

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1984

DISEÑO Y DESARROLLO DE EVAPORADOR DE SOLUCIONES ACTIVAS

Daniel E. Leiva

C.N.E.A.

1. INTRODUCCION

Objetivo:

Con el objeto de un mayor conocimiento de la etapa de concentración de soluciones activas se llevó a cabo en el Departamento de Ingeniería de Plantas Químicas el desarrollo de un equipo-evaporador.

Pautas tenidas en cuenta para el diseño-desarrollo: El desarrollo se basó en las siguientes pautas:

- diseñar un sistema de evaporación en escala planta piloto, que permita observar el fenómeno y poder evaluar cuali y cuantitativamente las variables del proceso.

- orientar el desarrollo a lograr un equipo de alto rendimiento de separación.

En base a estas dos pautas, se optó por un equipo de cuerpo central de vidrio, calefaccionado por camisa de vapor. Se desechó la posibilidad de utilizar sistemas de mayor rendimiento térmico (tubos, circulación natural o forzada, múltiples efectos) en búsqueda de un equipo que ofrezca buen rendimiento de separación y sencillez de construcción y operativa.

Etapas del diseño-desarrollo:

- diseño preliminar: esta etapa abarcó: Búsqueda de datos bibliográficos, generales y específicos de soluciones activas. Mediante balances de masa y energía, se confeccionó una memoria de cálculo en donde se fijaron: Relaciones geométricas del equipo; área de transferencia de calor necesaria y volumen retenido.

- condiciones operativas preliminares: según requerimientos de proceso se fijaron: composiciones, caudales y temperaturas, y se dieron pautas para la forma de operación.

- desarrollo experimental: en base a los datos obtenidos de la realización de experiencias se adoptaron valores de: presión de operación, presión de vapor calefactor y se adoptó la forma de operación definitiva. Se fijaron pautas para: agregado de reactivos, sistemas de dosificación e instrumentación.

Se cuantificaron problemas operativos: formación de esumas y arrastre

de partículas l  uidas.

2. DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS EXPERIMENTALES

Fueron ensayados dos prototipos (ver figura N  1)

Prototipo I: surgió de la etapa de diseño preliminar, está constituido por tres partes. Zona de la camisa: construido en acero inoxidable 304-L, apto para soportar el carácter corrosivo de la solución a concentrar; relación geométrica de la zona cubierta por la camisa $L/D=2$. Cuerpo central: (o cámara de separación de vapor); construido en vidrio tipo Pirex, de 4 plg. de diámetro interno. Lecho de anillos raschig: material: vidrio; este lecho es el responsable de la separación de gotas.

Prototipo II: Éste surgió como consecuencia de las conclusiones extraídas de las experiencias realizadas sobre el prototipo I.

Las modificaciones afectaron sólo al cuerpo central: disminución de altura; y ubicación de la conexión para la alimentación del equipo en la parte media de ésta cámara.

3. FORMAS DE OPERACION ENSAYADAS

Discontinua (batch): esta forma de operación se llevó a cabo en el prototipo I. Inicialmente se realizaba la carga total del volumen a evaporar, una v  z alcanzado el factor de concentración deseado, se descargaba en fro   el volumen retenido final. La altura del l  uido retenido disminuía a medida que progresaba la evaporación. Con esta forma de evaporación del factor de concentración máximo a alcanzar en el evaporador quedaba fijado de antemano (ya que el nivel no podía disminuir más allá de un determinado valor)

Semicontinua: esta forma de operación se llevó a cabo en el prototipo II, tuvo las siguientes características: alimentación continua, controlada automáticamente, según el caudal de evaporación. Una v  z alcanzado el factor de concentración deseado, se realizaba el enfriamiento y la descarga en forma discontinua.

En la figura N  2 se puede analizar un balance de masa de esta última forma de operación.

4. DEFINICION DE PARAMETROS QUE CARACTERIZAN A UN EVAPORADOR:

- Factor de concentración (F_c): se define en base a los sólidos no volátiles presentes en la alimentación y significa el número de veces que

se concentra la solución. Los valores que alcanza habitualmente están fijados por la cercanía al punto de precipitación o cristalización de algún componente de la solución.

$$F_c = \text{conc. de U en concentrado final / conc. de U en alimentación}$$

- Factor de decontaminación (F'_D): Representa la eficiencia de separación del evaporador. Según datos bibliográficos tiene un amplio rango de variación: 10^{-3} a 10^{-8} ; depende de la velocidad superficial de evaporación, y del sistema de desarrastre utilizado. Existen dos maneras de definirlo:

$$F'_{D_I} = \text{actividad en vapores de cabeza / actividad en concentrado.}$$

$$F'_{D_{II}} = \text{actividad en vapores de cabeza / actividad en alimentación.}$$

- Factor de desarrastre mecánico de gotas (F_D): Se define en forma análoga al factor de decontaminación, para los casos en que se desprecia la presencia de contaminantes vaporizables (por ejemplo: Rutenio, Tritio, etc.)

5. PROBLEMAS OPERACIONALES OBSERVADOS:

De los problemas operacionales observados, se analizaron con mayor interés:

- arrastre mecánico de gotas:

Las burbujas generadas en el seno del líquido, alcanzan la superficie y estallan formando un espectro de tamaños de gotas, éstas son arrastradas por el vapor, las gotas de menor tamaño, son las que presentan mayor dificultad para separarse, ya que por su menor peso necesitan mayor tiempo para precipitar, por lo tanto el vapor las arrastra hasta una altura mayor.

Se pudieron observar las variables de mayor incidencia: presión del vapor calefactor, altura libre de la cámara de vapor, formación de espumas. Dadas las características del equipo, se observó en todo momento una bajísima inercia térmica ya que el equipo respondía rápidamente a pequeños cambios en la presión del vapor calefactor. Esto se debe a la elevada relación área de transferencia/volumen retenido con que se contó.

En la figura N°3 se muestra la influencia de las dos primeras variables. Aquí se graficaron los datos extraídos en 4 experiencias realizadas en el prototipo I (operación batch); se observa que para una operación a pre-

sión de vapor calefactor constante, la pendiente tiende a disminuir, y es muy probable que tienda asintóticamente a un determinado valor, esto indica que a mayor altura libre de la cámara de vapor se obtiene mayor eficiencia de separación, esto es estrictamente cierto hasta un determinado valor después del cual cualquier incremento en la altura libre no tendría utilidad apreciable.

En la figura N°4 se comparan dos experiencias realizadas con igual presión de vapor calefactor (1.5 Kg/cm^2) una de ellas con el prototipo N°I. (en op. batch) y la otra en el prototipo II (en operación semibatch).

Para la construcción de este gráfico se seleccionaron las 2 experiencias que ofrecían mayor confiabilidad, en cuanto a la operación y análisis de muestras. Aquí se puede analizar el comportamiento de ambos equipos mediante los factores de concentración (F_c) y decontaminación (F_D). En la curva correspondiente al prototipo I, los puntos experimentales fueron tomados para factores de concentración bajos, la línea de puntos marca una predicción para factores de concentración mayores. En esta misma curva se observa que a medida que progresa la evaporación, para pequeñas diferencias en el nivel se van logrando factores de concentración mas elevados. En la curva que muestra el comportamiento del prototipo II (Operación semibatch) se ve un excesivo arrastre inicial, esto se debió a la formación de espumas que presentó el equipo durante la primera parte de la experiencia. El resto de los puntos indican un factor de desarrastre constante.

- formación de espumas: con respecto a este problema no se le ha encontrado una relación cuantitativa con otra variable del proceso. Se pudo sin embargo, generalizar que se presentaba en la faz inicial de cada operación (batch o semibatch). Por lo cual se aconseja operar inicialmente a presiones de vapor relativamente bajas.

6. INSTALACIONES E INSTRUMENTACION:

En la figura N°5 se muestra un esquema de la disposición de los equipos. La alimentación se hacía por medio de elevación tipo air-lift desde el tanque T-1 al evaporador E-1, el equipo S-1 era un separador (responsable de la separación de aire que traía la corriente de alimentación). C-1 representa el condensador de los vapores generados en la concentración. En el tanque T-2 se recolectaba el condensado.

Se muestra también las líneas de servicios: vapor y aire de circulación

La instrumentación utilizada proveía indicación de las siguientes variables: nivel en el tanque de alimentación T-1, nivel en el evaporador E-1, nivel en el tanque de condensado T-2, densidad del líquido en ebullición en E-1, temperatura de líquido en ebullición, del agua de refrigeración a la salida del C-1, presión del vapor y flujo de agua de refrigeración. La operación era controlada, manteniendo nivel constante en el evaporador. Esto se lograba mediante un lazo cerrado de control automático que actuaba sobre el air-lift que alimentaba solución desde el tanque (T-1), y que actuaba en forma SI-NO sobre la válvula de inyección de air-lift (V-1). Este lazo estaba formado por un transmisor (LT) tipo dp/cell, un convertidor de señales tipo conmutador (LX) y una válvula solenoide de accionamiento SI-NO.

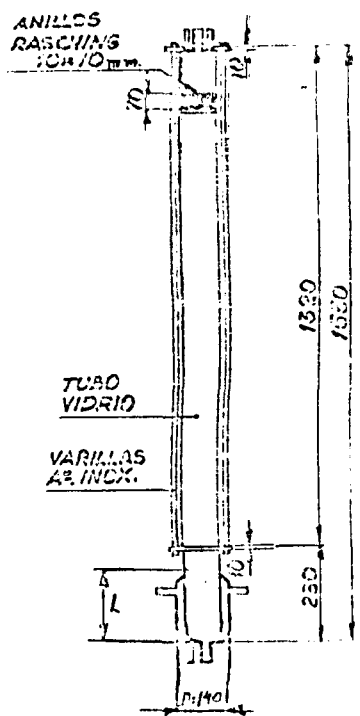
7. CONCLUSIONES

Se considera que este trabajo experimental ha sido de utilidad al grupo de ingeniería del Departamento de Ingeniería de Plantas Químicas a fin de fijar el diseño y las condiciones operativas finales del evaporador. Por otro lado dió origen a nuevas líneas de desarrollo en el tema.

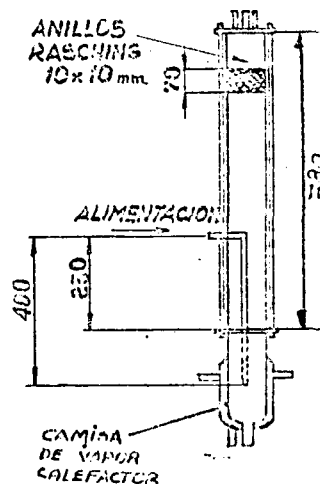
Se agradece el valioso asesoramiento del Dr. Jaime Maymó, así como la colaboración de mis compañeros de trabajo de la sección Ingeniería de Procesos.

EQUIPOS UTILIZADOS EN LAS EXPERIENCIAS

FIGURA N° 1



PROTOTIPO N°:1



PROTOTIPO N°:2

BALANCE DE MASA OPERACIÓN: SEMI BATCH PROTOTIPO II

FIGURA N° 2

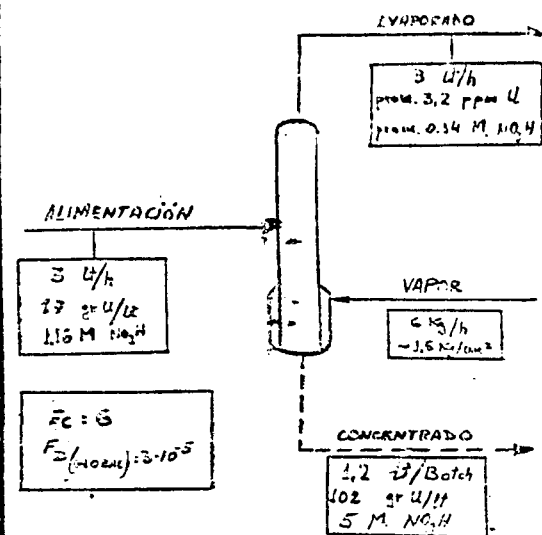


FIGURA N° 3

