg of product.

KEYWORDS:

Ethylene; oxidative dehydrogenation; process design; sensitivity analysis; energy saving