Escuela Superior Politécnica del Litoral

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

La ESPOL promueve los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Roberth Teran
rateran@espol.edu.ec

Isaías Andrade
igandrad@espol.edu.ec

Evaluación de un sistema de evaporación para concentrar levadura inactiva, reemplazando el proceso de centrifugación

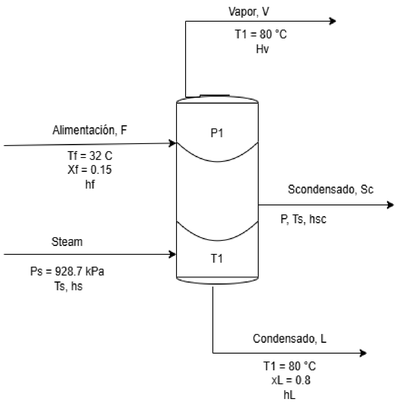
PROBLEMA

Desde 2022, una empresa destiladora de alcoholes enfrenta pérdidas significativas de etanol durante la centrifugación para la separación de levadura. Una fracción considerable de alcohol se pierde en la corriente líquida, impactando la eficiencia y rentabilidad. La limitación técnica radica en que la centrífuga, diseñada para separación sólido-líquido, no es adecuada para recuperar compuestos volátiles como el etanol.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de evaporación térmica de simple efecto que permita la recuperación de etanol y concentración de levadura, reduciendo en un 5% las pérdidas de alcohol, asegurando el consumo energético y la rentabilidad a largo plazo.

Figura 2.1
DIAGRAMA BÁSICO DEL EVAPORADOR CON LOS DATOS DE DISEÑO



PROPUESTA

Se propone el diseño de un evaporador de película descendente (falling film) de simple efecto. Lo que incluyó:

- Definición del proceso de concentración de levadura inactiva y recuperación de etanol.
- Desarrollo de balances de materia y energía para el sistema propuesto.
- Diseño térmico, hidráulico y mecánico del evaporador de película descendente mediante Aspen EDR.
- Modelado y simulación del proceso en Aspen Plus.
- Evaluación del desempeño técnico y económico del sistema frente al proceso de centrifugación.

FIGURA 1.3 *DIAGRAMA DE UN EVAPORADOR DE PELÍCULA DESCENDENTE*

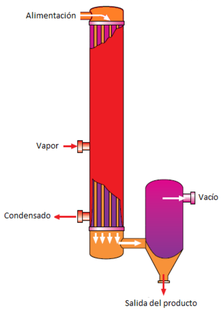


FIGURA 2.4 *Representación del evaporador modelado en Aspen Plus*

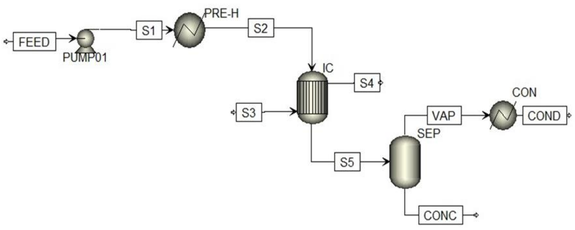


Tabla 2.1 Datos recopilados de la empresa cliente

Descripción	Cantidad	Unidades
Flujo de entrada de alimentación	5000	kg/h
Temperatura de entrada de alimentación	32	°C
Concentración de levadura inicial	15	$°Brix$
Concentración de levadura final	80	$°Brix$
Temperatura de evaporación	80	°C
Presión de entrada de vapor saturado	120	psi
Temperatura de salida del concentrado	80	°C

RESULTADOS

Esquema de Evaporador en Aspen EDR

Datos clave de la simulación

Parámetro	Valor / Especificación
Tipo de Equipo	TEMA AEL (Carcasa y tubos)
Área de Transferencia	53.9 m^2
Material de Construcción	Acero Inoxidable AISI 316L
Número de tubos	88 tubos
Longitud de los tubos	3.9624 m
Diámetro interno de carcasa	685.8 mm
Coeficiente Global (U)	957.6 W/m^2°C (Simulado)

Evaporación vs centrifugación

Indicador de Desempeño	Proceso de Centrifugación (Actual)	Sistema de Evaporación (Propuesto)	Impacto de la Mejora
Pérdida de alcohol en concentrado	7000 kg/mes	2327.26 kg/mes	66.76% de recuperación
Mecanismo de recuperación	Ninguno (Arrastre físico)	Evaporación y Condensación	Recuperación de volátiles
Capacidad de Diseño	Nominal	5000 kg/h	Alta robustez operativa

Costos

Concepto	Valor (USD)
Capital Inicial (CAPEX)	$ 2,033,170
Gasto Operativo Anual (OPEX)	$ 4,894,750
Valor Actual Neto (VAN)	$735,000
Tasa Interna de Retorno (TIR)	30.1%
Periodo de Payback	2.77 años

CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema de evaporación térmica de simple efecto con evaporador de película descendente, capaz de concentrar la levadura desde 15 hasta 80 % en masa, operando a ≈ 80 °C bajo vacío, verificándose que la elevación del punto de ebullición es despreciable (≈ 0.3 °C), lo cual valida los supuestos de diseño y asegura un adecuado desempeño térmico.

- Se propuso a la empresa adquirir un evaporador con un área de transferencia de 53.9 m², junto con un intercambiador, el cual tendrá un costo capital total de $ 534,500$.

- Se determinó que el sistema de evaporación permite reducir las pérdidas de alcohol de 7000 kg/mes (proceso actual) a 2327.26 kg/mes, logrando una recuperación del 66.76% del etanol residual que antes se descartaba en la matriz de levadura o en el sistema de centrifugación.

- La implementación del sistema de evaporación térmica permitió reducir las pérdidas de etanol, confirmando la viabilidad del proyecto, con un VAN positivo de $735,000, una TIR de 30.1 %, y un periodo de recuperación de 2.77 años, consolidando al evaporador como una alternativa rentable y competitiva a largo plazo.

INGE-3000
Código Proyecto

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE

12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES