

**Título: DISEÑO TECNOLÓGICO PRELIMINAR DE UNA PLANTA DE PEAD A TRAVÉS
DE LA RUTA ALCOQUÍMICA, EN CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE.**

Autores: Ing. Yanilka Morales Hernández; yanilkam@qui.reduc.edu.cu
3^{er}12 Plantas Apto L-2 Rpto: Julio A Mella. Camagüey.(274696)
Ing. Luisa Matos Mosqueda, Dra. Lourdes Crespo Zafra
Dpto de Ingeniería Química. Universidad de Camagüey.
Carretera Circunvalación Norte Km 5 ½. C.P: 74650

Resumen

Realizamos el diseño tecnológico preliminar de una planta de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) a partir de etileno obtenido por vía alcoquímica. Teniendo en cuenta un estudio de demanda en las provincias de Ciego de Avila, Camagüey y a escala nacional. El diseño de los equipos principales de la planta, se realiza mediante el Método de Diseño Clásico para disminuir la incertidumbre en el proceso, se utilizó un factor de sobrediseño del 20%, valor recomendado por Rudd y Watson para este método, y la determinación de la capacidad se realizó mediante el Método de la Demanda Inicial no Nula. Finalmente se desarrolla un análisis técnico - económico para determinar si es factible la construcción de la planta. Los resultados principales de este análisis demuestran que es económicamente factible.

Diseño, preliminar, PEAD, Ruta Alcoquímica, incertidumbre.

Desing, preliminary, High Density Polyethylene, Alkochemical Way, uncertainly.

Abstract

The following work was carry out for designing a technological preliminary plant of high-density Polyethylene (PEAD) starting from ethylene obtained by alkochemical way. Keeping in mind a demand study in the cities of Ciego de Avila, Camagüey and to national scale. The design of the main equipment of the plant, was carried out by means of the Method of Classic Design to diminish the uncertainly in the process, was used a factor of sobrediseño of 20%, value which is recommended by Rudd and Watson for this method, and the determination of the capacity was done by means of the Method of the Initial Null Demand. Finally a technical- economic analysis was developed to determine if it is feasible the construction of the plant. The main results of this analysis demonstrate that it is economically feasible.

Introducción

El desarrollo de los derivados ofrece un variado número de alternativas, entre las que se pueden seleccionar las más convenientes, de acuerdo con las condiciones locales, el mercado, y las facilidades financieras. Los empresarios deben considerar la diversificación como un complemento de la producción de azúcar que incrementará la eficiencia de la explotación de la caña, aprovechando las ventajas comparativas que ofrece la misma como fuente renovable de recursos materiales y energéticos, y dará mayor sostenibilidad a la economía azucarera.

A partir del alcohol se obtienen dos productos inmediatos que son el etileno y el acetaldehído y ambos constituyen los intermediarios directos para la elaboración de polímeros utilizados en la industria del plástico. En Cuba, el nivel de utilización del plástico es tan elevado que se ha alcanzado un desarrollo considerable, el cual exige se piense en la posibilidad de disminuir los costos por conceptos de importaciones y se aprovechen los recursos de que se dispone en aras de satisfacer la creciente demanda de materiales plásticos, planteándose la necesidad del estudio de la factibilidad de producción de resinas mediante el desarrollo de la Ruta Alcoquímica, donde se integran las producciones de azúcar, alcohol, etileno y polietileno (PE).

Materiales y Métodos

Para dar cumplimiento al objetivo propuesto se plantearon las siguientes tareas:

- ✓ Revisión bibliográfica sobre:
 - Ruta Alcoquímica, Incertidumbre, Estudios de Mercado, Producción de etileno, Producción de PE, Estudio de factibilidad económica.
- ✓ Estudio de Demanda Territorial para Ciego de Avila y Camagüey.
- ✓ Estudio de Demanda Nacional.
- ✓ Cálculo de la capacidad de la planta de PE a diseñar atendiendo a la demanda.
- ✓ Diseño preliminar de la planta de PE.
- ✓ Análisis de factibilidad económica de la producción de PE.

En particular el empleo de sustratos azucarados permite la producción de alcohol dando lugar a lo que se ha dado en llamar la Ruta Alcoquímica. Cuba, con una larga tradición en la producción de azúcar

y alcohol, tiene la posibilidad de realizar el estudio integral de la misma.

El PE es un polímero vinílico, hecho a partir del monómero etileno. Es probablemente el polímero que más se ve en la vida diaria. Es el plástico más popular del mundo. El mismo pertenece a los materiales termoplásticos de aplicación más universal.

MÉTODOS DE OBTENCIÓN DEL PE

La preparación del monómero, etileno, es conocida desde hace varios años. Las fuentes de obtención del mismo son: carbón y petróleo. Pero además, se puede utilizar previa deshidratación, el etanol producido en la fermentación de mieles u otros residuos vegetales, que es en fin la vía que propone nuestro trabajo.

Para polimerizar el monómero gaseoso - etileno y obtener una sustancia sólida y de alto peso molecular es necesario:

1. Una concentración del monómero suficientemente alta.
2. Una alta pureza del monómero utilizado.
3. Condiciones óptimas de polimerización

El Polietileno se puede obtener por tres métodos fundamentales:

- Procedimiento de alta presión, se obtiene el polietileno de baja densidad (PEBD).
- Procedimiento de baja presión según Ziegler, se obtiene el polietileno de alta densidad (PEAD).
- Procedimiento de las presiones medias, se obtiene el polietileno de alta densidad (PEAD).

Tabla N° 1 Comparación de los procedimientos.

	Procedimiento a alta presión.	Procedimiento a baja presión.	Procedimiento a presiones medias.
Estado del monómero.	Altamente purificado	Altamente purificado	Altamente purificado
Proceso de polimerización	Fase gaseosa	En suspensión	En solución (requiere de gran cantidad de solvente)
Catalizador.	Oxígeno no más de 0.15 %	Catalizador mixto de Ziegler y Nata $AlEt_3$ y $TiCl_4$ (sensible y caro)	Oxido de Cromo sobre SiO_2/ Al_2O_3
Presión (atm)	1000 - 2000	0 - 10	30 - 50
Temperatura ($^{\circ}C$)	190 - 200	60 - 75	100 - 150
Rendimiento (%)	20	100	100
Proceso de purificación	No es necesario	Descomposición del catalizador por	Separación del catalizador.

		etanol. Lavar y filtrar en varias etapas (proceso largo y costoso). Pérdidas del catalizador. Recuperación del solvente	(filtración en caliente). Precip. del polímero por enfriamiento. Filtración, recuperación del catalizador y el solvente.
Polímero obtenido	Muy moldeable para ciertas aplicaciones	De alto peso molecular y alta densidad, con aplicaciones específicas	De alta densidad, bastante puro y uniforme, evitando el largo proceso de purificación.

Para la selección tanto del método de obtención como del tipo de PE a diseñar se utilizaron varios criterios, entre los que se encuentran principalmente:

- Demanda, Costos, Factores medioambientales, Presión de trabajo, Grado de pureza del producto, Tipo de catalizador, Cantidad de solvente a utilizar, Recuperación de reactivos y Sencillez tecnológica.

Se realizó un estudio de demanda de PE en todo el país observándose que el 70% del PE que se consume en las industrias a nivel nacional pertenece al PEAD, mientras que el 30% pertenece al PEBA. Por lo que se decidió realizar el estudio para el PEAD, por ser este trabajo el primero que se realiza en este sentido.

Atendiendo a criterios económicos es más factible el diseño mediante el Método de presiones medias ya que es más sencillo tecnológicamente, pues no necesita de equipamientos especiales para la purificación del producto y el catalizador a utilizar, que para ambos procedimientos es muy caro, se puede recuperar, al igual que el solvente.

La determinación de la capacidad de la planta se realizó mediante el Método de la Demanda Inicial no Nula, a partir del consumo de PEAD en los últimos 5 años en las siguientes industrias: Fábrica de Cepillos e Hisopos, la fábrica de Tubos Poliplast de Ciego de Avila y la Planta Mecánica de Camagüey; y para el estudio nacional se recopiló la información acerca del consumo en todas las empresas consumidoras en el país.

En ambos casos se ajustó un modelo estadístico a través del paquete de programas profesional Statgraphics, obteniéndose modelos adecuados, ajustados, con parámetros significativos, error estándar pequeño,

datos normalmente distribuidos y las pruebas F y t válidas. Por lo que se prosiguió a calcular la capacidad inicial, el tiempo al que debe realizarse la primera expansión y la capacidad de la misma, así como la capacidad total de la planta al cabo de ese tiempo.

Los cálculos de la capacidad óptima inicial de la planta, se realizaron utilizando la hoja de cálculo del Excel, considerando la incertidumbre financiera, para minimizar la misma se realizó el análisis partiendo de 0.15, que es la tasa de interés recomendada para el Ministerio del Azúcar y considerando valores por encima y por debajo de ésta, escogiéndose 0.12 y 0.18 respectivamente.

Resultados

Esta planta formará parte de un complejo productivo de la Ruta Alcoquímica, compuesto por una destilería con capacidad de 600 hl/d, una planta de etileno de 1600 t/a, y una planta de PE de 1500 t / a. Para la selección de los equipos fundamentales del proceso se tuvo en consideración, además de las incertidumbres, los requerimientos del mismo.

Principales equipos

- Adsorbedor, Reactor químico, Tanque de preparación de la solución, Filtro caliente, Filtro frío, Secador, Mezclador de polvo, Extrusor, Granulador, Torre de adsorción, Tanque mezclador, Tanque de almacenamiento del PE.

El análisis técnico - económico permite determinar si la inversión proyectada es capaz de satisfacer los requerimientos que la han originado y si la misma es factible económicamente. El mismo incluye:

- Cálculo del costo de producción.
 - Cálculo del costo de inversión.
 - Cálculo de los indicadores dinámicos de evaluación de las inversiones (VAN, TIR, PRD, RVAN).
- Costo Total invertido: 1.5771231 MMP
- Costo total de producción: 1011.775789 \$/t PE
- Costo de producción anual:
- ◆ Costo prod. Anual = Costo prod. Total * Prod. Anual
 - ◆ Producción Anual: 1 500 t/año
 - ◆ Costo de prod. Anual: 1517663.684 \$/a.

➤ Ingresos por ventas:

- ◆ Ingresos ventas = Prod. Anual * Precio PE
- ◆ Producción Anual: 1 500 t/año
- ◆ Precio del PE : 1 268 \$/t
- ◆ Ingresos por ventas: 1 902 000 \$/año.

➤ Indicadores Dinámicos

VAN = 351772.04 \$ PRD = 5 años
TIR = 21% RVAN = 0.22 \$/\$

Se puede afirmar que el proyecto es deseable ya que tiene un Valor Actual Neto o Valor Capital de la Inversión positivo; a través de la determinación de la Tasa Interna de Retorno vimos también que es favorable hacer el proyecto ya que la misma es mayor que la tasa de descuento, y se comienzan a obtener ganancias, o sea, la inversión queda totalmente recuperada al cabo solo de 5 años.

Conclusiones

❧ Se realizó el diseño preliminar de una planta para producir PEAD con una capacidad de alrededor de 1500 t/a que abastece a las provincias de Ciego de Ávila y Camagüey y aportaría 1460 t/a al resto del país mediante la Ruta Alcoquímica.

❧ Los indicadores dinámicos de eficiencia para la inversión de la planta de PE muestran la factibilidad económica de la misma, siendo los siguientes:

VAN = 351772.04 TIR = 21%
PRD = 5 años RVAN = 0.22

❧ El estudio de demanda de PE para satisfacer las capacidades de la industria transformativa existentes en el país asciende a 61 210 t/a correspondiendo 42 847 t/a de PEAD y 18 363 t/a de PEBD.

Recomendaciones

❧ Analizar alternativas de intensificar la producción industrial de alcohol para elevar la disponibilidad de etileno de manera que se garantice la cantidad requerida para la producción de PE que cubra la demanda del país.

❧ Estudiar tecnologías modernas de PEAD, donde se lleve a cabo la producción de una forma más eficiente.

Bibliografía

1. BISCHOFF, K: Introducción a la química y tecnología de los plásticos/ K Bischoff. La Habana: Editorial ciencia y técnica, 1970, 385p.
2. BLANCO, GLADYS. Estudio de oportunidad de la producción de polietileno a partir de alcohol / Gladys Blanco. Revista ICIDCA. Abril, 1985.
3. El plástico hoy. Industria. 2001.([http. www.siresp.org.com](http://www.siresp.org.com)). (mayo 2001)
4. GARRISON G.W.: " A GLOBAL Approach to Integrating Environmental, Energy, Economic, and Technological Objectives". Ponencia. Conferencia Mundial de Ingeniería Química, 1996. 675-680.
5. GALLARDO, I. "Análisis de alternativas para la ampliación y reconstrucción de fábricas en la industria del papel". Tesis para la obtención del Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas (PhD), UCLV 1998.
6. HERRERA, R. "Aplicación del Análisis de Procesos en condiciones de Incertidumbre en la reactivación de la planta de levadura torula de "Perucho Figueredo"/ R. Herrera. Tesis para la obtención del Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas (PhD), 1999.
7. LABRADA, NELSON: Conferencia sobre los "Dulces caminos de la recuperación económica cubana". Ciudad de la Habana, marzo 2000.
8. Manual de los derivados de la caña de azúcar / Caridad Agüero...[et al.]. - México: GEPLACEA, 1987,252p.
9. PEDRAZA GARCIGA J. "Estrategia para el diseño de una planta para la producción de ácido fosfórico en condiciones de incertidumbre. Julio Pedraza Garciga." Tesis para la obtención del Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas (PhD), 1997.135p.
10. RUDD, D: F: Y WATSON,C: C. Strategy of Process Engineering. La Habana, 1980. P466.