

Factibilidad técnico–económica de una planta de producción de resinas fenólicas (Tipo Resol)

María C. Rodríguez^{*a}, Viky Mujica^a, Alberto Martínez^a, Sulma Silva^b

^aEscuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

^bDepartamento de Humanidades, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

Resumen.-

Las resinas fenolicas tipo resol son el resultado de la policondensación del fenol y el formaldehído en un medio alcalino [4]. Debido a que estas resinas poseen un amplio mercado de aplicación como materia prima y en el país no existe la oferta necesaria, se introduce en la organización la pretensión de la inclusión de una línea de producción de resoles; haciendo la investigación de las características del producto deseado, el análisis del mercado, la selección de la tecnología, para establecer los parámetros de iniciación del estudio; la fabricación de la resina en el laboratorio y el posterior escalamiento piloto de la materia prima para establecer las condiciones de operación; por ultimo el dimensionamiento de los equipos necesarios y el estudio económico del proyecto. Estas etapas sirvieron de base para estudiar la factibilidad de la incorporación de la producción de resoles dentro del catalogo de la empresa.

Palabras clave: Servidor lógico, prolog

Feasibility Technical–Economic of a Production Plant of phenolics Resin (type resol)

Abstract.-

The phenolics resins resol type is the result of a polycondensation between phenol and formaldehyde in an alkaline environment [4]. Because these resins possess a broad market application as a raw material and in the country there is no supply necessary, is entered in the organization's claim of the inclusion of a production line resoles; doing research on the characteristics of the desired product, market analysis, the selection of technology, to establish the parameters of initiation of the study; Manufacture of the resin in the laboratory, pilot and the subsequent escalation of raw material, to establish operating conditions; Finally sizing of the equipment needed And the economic study of the project. These stages served as a basis for the feasibility study the incorporation of the production of resoles within the catalog of products of the plant.

Keywords: Logic Server, Prolog

1. Introducción

Las resinas fenólicas poseen un gran campo de aplicaciones, entre los que se encuentran la manufactura del material de fricción, abrasivos, espumantes, hasta la fabricación de deshidratantes para crudos; sumado a esto se encuentra la inclusión en fibras naturales, sintéticas y una tecnología de reutilización de fibras naturales [1]. Existen varios tipos de aromáticos que pueden ser utilizados para producir resinas, así como, también una gran variedad de aldehídos que aplican en este proceso de la policondensación de un aromático

y un aldehído dando como resultado un polímetro diferente para una aplicación en específico [2]. Es decir, que existe una diversidad de productos con un gran mercado disponible. En esta investigación se experimenta la policondensación del fenol y el formaldehído dando como resultado la resina fenólica tipo resol. La producción de resinas fenolicas involucran varios factores claves como son la proporción entre el fenol y el formaldehído, la naturaleza del catalizador, la temperatura a la cual se lleva a cabo la reacción, e incluso las características físicas de las materias primas, afectando directamente la calidad del producto, por lo que el desarrollo y aplicación de una tecnología de producción requiere de un exhaustivo control de todas estas variables ya que el proceso es muy sensible a mínimas alteraciones del proceso. Por otra parte la

*Autor para correspondencia

Correos-e: mcr63@yahoo.com (María C. Rodríguez),
vcujica@gmail.com (Viky Mujica), azmartinez@uc.edu.ve
(Alberto Martínez), sslilva@uc.edu.ve (Sulma Silva)

reacción entre el fenol y el formaldehído es altamente exotérmica. Para realizar este proyecto se fragmentó el estudio en las siguientes partes: caracterización de una muestra de resina de la competencia para tomarla como información inicial (patrón) a seguir. Luego es necesario determinar el tamaño de planta mediante el estimado de la demanda nacional de la resina haciendo uso de información secundaria donde se muestra el comportamiento del mercado en Venezuela en la última década y adicionalmente a esto se aplicó un instrumento de entrevistas al personal de la empresa, para realizar la estimación del tamaño de la línea de producción de resinas. Posteriormente se analizan las potenciales tecnologías para la producción de resoles haciendo la selección de la más adecuada, según la información suministrada por la empresa y sustentado mediante una matriz de selección. La siguiente etapa es el desarrollo del producto en el laboratorio y en la planta piloto, para estudiar las variables que influyen en la elaboración de resinas. Se complementa la investigación con el diseño de los equipos principales y la evaluación financiera de la misma.

2. Desarrollo de la investigación

En cuanto a la estrategia o diseño de la investigación, es de tipo experimental, ya que se manipularán variables a diferentes condiciones de operación, para finalmente obtener una combinación que garantice las mejores condiciones de la reacción. Según los objetivos planteados, la investigación a nivel de profundidad es del tipo evaluativo [3], porque durante el desarrollo del estudio se efectúa un sistema de evaluación que permite estudiar la posibilidad de llevar a cabo un modelo operativo del proceso para la obtención de resinas fenólica tipo resol por medio de una planta piloto.

2.1. Determinación de la muestra patrón

En esta fase se evalúan las características y propiedades de la resina fenólica tipo resol de la competencia, con el fin de tomarla como una referencia, y verificar los parámetros de calidad del producto.

La caracterización del producto requirió la revisión de bibliografía [1, 2, 4] para conceptos básicos, materias primas, procesos de fabricación, etc. Se realizó la determinación del método experimental, mediante las normas COVENIN 0827-81, 1840-81, 0577-80 y 1509-79, para verificar las especificaciones de la muestra patrón.

2.2. Análisis del mercado actual del consumo nacional de resinas fenólicas tipo resol.

El área de comercialización de la empresa aportó los datos sobre la demanda total, producción nacional e importaciones durante la última década, lo que permitió realizar un estudio conciso de la situación de mercado del producto. Además se realizó una tormenta de ideas con los departamentos de producción y de investigación y desarrollo; esto permitió determinar la demanda insatisfecha.

Se sintetizó la información referente al estudio de oferta y demanda del producto a nivel nacional, además de las aspiraciones de crecimiento de la industria nacional, esta información se ve reflejada en la Figura 1.

Realizando una extrapolación lineal, tanto a la producción, demanda e importaciones, se puede determinar la capacidad de la planta necesaria para satisfacer este mercado.

2.3. Análisis de las tecnologías disponibles

Para determinar la dificultad de producción de resinas fenólicas tipo resol, se estudió algunos procesos de producción existentes en el mercado (por carga o en forma continua) [1, 2, 4, 5], así como las variaciones que poseen éstos. Se considera que dentro de la producción por carga existen varias tecnologías a estudiar, para seleccionar la forma de producción se realiza una tormenta de ideas con los expertos de la empresa para identificar sus necesidades y las del mercado. Luego de escoger la forma de producción se procede a la selección de la tecnología apropiada, esto se realiza utilizando una matriz de selección [6], la cual permite analizar con los expertos, los aspectos más importantes ponderando los criterios de la matriz de selección, tales como: materia prima, costos de equipos, sistemas de control, servicios industriales y dificultad técnica y para comparar las tecnologías se valoran entre 1 – 5, donde 5 es excelente.

2.4. Ensayos experimentales variando los parámetros de operación

Para la elaboración de esta actividad, se siguió detalladamente la metodología establecida para la tecnología de producción de resinas fenólicas tipo resol seleccionada. Siguiendo con las especificaciones de la organización se realizaron 3 lotes de resinas a nivel de laboratorio, los cuales posteriormente se le hacen los análisis típicos para la caracterización del producto comparándolas con la muestra establecida como patrón.

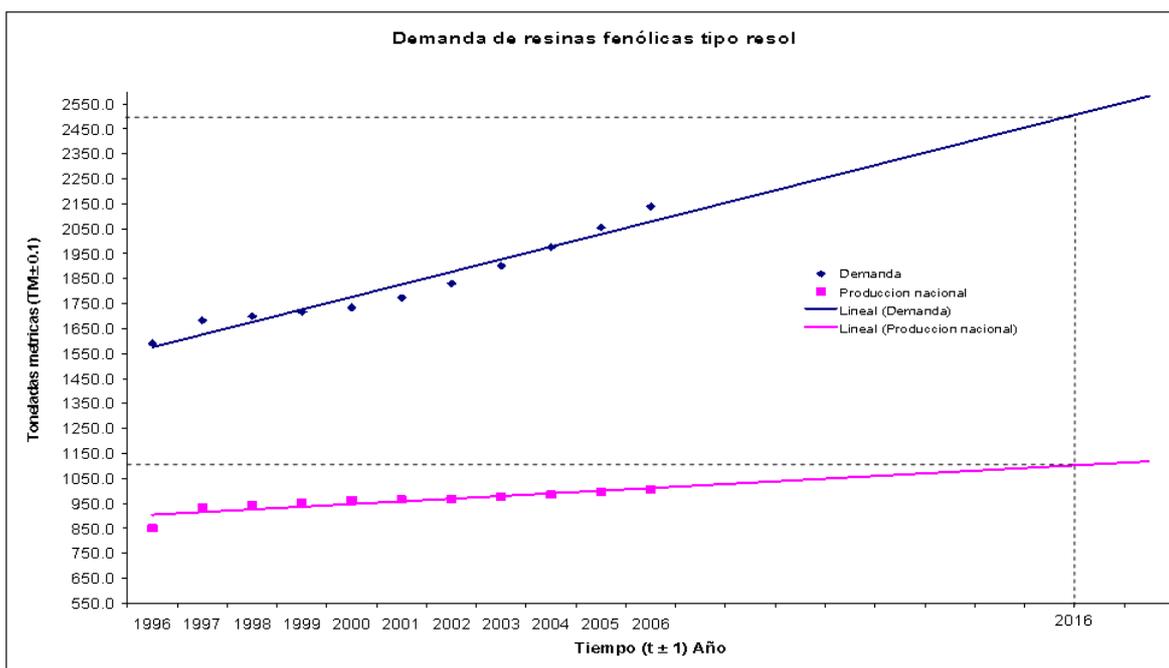


Figura 1: Producción nacional e importaciones de la última década de resinas fenólicas tipo resol

La finalidad de este ensayo es encontrar los parámetros de operación para obtener la resina deseada.

2.5. Escalamiento piloto de la resina fenólica tipo resol

Una vez determinadas las condiciones de operación para el desarrollo de resinas fenólicas tipo resol a escala de laboratorio, estas se proyectaron en la planta piloto, manteniendo la proporción de las materias primas, es decir, esta etapa se basa en el escalamiento de la materia prima tal que la producción se adapte al volumen preestablecido de la planta piloto. De igual forma se prepararon tres lotes de resina y nuevamente se evaluaron las propiedades físicas y químicas necesarias para la aprobación del producto. La empresa dispone de una planta piloto semejante al sistema de producción a escala industrial, en la cual se procede a producir la resina.

2.6. Diseño de los equipos principales para la producción a escala industrial

Una vez seleccionada la tecnología a emplear y el tamaño de la línea de producción, se analizaron los diferentes equipos necesarios para llevar a cabo la producción de resinas, sobre la base de los parámetros de operación más extremos. Los equipos requeridos son el condensador, agitador, bomba de vacío y serpentín interno (Figura 2). Se utilizaron las ecuaciones de

diseño apropiadas para cada equipo [7–15], para ello se realizaron revisiones bibliográficas. Esto fue respaldado a través del personal del proceso, operario y además se hicieron los balances de masa y energía [16], para el dimensionamiento de cada uno de los equipos.

2.7. Estudio de la factibilidad técnico-económica para estimar la rentabilidad del proyecto

Para la ejecución de esta fase se estimó el flujo de caja para el tiempo de vida del proyecto, determinando los ingresos y los egresos de la producción. Los ingresos se determinaron por conceptos de las ventas del producto. En los egresos se tomaron en cuenta varios aspectos como el costo de la inversión, costos de producción, de pago del ISRL y del pago del préstamo.

Luego con el flujo de caja para el tiempo de vida del proyecto se utilizaron los indicadores económicos del VA y el TIR [17,18] que sirven de referencia para estudiar la factibilidad de la inversión.

3. Análisis y discusión de resultados

3.1. Determinación de la muestra patrón

Haciendo uso del material teórico bibliográfico se pudo determinar que las características de la resina fenólica de mayor relevancia dependen de la aplicación industrial para la cual se está desarrollando el producto. En el caso de los resoles se estableció como

características principales la viscosidad, el tiempo de gelación, el porcentaje de componentes no volátiles, el nivel de alcalinidad y la densidad.

Con una muestra de aproximadamente 1 Kg se realizaron los ensayos experimentales de rutina para las resinas y de esa forma se obtuvieron los parámetros de calidad del producto deseado los cuales se muestran en la Tabla 1. Los estudios experimentales realizados son especiales para cada propiedad y son realizados por el departamento de control de calidad de la organización.

Tabla 1: Propiedades físicas y químicas de la muestra patrón

Propiedad	Rango	Resultados
Viscosidad a 25 °C ($\mu \pm 1$) cPs	(4300 – 400)	364
Componentes no volátiles (CNV ± 0.1) %	(65,0 – 80,0)	72.3
Nivel de alcalinidad a 25 °C (pH ± 0.1) Adm.	(8,0 – 9,0)	8.9
Tiempo de gelación a 120 °C ($t_g \pm 0,1$)min	(30,0 – 60,0)	48.1
Densidad a 25 °C /25° C ($\rho \pm 0,01$)g/cm ³	(1,18 – 1,22)	1.21

3.2. Análisis del mercado actual del consumo nacional de resinas fenólicas tipo resol

La producción de resinas fenólicas del tipo resol, ha ido en constante crecimiento, sin embargo, la tendencia no ha sido suficiente para cubrir la demanda actual, en los últimos años se observa un nivel de importaciones muy por encima de la producción nacional. Como se ha mencionado antes los resoles tienen un campo de aplicación muy amplio lo que se traduce en un mercado muy llamativo para las empresas especializadas en la producción de mismas. Para la profundización del estudio se requiere la determinación de la capacidad de producción de un producto que sea capaz de satisfacer los requerimientos del mercado (Figura 1); basándose en el estudio de la data del mercado y haciendo una extrapolación de la misma se estima la capacidad de producción la cual se muestra en la Tabla 2, tomando en cuenta las características de la infraestructura de la empresa se establece las capacidad de producción de resinas fenólicas tipo resol, considerando un factor de sobrediseño de 20 % [18].

3.3. Análisis de las tecnologías disponibles

En general la producción de resinas se basa en dos fases importantes. La primera es la de policondensación donde se lleva a cabo la reacción y se forma el

Tabla 2: Estimación de la producción de resinas fenólicas tipo resol para una proyección de 10 años

Año	Producción Nacional TM	Demanda total TM	Producción TMA
2016	1100	2500	1680

polímero, en esta etapa se ponen en contacto los reactivos y el catalizador y se produce el incremento de temperatura (exotérmica) que indica que se esta llevando a cabo la reacción [4]. La segunda etapa es la etapa de deshidratación donde se retira el excedente de agua del polímero, el agua proviene de la solución acuosa del formaldehído y el agua que se forma durante la reacción; para que la eshidratación sea exitosa es necesario que se cree un vacío dentro del reactor y así garantizar un calentamiento controlado del polímero. Actualmente se conocen 2 formas de producción de resinas, producción por carga o *batch* y la producción continua. Dentro de la producción por carga o *batch* existen 3 tecnologías de producción como son: sistema de policondensación con destilación al vacío, sistema con aprovechamiento térmico y sistema dowterm. En la Tabla 3 se muestran las diferencias mas relevantes entre la producción por carga y continua.

Tabla 3: Diferencias entre la producción por carga y continua

Producción por cargas	Producción continua
Viscosidades variables	Viscosidades constantes
Cumple las necesidades del cliente (versatilidad)	No satisface los requerimientos del mercado
Control de la temperatura del medio con un aprovechamiento térmico	Control automatizado de la presión y la temperatura del medio

Realizando un análisis de la información obtenida se pudo determinar que el proceso de producción que mejor se adapta, tanto a los requerimientos de la empresa como al mercado, es la producción por carga, ya que permite mayor producir lotes más pequeños con diferentes viscosidades. Como se mencionó anteriormente existen 3 tecnologías de producción del proceso por cargas por lo que se hizo de suma importancia la implementación de una matriz de selección para identificar la más idónea. Los aspectos considerados en la matriz son: materia prima (disponibilidad), costos de los equipos, sistemas de control, servicios industriales y dificultad técnica. La tecnología que cumple todos los exigencias de producción fue la de por cargas con aprovechamiento térmico (Figura 2).

Tabla 4: Matriz de selección del proceso de producción

Proceso de producción	%	SPDV	%	SAT	%	SDT	%
Materia prima (disponibilidad)	15	3	0.45	4	0.6	4	0.6
Costos de los equipos	25	2	0.50	4	1	2	0.5
Sistemas de control	15	3	0.45	5	0.75	5	0.75
Servicios industriales	20	4	0.80	4.5	0.9	4.5	0.9
Dificultad técnica	25	3	0.75	4	1	3	0.75
Total Σ	100		2.95		4.25		3.5

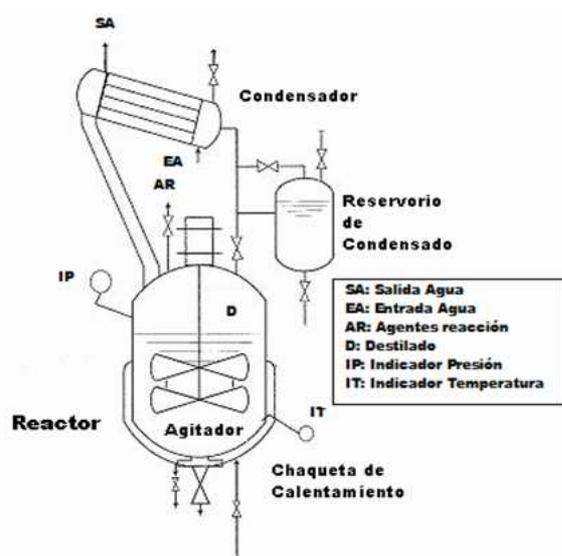


Figura 2: Diagrama de producción de resinas fenólicas por carga con aprovechamiento térmico

3.4. Ensayos experimentales variando los parámetros de operación

Las condiciones de operación son el resultado directo de cumplir ciertas especificaciones para la calidad del producto. Para la producción de resoles se establece que la relación fenol-formaldehído debe estar entre (1:1–1:3) [4] y la naturaleza del catalizador debe ser alcalina, el procedimiento empleado es muy similar al sistema de producción industrial. Antes de poner en contacto el catalizador con los reactivos es necesario precalentar y mantener la agitación de la mezcla para homogenizar la misma; luego de cargar el catalizador se evidencia un aumento de la temperatura y cambio de color de los reactivos que es una demostración de que se ha iniciado la policondensación. Se prepararon tres (3) lotes de resina y posteriormente se le efectuaron los análisis de laboratorio para compararlos con la muestra patrón en la Tabla 5 se muestran los resultados.

Las diferencias entre la muestra patrón y los lotes

obtenidos en el laboratorio se basa en las deficiencias de la deshidratación. El pH es el resultado de la naturaleza del catalizador, por lo que es necesario retirar la mayor cantidad de agua para controlar el pH, ya que el agua arrastra al catalizador. El tiempo de gelación está íntimamente relacionado con la viscosidad.

3.5. Escalamiento piloto de la resina fenólica tipo resol

Al igual que en la fase experimental a escala de laboratorio en esta etapa se realizaron 3 lotes de resina fenólica tipo resol, manteniendo la composición de la fórmula y controlando las condiciones de operación. Durante el proceso de producción se observaron situaciones similares a las obtenidas en la fase de laboratorio, tales como la elevación de la temperatura y presión del sistema con cada carga de formaldehído.

La diferencia fundamental entre la experimentación a escala de laboratorio y la escala piloto es el estudio del intercambio térmico, como la reacción es altamente exotérmica y se comporta de forma exponencial el comportamiento de la reacción es diferente en ambas etapas; La policondensación se ve favorecida con el incremento de la temperatura, es decir, que el intercambio de masa se ve aumentado con el comportamiento del entorno, por lo que el estudio a escalamiento piloto permite la profundización de análisis del intercambio térmico del sistema y del uso adecuado del condensador. En la Tabla 6 se muestran los resultados de este estudio.

Durante el desarrollo de esta fase se pudieron verificar e implantar las medidas de operación del sistema, además de que la planta piloto posee un condensador y una bomba de vacío que favorecen el funcionamiento durante el intercambio térmico que se lleva a cabo tanto en la etapa de policondensación y de deshidratación. Se debe destacar que obtener un producto con menores viscosidades es favorable ya que las resinas siguen reaccionando a temperatura ambiente.

3.6. Diseño de los equipos principales para la producción a escala industrial

Debido a que la producción depende de la capacidad de la línea de producción determinada anteriormente y la aforo del reactor, se estableció una producción diaria de 2500 Kg de resina fenólica tipo fenol, que posteriormente serán envasados en tambores sellados con una capacidad aproximada de 200 Kg cada uno.

En base a la capacidad de producción y a las condiciones de operación evaluadas en las etapas anteriores, se realizó el dimensionamiento de los equipos necesarios para la instalación de la planta. Los equipos principales a diseñar son el condensador, la bomba de vacío y el agitador.

Reactor: La empresa cuenta con la disponibilidad de un reactor destinado a la creación de la línea de producción de resinas fenólicas tipo resol, sólo se realizó una evaluación de las características del diseño del mismo para verificar si se adaptaba a los requerimientos de la producción.

Condensador: el condensador es utilizado en la policondensación a reflujo total para controlar la temperatura y en consecuencia la presión del sistema, posteriormente en la etapa de deshidratación este equipo condensa el vapor proveniente del reactor y retira el condensado del sistema, dada las condiciones de los reactantes se supone que el vapor retirado es prácticamente agua por lo que se almacenara en un tanque de retención para luego ser reutilizada en el proceso.

Agitador: El agitador diseñado para el proceso de producción de resinas fenólicas tipo resol es de tipo turbina de seis (6) palas inclinadas 45° , con doble propela y placas deflectoras para asegurar una agitación homogénea durante todo el proceso, ya que este tipo de agitador promueve la agitación uniforme en mezclas con altas viscosidades.

Bomba de vacío: En este equipo de bombas una turbina o rotor porta aspas que giran en el interior del cuerpo, está parcialmente sumergido en el fluido, normalmente el agua por efecto centrífugo, forma un anillo alrededor de la coraza.

Serpentín Interno: El reactor cuenta con un serpentín interno en forma de espiral, este cumplió la función principal de enfriamiento en la etapa final de producción de Resinas Fenólicas tipo Resol.

3.7. Estudio de la factibilidad técnico-económica para estimar la rentabilidad del proyecto

En esta sección se presenta el perfil de entradas y salidas de dinero de la empresa durante el período de análisis económico que fue establecido para 10 años (2007–2016) con el objeto de estudiar y contemplar la variabilidad económica de la actividad productiva y tener concepción de los movimientos monetarios (tanto de entradas como de salidas a esperar); el mismo viene representado por un balance de flujos.

El análisis del flujo de caja o balance económico sirvió para determinar la factibilidad del proyecto.

Los flujos de caja también ayudaron a estudiar la viabilidad del proyecto de inversión, ya que fueron estos mismos flujos de fondo la base del cálculo de los indicadores económicos usados como lo son el Valor Actual (VA) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

En los cálculos de los ingresos para efectos del balance económico, no se incluyeron los provenientes de servicios industriales, ya que la empresa reutiliza todos los beneficios que esta produce imposibilitando la venta de los mismos; se establecieron políticas de precios que fueron negociadas con los proveedores y el departamento de producción y control de la empresa.

En cuanto a los egresos, se puede concluir que van disminuyendo al paso de los años, lo cual representa una condición favorable para llevar por buen camino la inversión, garantizando así un balance siempre positivo y una factibilidad efectiva.

Vale la pena destacar que el gobierno nos facilitó un préstamo de más de 3 mil millones de Bolívares con una tasa fija del 10 % sin límite de tiempo, con la cual se logró llevar a cabo gran parte del proyecto, financiando el costo de los equipos y todas las demás inversiones para el cumplimiento de los objetivos anteriormente planteados.

El VA resultó mayor que cero y el TIR es de 102 %, por lo que decimos que el proyecto es rentable [3, 6].

4. Conclusiones

A continuación se puntualizan las conclusiones posteriores a la realización de esta investigación:

- La demanda de resinas fenólicas tipo resol es mucho mayor que la oferta nacional, las importaciones se mantienen en constante aumento.
- El procedimiento que mejor adapta a las necesidades de mercado es la producción por carga por su versatilidad de productos.
- La calidad del catalizador influye en el rendimiento de la reacción.
- El funcionamiento del condensador es de vital importancia en el proceso ya que garantiza el control de temperatura y presión, evitando explosiones y daños en el sistema o directamente en el personal.
- Una agitación muy violenta produce la decoloración de la resina y altera las propiedades físicas de la misma.

- Un vacío adecuado disminuye el tiempo de deshidratación y garantiza la eliminación del contenido de agua de la resina.
 - La recirculación del condensado del vapor de agua permite mantener las condiciones de presión y temperatura óptimas dentro del sistema.
 - El condensador más adecuado es el de tubo y coraza de 1 solo paso por los tubos.
 - El proyecto es factible ya que el VA es mayor que cero.
 - El TIR es de 102 %
- [19] COVENIN 0827–81: «Determinación del contenido de materias no volátiles».
 - [20] COVENIN 1840–81: «Resinas fenólicas. Determinación del tiempo de gelación».
 - [21] COVENIN 1509–79: «Resinas fenólicas. Determinación del índice de acidez y densidad».
 - [22] COVENIN 0577–99: «Determinación de la viscosidad por el método Brookfield».

Referencias

- [1] Knop, A. y Pilato, Louis A. (1985). «Phenolic Resins. Chemistry, Applications and Performance», Springer–Velarg, Alemania.
- [2] Gardziella, A; Knop, A y Pilato, Louis A. (2000). «Phenolic Resins. Chemistry, Applications, Standardization, Safety and Ecology». 2da. edición, Alemania.
- [3] Arias, F. (1999). «Metodología de investigación». Editorial Episteme. Venezuela.
- [4] Mika, T.F. and Bauer, R.S. (1998). «Epoxy Resins. Chemistry and Technology». Editorial May, C.A., 2da. Edición. U.S.A.
- [5] Martens, C. (1974), «Technology of paints, Varnishes and Lacquers», Robert E. Krieger Publishing Company. U.S.A.
- [6] Mathur, K. Y Solow D. (1996), «Investigación de operaciones: El arte de la toma de decisiones», Prentice Hall. México.
- [7] Geankoplis, C. (1998). «Procesos de transporte y operaciones unitarias». Editorial Continental. 3 ra. edición. México.
- [8] Incropera F., De Witt, D (1999). «Fundamentos de transferencia de calor». Editorial Prentice Hall. 4ta. edición. México.
- [9] Kern, D. (1998). «Procesos de transferencia de calor». Editorial Continental. Reimpresión de la 31. México.
- [10] McCabe, W. y Smith, J. y Harriott, P. (2001). «Operaciones Unitarias en Ingeniería Química». Editorial Mc Graw Hill. 6ta. edición. España.
- [11] Levenspiel, O. (1998). «Flujo de fluidos e intercambio de calor». Editorial Reverté. 1ra. edición. España.
- [12] Fogler, S. (2001). «Elementos de Ingeniería de las reacciones químicas». Editorial Prentice Hall. 3ra. Edición. México.
- [13] Treybal, Robert (1996). «Operaciones de transferencia de masa». Editorial Mc Graw Hill. 2da. edición. México.
- [14] Avery, H. (2008). «Cinética química básica y mecanismos de reacción». Editorial Reverté. (1ra. primera edición) España.
- [15] Perry, Robert. (2001). «Manual del ingeniero químico». Editorial Mc Graw Hill. 7ma. edición. México.
- [16] Himmelblau, D. (2002). «Principios básicos y cálculos en ingeniería química». Editorial Pearson Educación. 6ta. edición. México.
- [17] Giugni, L., Ettedgui, C., Gonzalez, I. y Guerra, V. (2007). «Evaluación de proyectos de inversión». Editado por la Universidad de Carabobo. 5ta. reimpresión. Venezuela.
- [18] Najul, M. (2006). «Valoración de proyectos». Ediciones IESA. Venezuela.