5.9 CASOS DE ÉXITO

Proyecto PEI: Escalamiento del Proceso de Desarrollo de Espuma Termoplástica Biodegradable para Aplicación Automotriz (continuación de proyecto 214277)

Desarrollado en la Unidad o Subsede: Centro de Investigación en Química Aplicada.

Empresa: Plásticos e inyectores de Saltillo S.A de C.V. (PEISSA)

Monto: $ 1'735,000.00

Línea de Investigación que atiende: Desarrollo de Materiales Microcelulares para la Industria Automotriz.

Zona de Influencia: El presente trabajo tiene como prioridad apoyar a la industria automotriz regional y nacional en el desarrollo de nuevas tecnologías para la preparación y aplicación de nuevos polímeros microcelulares sustentables.

Objetivo: Desarrollar materiales microcelulares avanzados a base de poliolefinas y cargas orgánicas e inorgánicas, provenientes de subproductos industriales, modificadas superficialmente mediante procesos de química verde.

Descripción: Se escaló el proceso semi-continuo desde laboratorio a escala piloto, lo que permitió obtener diversos prototipos de espumas plásticas microcelulares. Se logró moldear una parte utilizada como sello entre los espejos laterales y la carrocería de un auto, utilizando el proceso semi-continuo. Además, se pudieron obtener diversos prototipos con diferente densidad y desempeño mecánico lo cuales funcionan como aislantes acústicos y térmicos.

Impacto Científico, Social, Ambiental y /o Económico:

Impacto Científico: El desarrollo del presente proyecto permitió fortalecer la vinculación entre PEISSA y el CIQA logrando aprovechar el conocimiento de investigadores del CIQA para resolver diversos problemas relacionados con polímeros microcelulares sustentables y los procesos de obtención. La sinergia entre estas dos instituciones promovió la generación de nuevo conocimiento científico lo que permitió generar un artículo científico, el cual se envió a la revista *Internacional Polymer Composites* y la publicación de una memoria in extenso en el congreso *IUPAC 11th International Conference On Advanced Polymer Via Macromolecular Engineering* (Yokohama, Japan). Además, se concluyó con la formación y especialización por tesis de un estudiante de ingeniería automotriz de la Universidad Politécnica de Pachuca. Asimismo, se han publicado dos

artículos de divulgación uno en la revista *Plastics Technology México* y otro en la Agencia CONACYT. Por último se presentaron los resultados más relevantes en 1 congreso nacional y 3 congresos internacionales.

Impacto Social: Se contrató por honorarios al Dr. José Francisco Hernández Gámez, a quien después se reclutó mediante el programa de Cátedras CONACYT con el proyecto 541. Se contrató por honorarios al Ing. Luis Antonio Calva Nava quien realizó la tesis bajo este mismo proyecto. Por otro lado, PEISSA incluyo en su área de desarrollo de productos al Lic. Carlos Ramírez. Cabe mencionar que con la continuación de este proyecto mediante el PEI 2016 con registro 232706, se pretende establecer una nueva línea de negocio en PEISSA lo cual requerirá de al menos un ingeniero y un operador.

Impacto Tecnológico: Al desarrollar la tecnología para la obtención de polímeros microcelulares sustentables, materiales ligeros y resistentes para la industria automotriz se promueve una reducción en costos y la sustitución de importaciones en este importante ramo de la industria. En este sentido, se sometió en co-propiedad con PEISSA una patente nacional (Mx/E/2015/085714) para la protección de la tecnología desarrollada. Además, se licenció la misma patente a PEISSA durante los próximos 10 años. Finalmente se generó una marca registrada denominada LEVAFOAM®.

Impacto Ambiental: Este proyecto constató que el empleo de fibras naturales en compuestos poliméricos, generó una reducción en el impacto ambiental, contribuyendo a la sustitución de materiales sintéticos cuyo tiempo de degradación es mucho mayor. En este mismo sentido el uso de arena sílice (subproducto industrial) proporciona un valor de sustentabilidad al desarrollo realizado, ya que se promovió el uso de materiales que originalmente se confinaban y ahora generarán una ganancia a la empresa de origen.

5.9 CASOS DE ÉXITO

Proyecto: Nuevos elastómeros en polimerización continua de resinas estirénicas

Desarrollado en la Unidad o Subsede: Centro de Investigación en Química Aplicada

Empresa: Dynasol Elastómeros S.A. de C.V.

Monto: Primera etapa, año 2014, $1'200,000 (Un millón dos cientos mil pesos 00/100 M.N.)
Segunda etapa, año 2015, $1'682,000 (Un millón seiscientos ochenta y dos mil pesos 00/100 M.N.)

Línea de Investigación que atiende: Síntesis de polímeros y desarrollo de nuevos productos

Zona de Influencia: Empresas del sector químico productoras de resinas plásticas

Objetivo: Desarrollo de elastómeros diferenciados base polibutadieno y su uso/evaluación como modificadores de resinas estirénicas de alto consumo obtenidas en masa a partir de procesos continuos

Descripción: En la primera etapa del proyecto que comprendió el año 2014, se construyó una planta de polimerización en masa en continuo para la producción de resinas estirénicas (GPPS, HIPS, ABS) en condiciones de reacción similares a procesos industriales del tipo tren de reactores tipo tanque agitado (CSTR). Así mismo, se produjeron en continuo y caracterizaron un aproximado de 20 muestras de HIPS (poliestireno de alto impacto) a partir de nuevos elastómeros de Dynasol, evaluándose una serie de 10 elastómeros (y mezclas de ellos) estableciendo la relación Elastómero-Propiedades de los HIPS por efecto de los elastómeros utilizados, resaltando además de que esta serie de materiales fueron obtenidos en un proceso directamente comparable con aquellos utilizados a nivel industrial (procesos continuos). La presentación de los resultados obtenidos por parte de Dynasol a sus potenciales clientes con un alto porcentaje de éxito de ventas de sus elastómeros, así como la divulgación de algunos de los resultados en foros científicos o comerciales, son ejemplos del éxito del proyecto aquí descrito. En la segunda etapa del proyecto, que comprendió el año 2015, se adecuó la planta de polimerización en continuo para poder trabajar adecuadamente (aspectos de operación del proceso y aspectos de seguridad de los operadores) en la producción de resinas ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno), las cuales, por las características mismas del material, representarían en el mercado un mayor volumen de venta de elastómeros de Dynasol. En esta etapa se produjeron en continuo y caracterizaron un aproximado de 15 muestras de ABS a partir de diversos elastómeros de Dynasol (de línea y prototipos), de igual forma se estableció la relación Elastómero-Propiedades de los ABS por efecto de los

elastómeros utilizados. La presentación de los resultados obtenidos por parte de Dynasol a sus potenciales clientes está actualmente planeándose y pronta a ejecutarse.

Impacto Científico, Social, Ambiental y /o Económico:

El ***impacto científico*** esperado se alcanzó con la creación de infraestructura científica-tecnológica, es decir, con la instalación de una planta de polimerización en masa en continuo para producir resinas estirénicas modificadas con hules con una capacidad que oscila entre los 0.5 y 1 kg/hora. La creación de esta infraestructura ha permitido y seguirá permitiendo la planeación y desarrollo de proyectos de investigación de carácter académico y de carácter industrial, mediante la prestación de servicios o vinculación con industrias del sector Químico de México (Dynasol en este caso) y Extranjeras.

En cuanto al ***impacto social*** se encuentra sustentado en la formación y/o capacitación de estudiantes que realizan Tesis de Licenciatura o de Posgrado en temas relacionados con la planta de polimerización en masa en continuo, así como en la creación de nuevos empleos (formales o temporales) tanto en el CIQA como en las industrias vinculadas durante el desarrollo de los proyectos en colaboración.

Impacto ambiental: dado el tamaño de la planta de polimerización, planta única por su tamaño en México y adecuada para realizar proyectos de investigación, se obtiene un ahorro considerable de los consumibles (monómero, energía, etc.) y en la producción de desechos, en comparación con plantas pilotos de las industrias cuyas capacidades varían generalmente entre 5000 a 15000 kg/hora. Esta planta fue ideal para realizar investigación evaluando elastómeros de Dynasol (y potencialmente adecuada para otras empresas productoras de resinas similares a las aquí descritas), ya que muchos de esos elastómeros son sintetizados a nivel prototipo en bajas cantidades, pero suficientes para la producción e investigación de materiales tipo HIPS o ABS en procesos de polimerización en continuo.

El ***impacto económico*** alcanzado por el CIQA está directamente relacionado con la inversión de las industrias para la ejecución de los proyectos, mientras que el impacto económico a alcanzar en corto tiempo por la empresa se relaciona con la divulgación comercial de los productos resultantes de los proyectos, abriendo la posibilidad de una mayor comercialización de los mismos por parte Dynasol hacia sus clientes, especialmente en el este de Asia, incrementando así el posicionamiento de la empresa a nivel internacional.

5.9 CASOS DE ÉXITO

Proyecto: Nuevos Elastómeros para el Mercado de Resinas Estirénicas

Desarrollado en la Unidad o Subsede: Centro de Investigación en Química Aplicada-Departamento de Procesos de polimerización

Empresa: Dynasol Elastómeros (Altamira Tamaulipas)

Monto: $800,000.00 MXP

Línea de Investigación que atiende: Materiales estirénicos resistentes al impacto

Zona de Influencia: Mercado asiático y europeo enfocado a la producción del termoplástico ABS

Objetivo: Como objetivo general, se planteó generar a escala laboratorio las condiciones de reacción que utilizan los clientes y potenciales clientes de Dynasol en la producción de resinas estirénicas.

Descripción: El proyecto con duración de un año consideró la realización de cuatro principales actividades i) Evaluación de nuevos polibutadienos radiales de Dynasol y sus mezclas con S-SBR de línea en la síntesis de ABS emulando la obtención de procesos con reactores tipo PFR agitados, ii) Definición de ajustes respecto al peso molecular o composición de productos de línea S-SBR y/o prototipos para optimizar su aporte al mejoramiento de atributos de desempeño en ABS, iii) Obtención de manera reproducible y con alto rendimiento de un prototipo a nivel laboratorio de polibutadieno alto *cis* con segmento polar con aplicación factible en ABS y iv) Optimización de la metodología de polimerización por lotes a nivel laboratorio para reproducir los principales rasgos de la obtención de ABS con tecnología basada en reactores PFR agitados (torres de polimerización). Todas las actividades fueron cubiertas en su totalidad, alcanzando un 100 % de cumplimiento, aunque el orden en que se realizaron durante el desarrollo del proyecto tuvo un cambio en el sentido de lograr primero la optimización en la metodología de obtención de ABS.

Impacto Científico, Social, Ambiental y /o Económico:

Impacto Científico: Fortalecimiento del conocimiento científico para la toma de decisiones en relación a los mejores atributos que sus hules deben tener para poder ser utilizados en ABS. Asimismo, el impacto científico, es en este momento el más tangible ya que precisamente sin la generación del conocimiento no hubiese sido posible realizar el proyecto.

Impacto Social: Generación de fuentes de empleos para la realización del proyecto, considerando empleados involucrados del CIQA, Dynasol y proveedores de servicios.

Impacto Ambiental: Dynasol contará con una tecnología capaz de probar sus diferentes hules y además poder ofrecer productos amigables con el medio ambiente por la naturaleza del comonómero empleado en la síntesis de polibutadieno con segmento terminal polar biodegradable.

Impacto Económico: Capacidad de penetrar mercados donde Dynasol no tiene la presencia deseada, con lo cual se incrementarán las ventas: Muestra de ello fue que se apoyó en la caracterización morfológica vía TEM de un set de muestras probadas por un cliente prospecto de Dynasol con los polibutadienos Dyne 97A, Dyne 97B, y sus mezclas con hule SBR de línea de Dynasol, así como referencias utilizando elastómeros de la competencia. Esta caracterización fue clave para convencer al cliente de los atributos de las nuevos polibutadienos de Dynasol.

5.9 CASOS DE ÉXITO

Proyecto: Diseño Vehicular del Tren ARGOS apoyado por CONACYT registrado con el número 214724 en la Convocatoria 2014 del Programa de Estímulos a la Innovación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Desarrollado en la Unidad o Subsede: Centro de Investigación en Química Aplicada, Depto. de Procesos de Transformación, Unidad de Diseño y Prototipado

Empresa: EXPERTPLAN CONSULTING & CONSTRUCTION S.A. DE C.V.

Monto: $3'500,000.00

Línea de Investigación que atiende: Procesos de Transformación de plásticos

Zona de Influencia: Automotriz y Transporte

Objetivo: Selección de materiales plásticos para el diseño de piezas utilizadas como chasis y estructura de vagones para trenes ligeros.

Descripción: La empresa Expertplan Consulting & Construction S.A. DE C.V. contactó al CIQA, con la idea de generar una vinculación que les permitiera la búsqueda y selección de materiales aplicados para la manufactura de piezas útiles en trenes ligeros, la idea principal era la localización de materiales que tuvieran tanto las propiedades mecánicas como las propiedades físicas adecuadas, para el desempeño útil en estructuras y chasis de vagones que generarían trenes ligeros, así como las cualidades reológicas y de procesabilidad que permitieran la fabricación posterior a este proyecto de esas secciones. En una segunda etapa la misma empresa solicitó que se asistiera en el diseño de las secciones que involucrarán la estructura de los vagones así como el chasis, y la validación de estos mediante herramientas de simulación en formatos no lineales y desarrollo de sistemas dinámicos de simulación

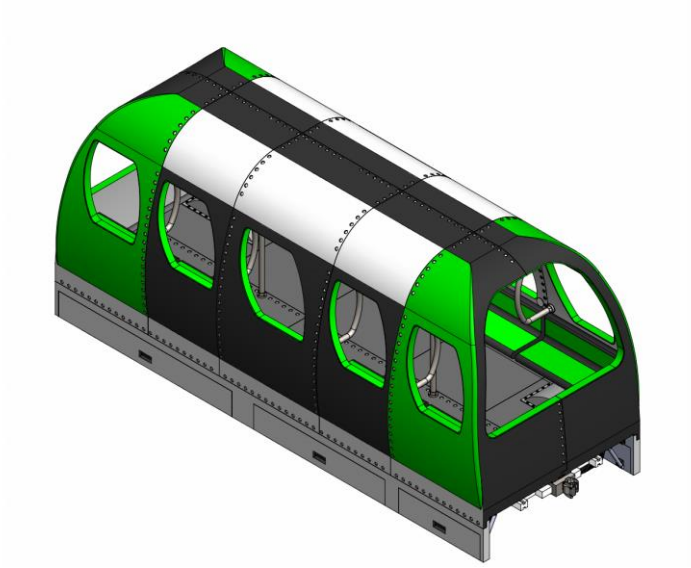
Impacto Científico: El proyecto persigue el beneficio de la aplicación de materiales ligeros, en la búsqueda de ahorro en el peso del automotor ya que es eléctrico. Se aplicaron sistemas híbridos de simulación dinámica/no lineal que permitieron obtener una homogeneidad en las geometrías a evaluar, los datos prácticos para la simulación se obtuvieron desde las propiedades mecánicas y reológicas.

Impacto Económico: El proyecto generaría una vez fabricadas las piezas, una reducción en la adquisición de los insumos de importación, que incrementan el costos de los vehículos de transporte masivo, la compañía Expertplan, fabricaría el primer Tren ligero, fabricado de plástico, con costos más bajos y la posibilidad de que más municipios en el país desarrollen la infraestructura para que lo implementen en sus ciudades.

Impacto Ambiental: Este vehículo es ecológico, ya que usa baterías eléctricas y servomotores, y las piezas del chasis y carrocería son de plástico, por lo que el costo de estos se reduce hasta un 10% comparado con

los procesos de manufactura convencional de metales, el tren pesa un 2 veces menos que un vagón convencional de metales, como aluminio y acero, el país desea según su plan rector que en 2024 se genere al menos ¼ de la energía de consumo del país por medios ecológicos, y esta reducción además obliga a aquellos que consumen más combustibles fósiles a la reducción de la misma.

Impacto Social: Además de todo lo que es obvio de la implementación de las tecnologías innovadoras para beneficio de la masa poblacional, el que se implemente un desarrollo tan visible en la calle donde la sociedad lo vea y vea el resultado de la investigación y tecnología Mexicana, dará un beneficio de apreciación sobre el trabajo científico que se genera en México y seguramente una mayor involucramiento de la industria y la sociedad hacia el sector científico.



5.9 CASOS DE ÉXITO

Proyecto Ciencia Básica SEP-Conacyt CB-101670 Polimerización radicálica controlada por nitróxidos en sistemas en dispersión. Química verde para la generación de procesos limpios

Desarrollado en la Unidad o Subsede: Centro de Investigación en Química Aplicada.

Monto: $ 1’592,000.00

Línea de Investigación que atiende: Desarrollo de procesos de polimerización verdes para la síntesis de polímeros avanzados en ausencia de solventes orgánicos.

Zona de Influencia: Este trabajo tiene aplicación potencial a nivel mundial en cualquier industria que utilice procesos de polimerización para producir materiales poliméricos con estructura molecular controlada; por ejemplo, en las industrias de pinturas, adhesivos, recubrimientos, tensoactivos, dispersantes, etc.

Objetivo: Estudiar los mecanismos y variables que afectan la estabilidad coloidal de la dispersión y las características vivientes / controladas de polimerizaciones en emulsiones acuosas y en dispersiones en CO_2 supercrítico, para aplicar estos conocimientos al desarrollo de procesos robustos de CRP (controlled radical polymerization) en estos medios de reacción, en particular utilizando polimerización controlada por nitróxidos.

Descripción: Tomando como modelo de trabajo el proceso de polimerización controlada en emulsión vía NMP (*Nitroxide Mediated Polymerization*), se estudiaron las variables que determinan la estabilidad de la emulsión y aquéllas que determinan el control de la estructura del polímero. A partir de entender el rol de las variables principales sobre estos dos parámetros, se resolvió el problema de desarrollar un proceso en el que simultáneamente se alcanzara buen control de la estructura del polímero y al mismo tiempo buena estabilidad coloidal. Estos dos objetivos se contraponen en todos los procesos en emulsión que utilizan técnicas de polimerización radicálica controlada, y el alcanzarlos simultáneamente era un objetivo que había eludido por largo tiempo el esfuerzo de muchos grupos de investigación a nivel mundial. En este proyecto se cumplió en forma sobresaliente el objetivo principal, que consistió en el desarrollo de un proceso

semicontinuo robusto y versátil para la polimerización en emulsión mediada por nitróxidos, al mismo tiempo que se esclareció el rol de las diferentes variables y mecanismos que afectan el control y la estabilidad del proceso. El proceso permite la síntesis de polímeros y copolímeros de estructura controlada (p. ejemplo copolímeros en bloques) con distribuciones estrechas de pesos moleculares, utilizando diversos monómeros y diversos nitróxidos comercialmente accesibles.

Impacto Científico, Social, Ambiental y /o Económico:

Impacto Científico: El proceso que se desarrolló es claramente el más avanzado de los hasta ahora reportados en la literatura y se basó en un entendimiento detallado de las variables más importantes que determinan la estabilidad de la emulsión y el control del polímero generado. Este logro permitió los siguientes resultados e impactos asociados: graduación de dos estudiantes de doctorado, dos de maestría y dos de licenciatura en temas directamente relacionados al proyecto. Adicionalmente se graduó otro estudiante de maestría y tres más de doctorado en temas laterales generados como subproductos del proyecto. Uno de los estudiantes graduados presentó su trabajo doctoral en la Reunión del *International Polymer Colloid Group* en la Fudan University en Shanghai, China en junio de 2013 y obtuvo el premio al mejor trabajo de doctorado. Asimismo, se publicaron tres artículos en revistas indizadas en temas directamente relacionados al proyecto y tres más en temas laterales. Uno de estos artículos fue utilizado para ilustrar la portada de la prestigiosa revista Polymer Chemistry en 2015.

Impacto Social: El resultado más importante en este rubro fue la graduación de cinco estudiantes de doctorado, tres de maestría y dos de licenciatura en temas relacionados con el proyecto. Todos ellos se encuentran actualmente trabajando en la industria o realizando estudios adicionales en México o en el extranjero.

Impacto Tecnológico: El proceso semicontinuo en emulsión desarrollado permite alcanzar 40 % sólidos en 8 horas de reacción, excelente estabilidad coloidal, y es aplicable a diferentes monómeros con diversos nitróxidos y sus derivados: TEMPO, SG-1 y TIPNO, con eficiencias de nitróxido cercanas al 100 %, lo que implica excelente control de peso molecular. Por contraste, el mejor resultado previo reportado en la literatura sólo alcanzaba 26 % de sólidos en un proceso por etapas que podía durar más de un día, funcionaba únicamente con SG-1 y reportaba escasos datos sobre estabilidad coloidal y sobre eficiencia del nitróxido. Este resultado representa un avance significativo que otros grupos

de gran prestigio internacional persiguieron por casi una década sin lograr el resultado buscado.

Impacto Ambiental: El proceso desarrollado es amigable con el ambiente al utilizar agua como medio de dispersión en lugar de solventes orgánicos.