

CAPITULO 0

# RESUMEN EJECUTIVO

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO  
CLORHÍDRICO Y CLORURO FÉRRICO

2014

**Cecilia Barrios  
Noelia Boni  
Lorena García  
Cecilia Loriente  
Alejandro Motta**

El objetivo del proyecto es la producción de ácido clorhídrico y cloruro férrico utilizando como materias primas cloruro de sodio y chatarra de hierro respectivamente. Una solución saturada de cloruro de sodio es purificada para alimentar un sistema de celdas electrolíticas con tecnología de membrana de intercambio catiónico selectiva y producir gas cloro, hidrógeno gaseoso y soda cáustica como producto secundario. El cloro y el hidrogeno se combinan en una torre de combustión para generar la solución de ácido clorhídrico con una concentración de 32 %. Para la generación de cloruro férrico se utiliza una torre de absorción para poner en contacto una solución de cloruro ferroso con el gas cloro previamente producido.

Las celdas electrolíticas con tecnología de membrana son la primera opción para nuevas industrias cloro-soda a nivel mundial debido en primer lugar a su bajo impacto ambiental con respecto a la antigua tecnología con celdas de mercurio. En segundo lugar el consumo de energía eléctrica es menor que con cualquier otra tecnología y el consumo de vapor para un eventual aumento de la concentración de la soda cáustica es menor si lo comparamos con las celdas de diafragma. El principal inconveniente de las celdas de membrana es la necesidad de un procedimiento exhaustivo de purificación de la salmuera para evitar una drástica disminución de la vida útil de las membranas. El cloro y el hidrógeno producidos requieren una posterior purificación previa a su utilización.

El ácido clorhídrico es una disolución acuosa del gas cloruro de hidrógeno (HCl). Se trata de un ácido fuerte que se disocia completamente en agua. Cerca del 74% del consumo mundial de ácido clorhídrico es en la industria de cloración de compuestos orgánicos y el resto se utiliza para diferentes reacciones inorgánicas y para regulación de pH.

En Uruguay el principal productor de ácido clorhídrico es EFICE con una capacidad de 15.000 ton/año de cloro y soda. Utiliza tecnología de celdas de mercurio la cual es nociva para el medio ambiente y con fuertes restricciones ambientales en los países desarrollados. Abastece completamente el mercado local y también exporta a Argentina, Brasil, Chile y Paraguay. El principal cliente nacional es KEMIRA en Fray Bentos, Rio Negro. El precio del ácido clorhídrico en el mercado local es 0.423 USD/kg.

El cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) es un haluro metálico que se utiliza principalmente como agente coagulante y eliminación de fosfatos en tratamiento de aguas y efluentes, compitiendo con otros compuestos como el sulfato de aluminio, aluminato de sodio, hidroxicluro de aluminio y polímeros orgánicos. También se utiliza para la confección de circuitos impresos.

En Uruguay el principal productor es EFICE con una producción de entre 6 y 7 ton/mes generalmente por encargo. El principal consumidor es OSE y el precio es 0.4 USD/kg.

Como producto secundario se obtiene hidróxido de sodio (soda cáustica) con una concentración de 32%.

Los principales consumidores en Uruguay de soda cáustica son las grandes industrias papeleras, entre ellas UPM en Fray Bentos la cual adquiere actualmente el producto desde el



exterior a una concentración de 50% para luego diluirlo a 20% para su posterior utilización en el proceso. El total del hidróxido de sodio producido será vendido a UPM a una concentración de 32%.

El objetivo es abarcar un 30% del mercado local de ácido clorhídrico y cloruro férrico utilizando una tecnología eficiente energéticamente y amigable con el medio ambiente que junto con una localización estratégica cerca de los principales consumidores ofrecerá una ventaja frente a otros competidores.

Se producirán 6.819 ton/año de HCl 32% y 8.100 ton/año de NaOH al 32%. Parte de dichos productos se utiliza en la planta para control de pH, regenerar resinas y para la producción de cloruro férrico pero la mayor parte será comercializada. La producción será en forma continua y a la capacidad de diseño desde el primer momento.

El requerimiento de NaCl es 3.081 ton/año. El proveedor es Sociedad Punta de Lobos y el origen de la sal es de Chile. Tiene una pureza mayor al 99,1 % y se comercializa a 63 US\$/ton. Se comprará todo el NaCl necesario para un año de producción y vendrá por barcaza hasta el puerto de Nueva Palmira y de allí al lugar de acopio de la planta el cual será a granel en una superficie de concreto especialmente acondicionado. El lugar de acopio será techado.

En cuanto al  $\text{FeCl}_3$  se producirán 25.2 ton/año al 42% a modo de un batch de 2.1 toneladas por mes. Se consumirán 3.8 ton/año de chatarra la cual se adquiere de proveedores locales a un precio de 5.3 U\$/ton con una pureza de aproximadamente 95%.

El consumo total de energía eléctrica de la planta es de 820 kW de los cuales 680 kW corresponde a las celdas electrolíticas, 81 kW a motores de inducción, 59 kW a iluminación y los diferentes aparatos eléctricos del área de oficinas. La conexión a UTE será alterna de media tensión con un nivel de 15 kV.

Para lograr la producción establecida serán necesarias 18 celdas electrolíticas que estarán dispuestas en serie con una diferencia de potencia de 3.08 V cada una, lo que genera una diferencia de potencial de 55.44 V totales y una corriente de 12.25 kA. El proveedor de las mismas será De Nora a partir de un contrato de llave en mano. Las mismas deben ser alimentadas con corriente continua por lo tanto se requiere un sistema transformador-rectificador que acondicionará el voltaje de 15 kV alterna suministrado por UTE a los 55 V de corriente continua requeridos. El rectificador será marca ABB y funciona a base de tiristores.

Las condiciones de operación de la celda están establecidas por el proveedor, la salmuera de alimentación debe ser ultra pura por lo que el tratamiento previo a la entrada deberá ser tal que se reduzcan las impurezas al mínimo. A la Salmuera saturada se le realiza un tratamiento químico donde son precipitados con hidróxido de sodio y carbonato de sodio, los iones calcio y magnesio. Los precipitados se remueven mediante un decantador, del cual se obtiene una salmuera que pasa por filtros, y se envía a una resina de intercambio, específicas para salmuera, donde son retirados los iones trivalentes como  $\text{Fe}^{+3}$  y  $\text{Al}^{+3}$ .

El hidrógeno y el cloro gaseoso producidos en las celdas alimentan la unidad de síntesis generando cloruro de hidrógeno (HCl) gaseoso a alta temperatura. Se utiliza un exceso de hidrógeno para asegurar que no quede cloro sin reaccionar. La combustión del HCl, enfriamiento del gas, absorción en agua y enfriamiento de la solución se producen en la unidad de síntesis. Además del agua para absorber el gas, se recircula una solución débil de ácido clorhídrico proveniente del scrubber o torre de cola. Se absorbe el HCl produciendo ácido clorhídrico concentrado al 32%. Al ser una reacción es muy exotérmica se requiere de una zona de enfriamiento para que la solución concentrada salga del sistema a una temperatura inferior a 35 °C para ser enviada a los tanques de almacenamiento, se busca enfriar la solución por debajo de su punto de ebullición.

La unidad de síntesis está compuesta por un quemador descendente y un absorbedor integrado construidos de grafito en una carcasa de acero refrigerada con agua. Los gases que salen de la unidad de síntesis son lavados en un scrubber (torre de cola) originando la solución de HCl débil antes mencionada. El resto de los gases que no son absorbidos ( $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$ ) se liberan a la atmósfera conteniendo menos de 10 ppm de HCl. Se seleccionó la unidad de síntesis SINTACLOR® modelo USG fabricada por Carbone Lorraine con una capacidad máxima de 12 ton/d.

Para evitar fugas a la atmósfera todas las cañerías de transporte de  $Cl_2$  tendrán presión positiva. El tanque de almacenamiento de HCl tendrá un sistema de aspiración de gases que junto con los gases de salida de la torre de absorción presente en proceso de obtención del  $FeCl_3$  irán a un tanque conteniendo NaOH, donde se obtiene Hipoclorito de Sodio.

El cloruro férrico es elaborado a partir de la chatarra de hierro la cual es atacada en primera instancia utilizando ácido clorhídrico y agua generando cloruro férrico. El último reacciona con el hierro elemental de la chatarra formando cloruro ferroso. Éste es bombeado para pasar a través de la torre de absorción donde entra en contacto con gas cloro producido en las celdas, convirtiéndose nuevamente en cloruro férrico, el cual es vuelto a poner en contacto con la chatarra cerrando el circuito y aumentando la concentración de la solución hasta alcanzar la concentración deseada de 42%. La reacción es muy exotérmica por lo que se requiere un enfriador en la alimentación de la torre de absorción para evitar que entre en ebullición. El enfriador es un intercambiador de calor de tubos de titanio y carcasa de acero que utiliza agua proveniente de la torre de enfriamiento para enfriar la solución.

Los principales servicios industriales requeridos por la empresa son electricidad y agua. El consumo de agua se estima en 192 m<sup>3</sup>/día. Este consumo será cubierto mediante un sistema de abastecimiento que consta de la toma de agua subterránea y la realización del tratamiento correspondiente. El agua de pozo tratada se destinará a las actividades de producción y limpieza.

Del estudio de impacto ambiental se concluye que el proyecto puede clasificarse como de Categoría B de acuerdo al artículo 5° del Decreto 349/005, ya que si bien se identificaron algunos impactos negativos moderados, para todos ellos se determinaron medidas de

mitigación fácilmente aplicables capaces de reducirlos a niveles admisibles. Los efluentes de la planta pueden ser clasificados en 2 tipos; efluentes de proceso y domésticos. El único aporte de DBO es el de los efluentes domésticos. Luego del tratamiento primario de los mismos en una fosa séptica y su posterior dilución debido a las demás corrientes el DBO<sub>5</sub> total es de 4,2 mg/L por lo que no es necesario el tratamiento secundario del efluente.

Alcanzados los parámetros establecidos por la reglamentación vigente (Decreto N° 253/79) se realiza su disposición final por infiltración al terreno. Por su parte, los residuos sólidos serán clasificados y comercializados.

Con respecto a la inversión total requerida para llevar a cabo el proyecto, la misma es de U\$S 21.898.171.

Del estudio económico-financiero del emprendimiento se concluye que no es viable tanto económica como financieramente. En gran medida esto se debe al alto costo de la energía eléctrica, se buscaron otras fuentes de energía alternativas (eólica y biomasa) con las cuales tampoco resulto viable el emprendimiento. Como última alternativa se manejó la posibilidad de un aumento del precio de mercado del producto final en un 45%. Logrando de esa forma superar el punto de equilibrio con el nivel de producción diseñado y obtener utilidad neta positiva. Esta alternativa no es una opción ya que el precio de los productos fue fijado en función al principal competidor, que actualmente abarca el 100% del mercado.

