



Editorial de la  
Universidad Tecnológica Nacional  
U.T.N. - Argentina

# CRACKING TÉRMICO DE PLÁSTICOS PARA LA OBTENCIÓN DE COMBUSTIBLES

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL DEL NEUQUÉN

Editorial de la U.T.N. - edUTecNe  
<http://www.edutecne.utn.edu.ar>  
[edutecne@utn.edu.ar](mailto:edutecne@utn.edu.ar)

©[Copyright]

edUTecNe, la Editorial de la U.T.N., recuerda que las obras publicadas en su sitio web son de libre acceso para fines académicos y como un medio de difundir la producción cultural y el conocimiento generados por autores universitarios o auspiciados por las universidades, pero que estos y edUTecNe se reservan el derecho de autoría a todos los fines que correspondan.



*PROYECTO DE  
FACULTAD*

**Premio Pre Ingeniería  
2016  
Centro Argentino de  
Ingenieros**

## Tabla de contenido

---

### CAPÍTULO 1

<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	2
1.1. Unidad Científico-Tecnológica	2
1.2. Título del Proyecto	
1.3. Palabras Claves	2
1.4. Resumen Técnico del Proyecto	2
1.5. Integrantes del Proyecto	3
1.6. Objetivos del Proyecto	3
1.7. Estado Actual de Conocimiento del tema	3

### CAPÍTULO 2

<b>DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA</b>	6
1.1. Descripción de la Metodología	6
1.2. Diagrama de Flujo	7

### CAPÍTULO 3

<b>CONTRIBUCIONES DEL PROYECTO</b>	8
1.1. Contribuciones al Avance Científico, Tecnológico, Transferencia al Medio	8
1.2. Contribuciones a la Formación de Recursos Humanos	8

### CAPÍTULO 4

<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	10
----------------------------------	----

### CAPÍTULO 5

<b>ETAPAS PRODUCTIVAS</b>	11
---------------------------	----

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

## CAPÍTULO 1

### 1.1. UNIDAD CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional del Neuquén

### 1.2. TÍTULO DEL PROYECTO

Cracking Térmico de Plásticos para la Obtención de Combustibles

### 1.3. PALABRAS CLAVES

CRACKING TÉRMICO - PLÁSTICOS - OBTENCIÓN COMBUSTIBLES - CONTAMINACIÓN – RECICLAR – MEDIO AMBIENTE

### 1.4. RESUMEN TÉCNICO DEL PROYECTO

Estamos convencidos que este nuevo proyecto que bautizamos “Cracking Térmico de Plásticos para la Obtención de Combustibles” será una gran ventana hacia el futuro de nuestro país, ya que queremos un país con bases industriales que apunte a las energías alternativas, a las renovables, y que a su vez en tándem preserven nuestro medio ambiente como lo es a través del reciclado de plásticos.

Todo esto lo lograremos gracias a los conocimientos adquiridos en nuestra Universidad, Facultad Regional del Neuquén y a la necesidad de innovar utilizando tecnología ya desarrollada y aplicándola al proceso.

Este proceso es realmente un círculo virtuoso, ya que no solo estaríamos re-utilizando los plásticos que se encuentran como desechos, sino que estaríamos re-direccionando el camino de los plásticos hacia su reciclado y a eso agregarle valor agregado, transformándolo en combustible tan necesario en la actualidad no solo a nivel país sino también a nivel global. Sería una manera de abordar el problema de los residuos de una forma integrada. Papel muy importante para ayudar a la industria de los plásticos a conseguir los objetivos de optimización de recursos naturales y maximizar la valorización.

Se trata de una alternativa para el reciclado que elimina alguna de las limitaciones del reciclado mecánico, en el que se necesitan grandes cantidades de residuos plásticos limpios y homogéneos para poder realizarlo con éxito. El reciclado mecánico juega un papel muy importante en la gestión de residuos plásticos, pero considerar esta opción como la única a seguir es ignorar los beneficios económicos y medioambientales de un enfoque integrado en la gestión de residuos.

Estamos convencidos que podemos llevar adelante nuestro proyecto.

### 1.5. INTEGRANTES DEL PROYECTO

<b>Director/Tutor:</b>	Dr. Héctor Beck.
<b>Docente Colaborador:</b>	Lic. Torres Alejandro.
<b>Alumnos Investigadores:</b>	Cerda Gabriel (Ingeniería Química)
	Espinosa Raúl (Ingeniería Electrónica)
	Lizarrondo Daiana (Ingeniería Química)
	Shell Gabriela (Ingeniería Química)
	Vazquez Daniela (Ingeniería Química)

### 1.6. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Este proyecto surge a partir de la problemática ambiental ocasionada por la polución de plásticos.

El principal objetivo es implementar un proceso de reciclado de plásticos por medio de cracking térmico para obtener combustibles, y de esta manera reducir la cantidad de desechos plásticos existentes, los cuales no tienen un fin específico. También se busca generar combustibles a partir de otras fuentes de energía, reduciendo la explotación de fuentes no renovables, como lo es el petróleo.

Utilizar el combustible obtenido en el proceso para abastecer el quemador de combustible líquido y un generador diesel.

Otro objetivo sumamente importante es afianzar los conocimientos que el alumno ha adquirido a lo largo de la carrera, que el alumno pueda familiarizarse con el proceso y de esta manera adquirir experiencia que le será de gran utilidad durante su desarrollo profesional.

### 1.7. ESTADO ACTUAL DE CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA

Los plásticos son polímeros, mayormente sintéticos, (formados por largas cadenas de moléculas repetidas), derivados del petróleo. Sus diversas propiedades permiten moldearlos y adaptarlos a diferentes formas y aplicaciones, esto hace que su consumo sea elevado (sector industrial, alimenticio, agricultura, construcción, automoción, etc.).

El plástico es una de las mayores amenazas para el medio ambiente debido a su baja degradabilidad, anualmente se producen toneladas de desechos que no tienen un fin específico. Sin embargo, la empresa japonesa Blest Company ha desarrollado una maquina denominada la

“Caja Mágica” capaz de transformar el plástico en combustible, con una conversión aproximada de 1 kilogramo de plástico por litro de combustible, reduciendo en un 80% las emisiones de dióxido de carbono.

Dicha maquina fue presentada por Akinori Ito en la feria japonesa en el año 2010, y actualmente está en pleno funcionamiento en 80 países de Asia, África y Oceanía.

Si bien se trata de un proceso en pleno desarrollo, actualmente existen varias empresas interesadas en la instalación de plantas recicladoras de plásticos.

En España por ejemplo, la empresa Rever Spain brinda soluciones para el reciclado, promoviendo una maquina cuya tecnología es similar a la de Akinori Ito, pero la diferencia radica en la eficiencia del proceso, de esta manera, por cada litro de combustible sólo serían necesarios 1,2 kW de potencia eléctrica.

Cabe recordar que existen cuatro posibles tipos de reciclado: el reciclado primario, en el que se produce la conversión del residuo plástico en artículos con propiedades físicas y químicas idénticas a las del material original; el secundario, que da lugar a artículos con propiedades que son inferiores a las del polímero original; el terciario, que degrada el polímero a compuestos químicos básicos y combustibles; y el cuaternario, en el que el plástico se utiliza como combustible para otros procesos.

En Argentina, la conciencia ecológica ha crecido mucho en los últimos años, el reciclado de plásticos se ha incrementado un 11% (2011). No obstante, el proceso de reciclado que se emplea en la actualidad es aquel que da como resultado la obtención de escamas de PET y gránulos PE y PP (pellets) que se utilizan para la producción de nuevos plásticos (botellas, bolsas, etc.).

#### Referencias

- Blest.co.jp, (2015). [online] Available at: <http://www.blest.co.jp/>
- Cairplas.org.ar, (2015). .: CAIRPLAS .: Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos. [online] Available at: <http://www.cairplas.org.ar/home.html>
- EcoEnergy, (2013). Pyrolysis. [online] Available at: <http://www.ecoenergyventures.com/technology/pyrolysis/>
- Reverspain.com, (2015). REVER | Reverse Vending Recycling. [online] Available at:

<http://www.reverspain.com/>

- Reciclarsa.com, (2015). Reciclar S.A. - Reciclado de envases industriales y materiales plásticos. [online] Available at: <http://www.reciclarsa.com/reciclarsa.html>
- Twenergy, (2015). - El portal de eficiencia energética de Endesa. [online] Twenergy.com. Available at: <http://twenergy.com/>
- rpp.pe, (2015). Científicos logran convertir desechos plásticos en combustible. [online] Available at: <http://rpp.pe/tecnologia/mas-tecnologia/cientificos-logran-convertir-desechos-plasticos-en-combustible-noticia-788732>

**1.1. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA**

Básicamente el proyecto radica en el montaje y puesta en marcha de un reactor para la obtención de combustibles a partir del cracking térmico de plásticos.

El cracking térmico es un proceso químico que consiste en la ruptura molecular de un compuesto por acción de la alta temperatura, produciendo compuestos más simples. Las variables involucradas en el proceso son el tiempo de residencia, la temperatura y la presión.

Inicialmente se procesarán 200 kg de plástico (preferentemente polietileno, polipropileno, poliestireno y PET) en un reactor batch a una temperatura cercana a los 450°C.

El calentamiento del plástico se llevará a cabo por medio de gases de combustión generados por un quemador de combustible líquido (dicho quemador será abastecido por el mismo combustible generado durante el proceso).

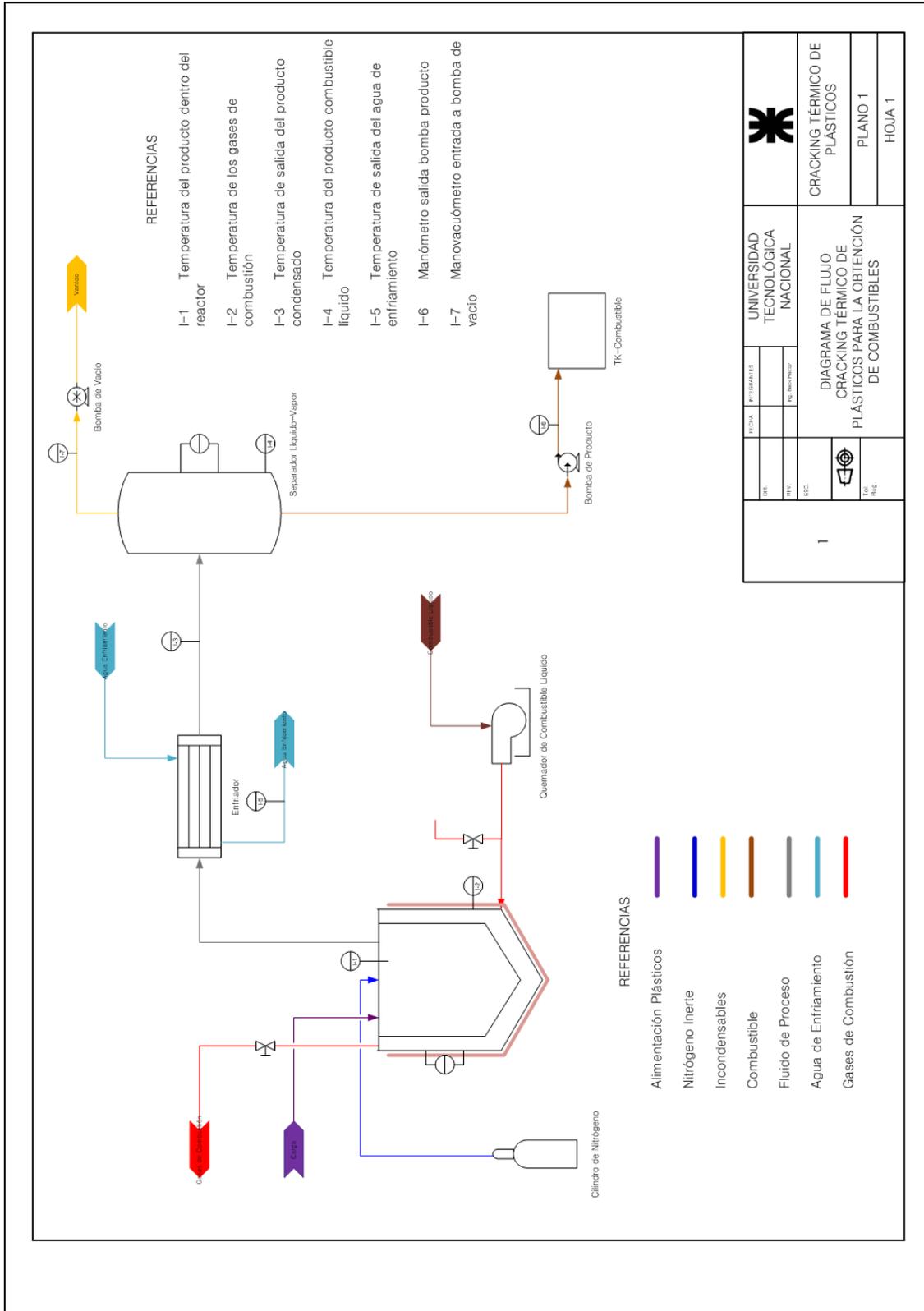
Esto producirá la fundición del plástico y posterior craqueo, los gases producidos ingresarán a un condensador y posteriormente a un separador líquido-vapor, allí se separarán por la parte superior los gases incondensables que serán tomados por una bomba de vacío, que descargará a la atmósfera; mientras que por la parte inferior se recogerá el producto, combustible líquido.

Dicho producto será bombeado hacia un tanque para su recolección y posterior almacenamiento.

Luego se tomarán muestras del producto obtenido y se realizará la curva de destilación en el laboratorio para caracterizar el producto de acuerdo a las especificaciones.

Finalmente el combustible obtenido se probará en un generador diesel, y se evaluará su eficiencia.

### 1.2. DIAGRAMA DE FLUJO



## CONTRIBUCIONES DEL PROYECTO

## CAPÍTULO 3

### 1.1. CONTRIBUCIONES AL AVANCE CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO, TRANSFERENCIA AL MEDIO

Con este proyecto se busca reducir la contaminación ocasionada por los desechos plásticos. Además de la importancia que tiene el reciclado de plásticos para preservar las materias primas que se emplean para su obtención, se trata de reducir la energía necesaria para la fabricación de diversos productos, en este caso combustible.

Promover el desarrollo sustentable, obteniendo combustibles a partir de otras fuentes de energía.

Los principales beneficios del reciclado de plásticos son:

- Reducción de volúmenes de desechos plásticos, y de esta manera reducción de la contaminación.
- Protección del medio ambiente.
- Disminución de la explotación de recursos no renovables, como lo es el petróleo.
- Desarrollo de nuevas tecnologías para la obtención de combustibles.

El reciclado es un tema que nos afecta a todos los individuos por igual, tanto en el presente como a futuro. El medio ambiente, los recursos naturales (renovables y no renovables) y el ser humano con todas sus actividades están estrechamente relacionados y es inevitable que la influencia positiva o negativa de cada uno, no afecte a todo el sistema. Por lo tanto es imprescindible ver a los residuos plásticos como recursos y de allí desarrollar una actividad sustentable que beneficie a toda la sociedad.

### 1.2. CONTRIBUCIONES A LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Este proyecto de investigación está formado por alumnos avanzados en Ingeniería Química, por lo tanto servirá como guía para la capacitación, integración y formación de los mismos en el manejo de procesos.

Durante el proyecto los alumnos adquirirán experiencia tanto en el manejo del proceso como así también en el laboratorio, poniendo a prueba todos los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera.

La importancia de tener la capacidad de trabajar en equipo es algo que se puede desarrollar a través de proyectos de este tipo, donde la participación de todos es importante y en donde nadie es indispensable, donde el aporte de todos es valioso, haciendo la tarea más enriquecedora ya que está elaborada de distintos puntos de vista, en donde surge el debate y se logra el consenso a través de la contribución de todos. Haciendo que el objetivo personal de cada participante del equipo se transforme en el objetivo grupal y de esta manera se logran las metas planificadas



desde el principio y que con el desarrollo del proyecto se va puliendo hasta obtener el resultado esperado. En síntesis el desarrollo del recurso humano como capital social hoy en día es uno de los objetivos fundamentales de cualquier empresa para lograr el éxito, y de esta manera no solo se asimila la capacidad de aplicar el conocimiento adquirido, sino y lo más importante se llega a adquirir la capacidad de trabajar en equipo, que es uno de los puntos donde el ser humano siempre suele fallar.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

## CAPÍTULO 4

El cronograma de actividades cuenta con las actividades detalladas que se realizarán durante los dos años de duración del proyecto.

<b>Año</b>	<b>Actividad</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>
1	Búsqueda de información	01/09/2015	01/11/2015
1	Diseño del proceso	15/09/2015	01/11/2015
1	Diseño de equipos	15/09/2015	15/12/2015
1	Montaje y puesta en marcha	01/03/2016	15/04/2016
1	Ajustes del proceso	01/04/2016	15/04/2016
1	Toma de muestras	15/04/2016	15/12/2016
1	Análisis de muestras	15/04/2016	15/12/2016
1	Análisis de los resultados obtenidos	15/04/2016	15/12/2016
2	Análisis de posibles modificaciones	15/12/2016	15/03/2017
2	Toma de muestras	15/03/2017	15/11/2017
2	Análisis de muestras	15/03/2017	15/11/2017
2	Análisis de los resultados obtenidos	15/03/2017	15/11/2017
2	Elaboración de documentación final	15/11/2017	15/12/2017
2	Elaboración de documentación para presentación	15/11/2017	15/12/2017

## ETAPAS PRODUCTIVAS

## CAPÍTULO 5

Inicialmente la recolección de los plásticos fue llevada a cabo por los integrantes del proyecto. Sin embargo, se pretende en un futuro que ambas localidades (Cutral Có y Plaza Huincul) a través de un proyecto de logística de recolección puedan generar la concientización de la sociedad sobre el cuidado del medioambiente.

A continuación se detallará la secuencia de etapas que dan origen al proceso

### **MONTAJE DE LA PLANTA PILOTO:**

Se llevó a cabo el montaje de la planta piloto, con la colaboración de la empresa New American Oil S.A. en diversos aspectos técnicos.

La puesta en marcha y pruebas se realizaron en las instalaciones de dicha empresa.



### **ACONDICIONAMIENTO DE MATERIA PRIMA:**

Primeramente se procedió a la recolección de envases plásticos del tipo PET (polietileno tereftalato), PP (polipropileno), PEHD (polietileno de alta densidad), PELD (polietileno de baja densidad) y PS (poliestireno).

Luego se realizaron las tareas de lavado, secado y molienda.



#### REACCIÓN QUÍMICA EN PROCESO BATCH:

Se realizó la primer carga del batch con aproximadamente 200 kg de materia prima (solo se utilizó polietileno de alta densidad). La prueba se llevó a cabo de acuerdo al siguiente protocolo diseñado por el Dr. Beck

#### MANUAL OPERATIVO DE PLANTA PILOTO DE CRACKING TÉRMICO DE PLÁSTICOS

1. Habiendo realizado las pruebas de vacío y presión, se procederá a cargar el reactor con 250 kg de plástico molido
2. Se cierra la tapa de ingreso del producto en forma hermética.
3. Se procede a realizar vacío hasta donde dé la bomba. Se presiona con 0.500 kg/cm<sup>2</sup> con nitrógeno.
4. Se coloca el controlador de temperatura para un set point de 250°C.
5. Una vez que el producto llega a esa temperatura se lleva el set point a 300°C. Se establece el agua de enfriamiento al equipo enfriador. Se pone en marcha la bomba de vacío.
6. Se lleva la temperatura a 350, 400 y 450°C en etapas. Se deja el set point en 450°C.
7. Se observa la producción. Si aparece producto con agua, habrá que eliminar el agua.
8. Continuar con el cracking hasta que no haya más destilados.

9. A partir de los 400°C, se inyectará nitrógeno en shock durante 15 segundos a efectos de remover y mezclar el plástico dentro del reactor cada 15 minutos.
10. Una vez finalizado el proceso, llevar una muestra de producto y hacer una destilación ASTM hasta los 360°C, tomando la temperatura cada 10% de recuperado.
11. El reactor debe quedar con presión positiva de nitrógeno durante 24 hs.
12. Una vez que la temperatura del reactor esté en los 100°C, se desalojará el fondo del mismo a través de la válvula de fondo y se lo colocará en un recipiente. Para el desalajo, usar presión positiva de nitrógeno, máximo de 1 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **OBTENCIÓN DE LOS PRODUCTOS Y ANÁLISIS:**

Se realizaron una serie de pruebas, durante las cuales se fueron ajustando parámetros del proceso. Logrando la temperatura deseada pudimos obtener un combustible líquido (principalmente aromáticos), gases incondensables y producto parafinico (ceras), esto último nos permite evaluar su aprovechamiento como un producto petroquímico orientado al uso doméstico como por ejemplo, cera para pisos.

Al día de la fecha se está acondicionando el reactor con un sistema de agitación mecánica que permitirá homogeneizar la temperatura en la periferia como en el seno del mismo, esto reduciría tanto el tiempo de reacción como así también mejoraría la calidad del producto.

