

### 3.1 Introducción

En este capítulo trataremos de la selección del proceso productivo más adecuado para la producción del ácido tricloroisocianúrico. Las patentes consultadas para la elección del proceso utilizan las mismas materias primas y solo varían en la metodología de producción, presiones y temperaturas de trabajo y tiempos de reacción. Por ello nuestra selección no se focalizará en los procesos que utilicen las materias primas más accesibles en nuestro mercado o las que sean más económicas; sino que preponderará el proceso que sea más seguro, eficiente y de menor costo de inversión, además de evaluar también la conveniencia de elegir entre procesos continuos o discontinuos.

### 3.2 Descripción general del proceso de obtención de ácido tricloroisocianúrico

El ácido tricloroisocianúrico se produce por medio de la reacción entre el isocianurato de sodio con cloro en estado gaseoso a presión levemente inferior a la atmosférica y temperatura controlada en dos etapas. En la primera etapa se clora la solución hasta un pH cercano al 9 y en una segunda etapa se clora la solución hasta un pH entre 3,5 – 4. El proceso comienza con la dilución de una solución de soda cáustica desde el 50% al 11%, esta solución se utiliza luego para la obtención del isocianurato de sodio. Este isocianurato de sodio se obtiene al hacer reaccionar el ácido isocianúrico con soda cáustica para obtener el isocianurato de sodio, el cual luego se clora en las dos etapas antes descritas.

El ácido tricloroisocianúrico obtenido después de la cloración es separado de las aguas madres por medio de tres filtros secadores tipo “GEDU” que trabajan en Batch y en paralelo. Los cristales secos, pasan luego al sector de envasado donde se llenan cuñetes de 50 kg.

Las reacciones involucradas en el proceso productivo son las siguientes:

Etapas 1 (formación del isocianurato de sodio):



Etapas 2 (formación del ácido tricloroisocianúrico):



El rendimiento de la reacción de cloración es del 95% y se forman como impurezas cloruro de sodio y ácido clorhídrico que son tratados como efluentes

en aguas madres en un proceso posterior. El control de pH y temperatura es fundamental para alcanzar el rendimiento adecuado de la reacción de cloración. En la reacción de la primera etapa queda hidróxido de sodio en exceso disuelto ya que la formación y estabilidad del isocianurato de sodio requiere un leve exceso del álcali.

### 3.3 Selección del proceso óptimo

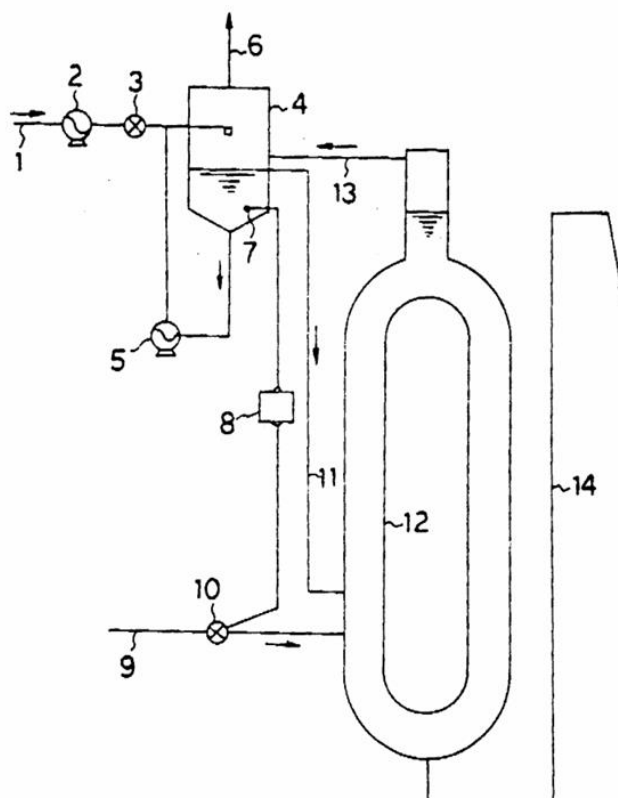
Para la concreción de este proyecto se evaluaron 3 procesos productivos desde sus patentes. Se evaluaron patentes japonesa, española y americana.

#### Patente Japonesa (Nro. 24902/1965)

En la patente japonesa se emplean dos reactores en serie, pero con un tiempo de reacción muy alto y una temperatura de trabajo muy baja lo que obliga a tener una mayor inversión inicial en equipos, tanto en reactores como en equipos de frío para la etapa de la reacción de cloración. El proceso básicamente parte de una mezcla de ácido Isocianúrico con soda caustica y una cloración posterior que se controla por la medición del Potencial de Oxido Reducción (ORP) del producto de salida del segundo reactor. Este método de medición es muy problemático cuando se mide una suspensión de un sólido en un líquido.

Además, en esta patente se menciona que el producto de salida del primer reactor debe tener un pH no menor que 12, lo que a nuestro criterio es muy elevado porque para alcanzar ese valor de pH, el cloro gaseoso que se debe agregar al reactor es muy poco en porcentaje del consumo total.

Otro punto en contra de esta patente es la alta tasa de formación de tricloruro de nitrógeno ( $\text{NCl}_3$ ) explosivo debido a que el cloro no reacciona en forma rápida con el isocianurato de sodio ya que el reactor no es con agitación. La etapa de cloración debe ser rápida y con exceso de cloro gas en el reactor para evitar la formación del compuesto no deseado y además se debe refrigerar bien la zona de reacción, cuestión que no sucede con el diseño propuesto por esta patente. Esto favorece la formación de este compuesto indeseable. El diseño presentado en la patente para los reactores es el siguiente:



### Patente Americana (Nro. US3898222)

En la patente americana se describe un proceso de producción de TCCA a partir de la reacción del ácido isocianúrico con la base para formar el isocianurato de sodio y luego esa solución acuosa se pasa a un reactor donde se la hace reaccionar con el cloro. A diferencia de la patente anterior, el proceso es **Batch** y se agrega un solvente orgánico que disuelve al TCCA formado, pero es inmiscible en agua. De esta manera se separan dos fases líquidas que luego se tratan por separado.

En la fase acuosa, se separa el cloruro y el hipoclorito potencialmente formado (con las trazas de isocianurato de sodio no reaccionado) y en la fase orgánica se separa el TCCA, el cloro disuelto y el solvente (usualmente cloruro de metileno).

Cabe destacar que el proceso es mas complejo y medioambientalmente mas riesgoso, no solo por el manejo de solventes orgánicos clorados, sino por un aspecto de seguridad de la instalación.

### 3.4 Matriz de Ponderación

Se utilizó un criterio de matriz ponderada que tiene en cuenta distintos aspectos relevantes para la elección del proceso más adecuado. Los aspectos que se evaluaron fueron:

- Consumo de materias primas
- Rendimiento del proceso
- Exceso de cloro en la cloración
- Modalidad de operación (batch o continua)
- Calidad del producto
- Condiciones de presión
- Condiciones de temperatura
- Complejidad del equipamiento
- Corrosividad del proceso
- Grado de automatización necesario
- Tratamiento del efluente
- Inversión inicial
- Obra civil y predio
- Costo de mano de obra y formación de la misma
- Costo de mantenimiento de la instalación
- Impacto medioambiental
- Consumo de energía
- Tiempo de reacción
- Formación de  $\text{NCl}_3$  (aspecto seguridad)

El puntaje adoptado para la ponderación de la matriz fue de 1 a 5 y el criterio asignado a cada uno fue el siguiente:

1. Muy Malo
2. Malo
3. Regular
4. Bueno
5. Muy Bueno

Como aspectos a destacar, la tecnología del proceso productivo escogido es el de mejor performance en la baja formación de tricloruro de nitrógeno, es el proceso que menor impacto ambiental provoca, genera la menor cantidad de efluentes y es el proceso que menos materias primas consume gracias a su elevada eficiencia en las reacciones y los controles de temperaturas de disoluciones y reacciones.

En la tabla siguiente se resumen todos los aspectos antes mencionados con sus respectivos índices:

ITEM		PONDERACION	PROCESO JAPONES	PROCESO NORTEAMERICANO	PROCESO ESPAÑOL	CRITERIO DE PUNTAJE
1	Consumos de materias Primas	10	4	2	3	1 – 5
2	Rendimiento del Proceso	2,5	3	1	4	1 = Muy Malo
3	Exceso de cloro en la cloración	2	1	1	2	5 = Muy Bueno
4	Modalidad de operación (Batch o continua)	2,5	5	5	5	
5	Calidad del producto	3	1	1	5	
6	Condiciones de presión	2	3	2	3	
7	Condiciones de temperatura	3	3	3	2	
8	Complejidad del equipamiento	2	3	4	4	
9	Corrosividad del proceso	3	2	2	2	
10	Grado de automatización necesario	3	4	2	2	
11	Tratamiento de efluentes	10	1	2	4	
12	Inversión inicial	2	3	3	3	
13	Obra civil y predio	2	2	2	3	
14	Costo de MO y formación de la misma	4	2	2	2	
15	Costros de mantenimiento de la instalación	4	2	3	2	
16	Impacto medioambiental	15	1	2	5	
17	Consumo de energía	5	3	3	3	
18	Tiempo de reacción	5	1	4	3	
19	Formación de $\text{NCl}_3$ (aspecto de seguridad)	20	1	3	5	
Sumatoria		100	195	248	<b>376,5</b>	

### 3.5 Conclusión

Como se puede apreciar en los resultados de la tabla de ponderación, el proceso seleccionado es el de patente española ES-2153772-B1, un proceso continuo de diseño compacto comparado con las otras alternativas. Básicamente el proceso adoptado por nosotros contiene algunas leves modificaciones de la mencionada patente. Por ejemplo, se emplea una cloración en dos etapas y se utilizan algunos elementos de control adicionales para asegurar la exactitud de las mediciones de los parámetros operativos. Estas modificaciones están basadas en pruebas de planta piloto llevadas a cabo en la empresa Transclor S. A. donde se ensayó la producción de este producto a escala de planta piloto.

Además de todo lo antes mencionado, este proceso elegido es el de menor costo de inversión inicial debido a que la instalación productiva es más sencilla, la instrumentación necesaria es accesible en el mercado local y el área productiva a utilizar no es en demasía de gran tamaño; cuestión por demás relevante ya que los materiales constitutivos de la planta son de elevado valor por las condiciones de corrosividad y agresión a los que están sometidos.