

"INTRODUCCIÓN DE RESULTADOS DE I+D. PLANTA DE RESINAS FURÁNICAS DE CIENFUEGOS"

Autores:

Lic. Andrés Gómez Estévez (Investigador Auxiliar)

MSc. Indira Pérez Bermúdez (Investigador Auxiliar)

Dra Marianela Cordobés Herrera

Ing. Norge Garrido Carralero (Especialista)

MSc. Marlen Lorenzo Maiquez (Especialista)

Ing. Irma Ramos

ICIDCA, Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar,
andres.gomez@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

La generalización de resultados I+D sobre productos furánicos y sus aplicaciones hasta su producción, tiene un lugar importante en la cadena de valores de Empresas Azucareras en cuanto al balance económico y estrategias de producción, dado por el alto valor agregado de los mismos así como por la reducción de costos en mantenimientos. En AZCUBA sustituyen importaciones, crea fondos exportables y ayuda al desarrollo económico del país mediante la diversificación. Los impactos de la introducción comercial de estos productos y sus aplicaciones son económicos, científicos, sociales y medioambientales. Nuestro objetivo: divulgar y promover las Tecnologías para la producción y aplicaciones de productos furánicos desarrollados en el ICIDCA.

Descripción del Producto

Tecnologías de producción y aplicación de productos furánicos destinados al mantenimiento de la industria azucarera y la de sus derivados.

Especialistas del ICIDCA (1, 2, 3, 4) han desarrollado en los últimos 25 años productos en base a resinas furánicas, destinados a la protección y mantenimiento de pisos, terrazas, cubiertas transitables, superficies de metal, hormigón y madera, entre otras, cuya efectividad se encuentra avalada por trabajos efectuados en instalaciones y edificaciones pertenecientes a varios sectores de la economía cubana, además de reconocimientos científicos, patentes, premios de Fórum de Ciencia y Técnica Nacionales.

Las resinas furánicas derivadas del furfural y el alcohol furfurílico, se utilizan en masillas y hormigones plásticos, adhesivos, pinturas y recubrimientos anticorrosivos, soldaduras metálicas en frío, recubrimientos especiales e impregnantes (preservantes) de madera y están registradas bajo el nombre genérico de “FURAL”. Los citados materiales sustituyen a otros similares en base a resinas epoxi, poliéster y fenólicas, productos de la Petroquímica provenientes de fuentes no renovables (5, 6, 7).

Los productos desarrollados en base a las resinas furánicas y los Servicios implementados para la aplicación de los mismos cumplen con un Sistema de Gestión de la Calidad en base a la ISO: 9001: 2008. Las resinas base o matriz de los productos finales son la FAM, resina en base a furfural y la FL, resina en base al alcohol furfurílico. Ambas resinas son termofijas de alta estabilidad térmica y química, sus propiedades se exponen en la Tabla I.

Tabla I. Propiedades físico químicas de las resinas furánicas FAM y FL

PROPIEDAD \ RESINA	FAM	FL
Viscosidad cPs	2000 – 3000	5000 – 10 000
Densidad g/cm ³	1,16 - 1,17	1,21 – 1,23
Peso seco %	70 – 75	75 – 85
Punto de gel (segundos) ^a	5 – 12	5 – 15
Tiempo de vida (minutos) ^b	40 – 50	-

a: 170 °C con 12 % de ácido bencensulfónico (ABS)

b: a temperatura ambiente con 15% de polietileno poliamina

La síntesis de los polímeros furánicos no requiere de instalaciones sofisticadas, es una unidad versátil de poca complejidad tecnológica. El proceso no emplea altas temperaturas y las reacciones ocurren a presión atmosférica. La instalación consta de 3 niveles con barandas protectoras, piso de planchas anti resbalantes con escalera de acceso a los niveles superiores. Ver Figura 1

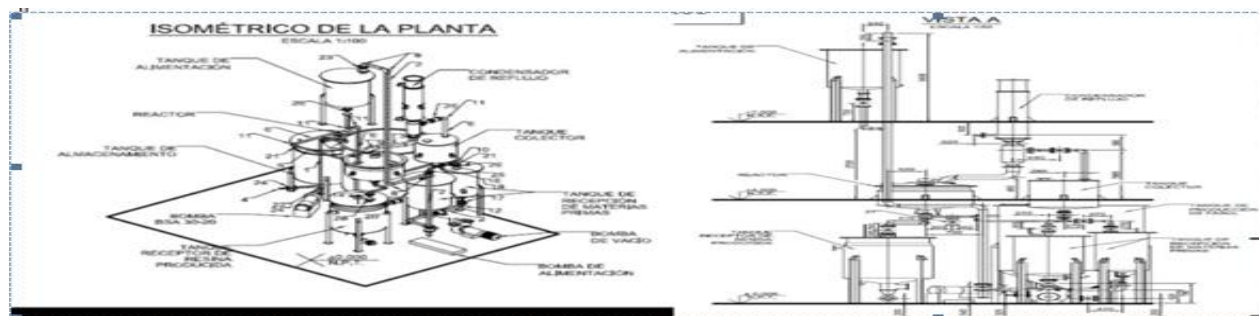


Figura 1. Vistas de Planos de Instalación de la planta de resinas en instalación en Cienfuegos

Para disminuir costos de inversión se rehabilitaron equipos de una Planta de Resinas en desuso, en la Figura 2 vistas de la misma.



Figura 2. Vistas de la planta de resinas antes de su reubicación e instalación en Cienfuegos

Los derivados furánicos que se producen son: Resina FAM, Resina FL, FURAL-Ri1001, FURAL-Rr Mortero, FASOL, FURANICID VII y la PB20; en la Tabla II se muestran las propiedades de estos derivados en base a las resinas FAM y FL.

Tabla II. Propiedades físico químicas de los derivados furánicos

Propiedades	FURAL-Ri 1001	FURAL-Rr Mortero	FASOL	FURANICID VII	PB20
Relación de mezclado en volumen. (resina/endurecedor)	4:1	4:1	-	-	-
Temperatura de aplicación (°C)	15 - 40	15 - 40	-	-	-
Tiempo de fraguado (h)	24	24	-	-	-
Tiempo útil de aplicación (min)	25 – 50	25 – 50	-	-	-
Tiempo de almacenamiento a temperatura Ambiente (años)	2	2	-	-	-
Máx. temp. que resiste (°C)	150	150	-	-	-
Mín. temp. que resiste (°C)	- 20	- 30			
Densidad (g/cm ³)	1,11 – 1,13	-	1,12 – 1,29	1,24 – 1,26	1,24 – 1,26
Viscosidad (cP)	100 - 200	-	50 – 150	280 – 480	50 – 80
Adherencia (MPa)	45 - 50	mayor de 40	-	-	-
Rendimiento kg/m ² x 1 mm de espesor	0,6 – 0,8	2,0 – 3,5	-	-	-
Peso seco (%)	-	-	-	61 - 78	55 - 60

Las Tecnologías de producción y aplicación de los productos cumplen los requisitos de la Norma ISO 9001 y están estructuradas y ajustadas en sus respectivos Procedimientos Normalizados de Operación para su Licencia de Transferencia.

En la Figura 3 aparecen las etapas del ciclo de la transferencia de tecnología, el cual es complejo y en el cual no sólo incide el Licenciante (poseedor de la tecnología) sino que requiere una activa participación del Licenciario (receptor de la tecnología) durante todo el proceso de asimilación de la tecnología.

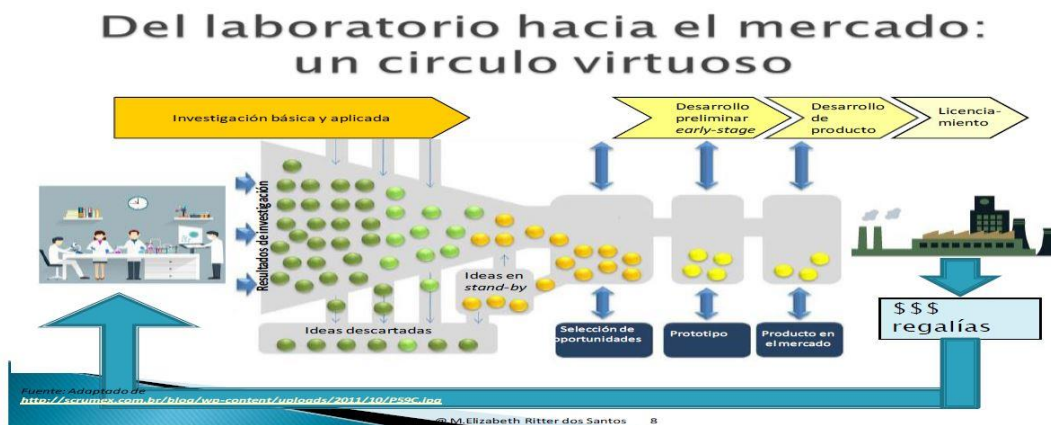


Figura 3. Etapas de la transferencia de tecnologías

Los usos de los productos de la Planta de Resinas Furánicas son:

- Resina FAM: Se utiliza en soldaduras metálicas en frío, aditivos para pinturas y recubrimientos anticorrosivos.
- FURAL-Ri1001: Es el acondicionador y barrera de resistencia química de superficies y depósitos de hormigón y madera, donde posteriormente se aplicarán otros recubrimientos de la Línea FURAL.
- FURAL-Rr (Mortero): Se aplica en la hermetización de depósitos de hormigón, metálicos, de pisos tecnológicos de diferentes industrias, de cocinas, neveras, plantas de tratamiento de agua, filtros y reactores de intercambio iónico, en mesas de laboratorio, campanas de extracción de gases tóxicos y corrosivos así como en la protección de bases de hormigón de bombas de productos químicos.
- Resina FL: Se emplea en la fabricación de artículos de plásticos reforzados con fibras de vidrio (PRFV) para tanques y tuberías; en la fabricación de cementos antiácidos de alta estabilidad térmica, en la elaboración de convertidor de óxido y en recubrimientos especiales anticorrosivos.

- Resinas para fundición: FURANICID VII: Por su contenido de nitrógeno se recomienda para la fundición no ferrosa y ferrosa de piezas de bajos espesores. En los procesos sin estufar y de caja caliente. Permite un endurecimiento rápido de los machos ofreciendo buena resistencia a la penetración del metal líquido.
- Resina PB-20: Se utiliza para mejorar la adhesividad de pinturas base cal (lechadas) sobre las paredes. Se ha utilizado también, para la fundición como aglutinante de arenas en la elaboración de machos empleados en la grifería vinculada a los programas de ahorro de agua y vivienda.
- Preservante de madera: FASOL: Para el tratamiento protector y preventivo de maderas. Protege contra el ataque de hongos, insectos (comején) y contra la humedad. Aumenta la resistencia mecánica de la madera tratada, la protege contra la abrasión, los impactos y los solventes químicos comunes (según el método de tratamiento empleado). Le confiere a la madera propiedades ignífugas (no propaga la llama). No se lixivia.

Resultados de estudios de viabilidad

Para poder llevar con éxito la introducción de los resultados de I+D a tecnologías productivas fiables se requiere de diferentes etapas que van desde las de I+D, las de estudio de mercado, valoración de demandas, estudio de los suministradores de las materias primas, materiales, equipos etc. Las tareas técnicas sobre el equipamiento y facilidades de agua, energía, vapor, almacenamiento entre otras. El diseño de la Planta con la flexibilidad para la producción de diferentes resinas y productos, los planos para la rehabilitación de equipos de segunda mano, para la construcción de equipos complementarios, para el montaje de los mismos. Las relacionadas con los requisitos nacionales para la materialización del proyecto, cumpliendo lo establecido para el Proceso Inversionista (8, 9) Gaceta Oficial de la República de Cuba, 5 de mayo del 2006, Ministerio de Economía y Planificación, Resolución No.91/206, Capítulo IX, Artículo 67 y posteriormente con el Decreto nº 327 de fecha 11 de octubre del 2014, puesto en vigor el 24 de marzo del 2015; en el sentido de que las inversiones y, por consiguiente, los estudios vinculados a las mismas requieren, avales y permisos de Planificación Física (macro y micro localizaciones, licencia de obra e inversión en el plan de ordenamiento territorial), CITMA: estudios de impacto ambiental si se requiere y licencia ambiental, MINFAR: compatibilización con los intereses de la defensa, Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil: protección sobre desastres, MININT- APCI: protección contra incendios

Las etapas desarrolladas desde el año 2014 hasta el 2016 fueron: Tarea Técnica, Estudio de Oportunidad, Pre inversión, Puesta en Marcha y Producción.

El Estudio de Oportunidad realizado en septiembre del 2014 fue actualizado en septiembre del 2016, para evaluar a partir de los datos reales de costo del proyecto para la instalación, rehabilitación, completamiento y operación de la Planta de Síntesis de Resinas, que estaba ubicada en la UEB Amancio Rodríguez de Las Tunas y que fue reubicada en áreas aledañas a la Planta de Cal de Cienfuegos, perteneciente a la Empresa de Servicios Técnicos, Sucursal Cienfuegos, ambas pertenecientes al Grupo Empresarial AZCUBA. La inversión para la Planta de Síntesis de Resinas de Cienfuegos con capacidad de 450 ton de productos al año fue aprobada por AZCUBA en el año 2015.

Se calcularon las Fichas de Costo relacionadas al proyecto, calculando sus precios de venta, para su comparación con sus similares de importación, a partir del costo de producción de cada una de ellas, según los conceptos de gastos establecidos para la elaboración de los precios de las producciones de AZCUBA. Los precios de las resinas para su venta y comercialización nacionalmente, se establecieron a partir de los de sus similares a nivel internacional.

Se define que las producciones de la Planta se destinen al consumo interno para la sustitución de importaciones. Se planificó un año para la inversión y a partir del 2do año comienza la puesta en marcha, producción y venta de forma gradual hasta el 4to año en que alcanza su máxima capacidad de producción y venta. Los resultados económicos-financieros evidencian la factibilidad de la inversión a partir de los valores obtenidos del VAN (623.566,46), el TIR (28,16 %), y el tiempo de recuperación de la inversión (3,71 años).

Los datos técnicos reflejados proceden de los documentos: “Ingeniería Conceptual. Instalación de Planta de Resinas en la Planta de Cal de Cienfuegos”, y su “Anexo”, ambos realizados por especialistas del ICIDCA en julio-setiembre 2014, posteriormente actualizado sobre la marcha en el 2015, 2016 y 2017.

En la **Figura 4** se muestran vistas de la Planta en la etapa de montaje.



En la **Figura 5** se muestra la vista de la Planta terminada y en producción.



Inserción en el mercado nacional y/o externo.

Los productos y el servicio de aplicación con que pueden acompañarse los mismos tienen como mercado por excelencia a la industria en general, fundamentalmente aquella donde tiene peso importante la recuperación de piezas y la protección anticorrosiva. Las industrias más consumidoras son la azucarera, la básica, la sidero-mecánica, el turismo, la construcción, el transporte, la pesca y hasta el hogar. La experiencia del ICIDCA con las formulaciones que ha producido y vendido en el mercado nacional es que las mismas compiten en calidad y precio con las marcas más renombradas existentes en el mismo.

Los productos similares presentes actualmente en el mercado son las resinas de las firmas DEVCON, EUTECTIC+CASTOLIN, LOTUM, BERZONA MOLECULAR y LOCTITE, respectivamente. Estos productos descansan en matrices poliméricas de base epoxídica y cianoacrilatos, pero con niveles de precios extremadamente altos que van desde 50 hasta 400 USD/Kg, lo cual impide satisfacer toda la demanda. Los precios de los posibles competidores son tan elevados, que se garantiza un alto nivel de recuperación con los productos FURAL. Además, hay demanda no satisfecha en el mercado doméstico, para la cual no hay respaldo de productos con una favorable relación precio/calidad/uso. El trabajo comercial, aún efectuado con escasos recursos publicitarios, ha permitido identificar una demanda nacional para los distintos surtidos de la línea que supera su producción anual.

Se han detectado posibilidades de exportación a países como México, Venezuela, Perú y España.

Para establecer por correlación los precios de los productos desarrollados se solicitaron y actualizaron los precios de los productos de competencia:

PRODUCTO NACIONAL FURAL	PRECIO VENTA (MT)	PRODUCTO IMPORTADO QUE SUSTITUYE	PAÍS DE PROCEDENCIA	PRECIO DE IMPORTACIÓN (FOB)
FURAL-Ri 1001	10.00	Imprimantes epoxi	Europa, Asia y América	5 – 19.0 €/kg FOB
FURAL-Rr Mortero	13.00	Masillas y morteros anticorrosivos	Europa, Asia y América	5 – 28.0 €/kg FOB

Experiencia de la aplicación

- **Sistemas de recubrimientos y/o morteros anticorrosivos para aplicar en superficies, o para pegar losas antiácidas.**

Pisos de planta de tratamiento de agua, bases de bomba de guarapo clarificado, cachaza, áreas expuestas a derrames de mieles, crudos, productos químicos, etc. En la industria de los Derivados se pueden aplicar en los canales de desagüe y residuales, plantas de tratamiento residual, en los reactores de biogás. Las propiedades de estas composiciones poliméricas aparecen en la Tabla III y muestra gráfica en la Figura 6.

Tabla III. Propiedades de los recubrimientos y morteros anticorrosivos furánicos

Propiedad	Hormigón	Mortero	Masilla	Cemento
Densidad g/cm ³	2.1-2.4	1.8-2.0	1.6-2.0	1.8-2.0
R. Compresión MPa	50-70	70-80	100-120	60-80
R. Tracción MPa	4-5	6-7	10-12	6-7
R. Flexión MPa	12-14	20-30	30-35	18-20
R. Térmica °C (Martens)	250-300	250-300	250-300	250-300

Figura 6. Aplicaciones de recubrimientos para la protección de pisos, terrazas, cubiertas transitables / no transitables y depósitos de hormigón en general



Figura 7. Aplicaciones de los impregnantes de madera.

- Impregnantes de madera de base furánica

Tienen alta resistencia frente a agentes biológicos y ambientales, mejora la resistencia mecánica de la madera, confiere estabilidad dimensional a la madera tratada, así como las hace resistente al agua. La aplicación del producto se puede realizar con brochas, sumergida la madera en el producto o en autoclave, el método seleccionado está en función del grado de protección y aplicación final de la madera. El resultado final que se obtiene es una madera de color oscuro, de alta densidad y buenas propiedades físico-mecánicas. Ver Figura 7.

- Composiciones poliméricas para el reacondicionamiento de piezas

Las propiedades de los adhesivos estructurales formulados como soldaduras metálicas en frío FURAL, se exponen en la Tabla IV y su muestra gráfica en las Figura 4, 5, 6 y 7.

Table IV Soldaduras metálica en frío

Soldadura metálica en frío	Propiedades				
	Resistencia a la Traction (MPa)	Resistencia a la Flexión (MPa)	Resistencia Compresión (MPa)	Adherencia (MPa)	Estabilidad Térmica (°C)
Aluminio AL	27	22	26	13	≤ 200
AL Alta Tenacidad	32	45	38	13	≤ 200
Hierro	17	41	38	10	≤ 200
Bronce	7	19	34	12	≤ 200

Recuperación del bancazo y virgen del tren de molienda del central azucarero con soldaduras metálicas en frío

En las Figuras de la 8 a la 10 puede apreciarse las etapas fundamentales del proceso de recuperación de estos equipos con las soldaduras metálicas en frío.

Figura 8. Vistas de la virgen y bancazo antes de la recuperación



Figura 9. Vistas de la virgen y bancazo con el método tradicional de recuperación, varillas de soldar y maquinado



Figura 10. Vistas de la recuperación del bancazo y virgen del tren de molienda con soldaduras metálicas en frío



Figura 11. Otras aplicaciones de las soldaduras metálicas en frío en la recuperación y rehabilitación de piezas y equipos.



Figura 12. Vistas de la aplicación de este sistema de recubrimiento en la propia Planta de Resinas de Cienfuegos.



CONCLUSIONES

- Se han desarrollado nuevos materiales a partir de polímeros furánicos, ellos se pueden catalogar como derivados de tercera generación de la caña de azúcar.
- Estas producciones y sus aplicaciones tienen un papel importante en la cadena de valor de las Empresas Azucareras por el alto valor agregado de estos productos y servicios de aplicación
- Estos polímeros furánicos han sido evaluados en aplicaciones relacionadas con el mantenimiento de la propia industria de azúcar y de otras industrias como recubrimientos de anticorrosivo, morteros y cementos armados poliméricos, soldaduras metálicas en el frío, protección de madera y otros más **con reducción de sus costos.**
- La inversión de la Planta para la producción de 450 toneladas de polímeros furánicos al año en la provincia de Cienfuegos que facilita la generalización de los resultados alcanzados.
- El destino e impacto de estos productos está en la actividad de mantenimiento de la propia industria azucarera, fundamentalmente en aquellas donde tiene un peso importante la recuperación de piezas y la protección anticorrosiva.
- La transferencia de tecnologías de Resinas Furánicas a la Planta de Resinas de Cienfuegos ha permitido contar con nuevas experiencias que pueden ser extendidas a otros países azucareros.
- Existe experiencia con buenos resultados y satisfacción de clientes en las aplicaciones de estos productos furánicos. Se brindan los Servicios de Aplicación, así como los de Capacitación a Brigadas de Aplicadores.

REFERENCIAS

1. Gómez, A. y otros: Patente de Invención No. 21 755/1987, No. 929/1989, No. 22 355/1994, No. 23700/2011; (Cuba).
2. Gómez y colab., (2004); Generalización de recubrimientos especiales furano – epoxídicos en la protección de pisos, terrazas, cubiertas transitables y depósitos de hormigón en general, Revista ATAC, No.1, vol 65, 2004.
3. Gómez y colab., (2011); “Recubrimientos que se requieren en una destilería. Parte I. Propuesta de Normalización”. Revista ICIDCA 45 (3) 2011, pág 39 -48
4. Gómez y colab., (2012); “Recubrimientos que se requieren en una destilería. Parte II. Propuesta de Normalización”. Revista ICIDCA 46 (1) 2012, pág 38 -45.

5. Diez, F.; Gómez, A.; "El uso de los polímeros en el mantenimiento industrial"; Revista INGENIERIA Y GESTION DE MANTENIMIENTO No.34, Año VII, 2004. Editorial "ALCION", España.
6. Diez, F.; Dopico, M.; Gómez, A.; et.al.; Resistencia a la compresión de sistemas furano - epoxídicos y epoxídicos. Efecto de la relación matriz - endurecedor; Rev. Ingeniería Química No. 424, Mayo 2005, año XXXVII, Editorial Alción, España
7. Pérez, I.; Garrido N.; Gómez, A.; Cordovés, M.; Ingeniería conceptual, instalación de planta de resinas en la planta de cal de Cienfuegos; Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), AZCUBA, Mayo 2014.
8. Gaceta Oficial de la República de Cuba, 5 de mayo del 2006, Ministerio de Economía y Planificación, Resolución No.91/206, Capítulo IX, Artículo 67
9. Decreto nº 327 de fecha 11 de octubre del 2014, puesto en vigor el 24 de marzo del 2015