



# Guía de Diseño para Reciclabilidad 2017

**Poliétileno de Alta Densidad (HDPE, Código de Identificación de Resina # 2)**

## GUÍA DE DISEÑO DE APR (*APR Design*<sup>®</sup>) PARA RECICLABILIDAD DE PLÁSTICOS



La Guía De Diseño de APR para Reciclabilidad de Plásticos (*APR Design*<sup>®</sup>) es el recurso más completo y fácil de usar que describe las recomendaciones de la industria del reciclado de plásticos en el mercado hoy en día. El contenido se ha actualizado para presentar un cuadro más claro y accesible de las Categorías de Reciclabilidad de APR que representan la infraestructura norteamericana de reciclado de plásticos de hoy en día. Aunque está diseñado como un recurso en línea, con enlaces a toda la información relevante, también se puede descargar un PDF del documento completo.

La Guía de Diseño de APR (*APR Design*<sup>®</sup>) se refiere específicamente a embalaje de plástico, pero los principios pueden aplicarse a todos los artículos de plástico potencialmente reciclados.

La APR promueve que los diseñadores de envases utilicen sus programas *Champions for Change*<sup>®</sup> e Innovación Responsable, así como la Guía de Diseño de APR (*APR Design*<sup>®</sup>) para crear el empaque más reciclable. Existe ayuda disponible a través de la APR, miembros de APR y laboratorios independientes que se encuentran en el directorio de miembros.

Además, esta guía tiene como objetivo identificar áreas potenciales de mejora y fomentar la innovación tanto en el diseño de envases como en el equipo de proceso de reciclado.

Antes de acceder a la Guía de Diseño de APR (*APR Design*<sup>®</sup>) para la Reciclabilidad de Plásticos, el usuario debe comprender a fondo los fundamentos de su concepto. La información detallada por completo se basa en la Definición de Reciclable de APR y categorías de reciclabilidad APR descritas a continuación.

### ➤ **ALCANCE**

Esta guía cubre objetos de plástico que entran en los sistemas de recolección y reciclado post-consumo más utilizados en la industria hoy en día. Los métodos de recolección incluyen plantas de separación de materiales de una sola corriente y de corriente doble, sistemas de depósito de envases, instalaciones de desechos mixtos y sistemas de recolección de plásticos rígidos y películas de supermercados. El impacto del diseño de envases en los pasos del proceso de separación automatizados empleados en una planta separadora de materiales de una sola corriente, así como en procesos de reciclado de alto volumen, es de primordial consideración.

### **INTRODUCCIÓN**

[www.PlasticsRecycling.org](http://www.PlasticsRecycling.org)

Los objetos recuperados en los sistemas de recuperación donde se seleccionan en la fuente de origen y se envían a un reciclador especializado en este objeto en particular se excluyen específicamente de esta guía.

## ➤ DEFINICIÓN DE RECICLABLE DE APR

Un objeto es "reciclable según la definición de APR" si:

- Cuando menos el 60% de los consumidores o comunidades tienen acceso a un sistema de recolección que acepte el envase. (Solo aplica para los Estados Unidos).
- Lo más probable es que se clasifique correctamente en una paca preparada para el mercado, de un plástico en particular, que cumpla con las especificaciones estandarizadas de la industria a través de sistemas de recuperación de materiales de uso común, incluyendo las plantas de separación de materiales de una sola corriente y de corriente doble, MRFs y PRFs, que manejen sistema de depósito de envases, plásticos rígidos de supermercados y sistemas de recolección de películas.
- Se puede procesar más, a través de un proceso de reciclado típico de manera rentable en una materia prima de plástico post-consumo, adecuada para su uso en nuevos productos identificables.

## ➤ CATEGORÍAS DE RECICLABILIDAD DE LA APR

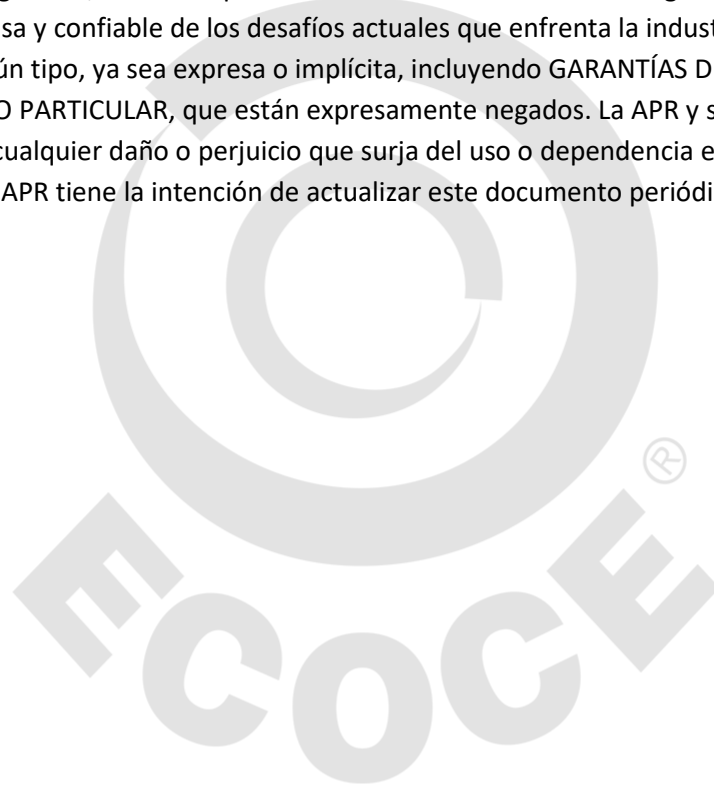
La Guía de Diseño de APR (*APR Design*®) está desglosada por la característica de diseño del envase. El impacto del reciclado de cada característica de diseño se discute dentro de la Guía. La posición de la APR sobre la característica del diseño se desarrolla teniendo en cuenta su impacto y se desglosa en cuatro categorías que deben ser entendidas a fondo:

- ***PREFERIBLE según la GUÍA DE DISEÑO DE APR (APR Design®)***: Tiene características aceptadas de inmediato por las plantas separadoras de materiales y recicladores ya que la mayoría de la industria tiene la capacidad de identificar, separar y procesar un envase que exhibe esta característica con un mínimo efecto negativo en la operación o en la calidad del producto final. Es probable que los envases con estas características pasen por el proceso de reciclado a la corriente de material más apropiada con el potencial de producir material de alta calidad.
- ***PERJUDICIAL PARA EL RECICLADO***: Tiene características que presentan desafíos técnicos conocidos para las plantas separadoras de materiales u operaciones de los recicladores, o tienen efecto en el rendimiento o calidad del producto final, pero son toleradas de mala gana y aceptadas por la mayoría de las plantas separadoras de materiales y recicladores.
- ***HACE QUE UN ENVASE SEA NO-RECICLABLE POR DEFINICIÓN DE LA APR***: Tiene características con un impacto técnico adverso significativo en las operaciones de la planta de separación de materiales o del reciclador, rendimiento o calidad del producto final. La mayoría de las plantas separadoras de materiales o recicladores no pueden eliminar estas características al grado requerido para generar un producto final comercializable.
- ***REQUIERE DE EVALUACIÓN***: Para determinar la categoría apropiada de reciclabilidad de APR, se requieren pruebas por el protocolo de pruebas de APR. La categoría APR depende del resultado de la prueba.

## ➤ DESLINDE DE RESPONSABILIDAD

Esta guía ha sido preparada por la Asociación de Recicladores de Plásticos Post-Consumo como un servicio a la industria de empaques de plástico para promover el uso más eficiente de la infraestructura de reciclaje de plásticos existente y para mejorar la calidad y cantidad de plásticos post-consumo reciclados. La información aquí contenida refleja la aportación de miembros de la APR de una sección transversal diversa de la industria de reciclado de plásticos, incluyendo profesionales experimentados en el reciclaje de todas las botellas de plástico post-consumo comentadas en esta guía. Ofrece una valiosa visión general de cómo el diseño del empaque afecta a los sistemas convencionales de reciclado de plásticos y proporciona recomendaciones útiles sobre cómo los problemas que rutinariamente encuentran

los recicladores de plásticos podrían ser abordados a través de cambios de diseño que hacen que las botellas de plástico sean más compatibles con los sistemas de reciclado actuales. Debido a que siempre se están realizando nuevos desarrollos tecnológicos, esta guía no puede anticipar cómo estos nuevos desarrollos podrían afectar el reciclado de botellas de plástico. Por consiguiente, mientras que la información contenida en esta guía se ofrece de buena fe por la APR como una discusión precisa y confiable de los desafíos actuales que enfrenta la industria del reciclado de plásticos, se ofrece sin garantía de ningún tipo, ya sea expresa o implícita, incluyendo GARANTÍAS DE COMERCIALIZACIÓN O APTITUD PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR, que están expresamente negados. La APR y sus miembros no aceptan ninguna responsabilidad por cualquier daño o perjuicio que surja del uso o dependencia en esta información por cualesquiera de las partes. La APR tiene la intención de actualizar este documento periódicamente para reflejar nuevos desarrollos y prácticas.



The Association of  
Plastic Recyclers

**Guía de Diseño de APR (APR Design®) para la Reciclabilidad de Plásticos  
Para  
Polietileno de Alta Densidad (HDPE, Código de Identificación de Resina # 2)**

**ANTECEDENTES:** Debido a su dureza, propiedades naturales de barrera de UV y resistencia química, el HDPE es una de las resinas más utilizadas para la fabricación de envases. Es fácilmente moldeado por inyección o moldeado por soplado, en botella, cubeta, tina o tapa. En su estado natural, el HDPE aparece con un color blanco lechoso. Esto se debe a la reflexión de la luz sobre la estructura del polímero más que a un colorante.

Las propiedades del HDPE se mejoran comúnmente con colorantes, aditivos y cargas, o se coloca junto a otros polímeros en un envase de múltiples capas. Cada modificación y adición al HDPE natural en un envase debe ser considerada por su efecto en la corriente de reciclado. Los aditamentos de embalaje que no sea de HDPE deben ser eliminados de manera económica del HDPE en el proceso de reciclado típico, o ser compatibles con el HDPE en usos futuros. De especial preocupación son las cargas minerales o aditivos que hacen que la mezcla total se hunda en agua. La densidad del HDPE es de .94-.96 por lo que flota en el agua. La densidad es una propiedad importante ya que los recicladores suelen confiar en los tanques de flotación para separar los polímeros y eliminar los contaminantes.

Por el alcance que se describe en la introducción de la Guía de Diseño, la siguiente guía se centra en embalaje de objetos post-consumo que normalmente se recogen en sistemas de recolección domiciliaria de una sola corriente. Además, la guía considera el impacto en la separación en una planta moderna automatizada separadora de materiales de reciclado MRF o PRF, así como la compatibilidad de un elemento de embalaje de HDPE en procesos comunes de reciclado de HDPE. Esta guía también será aplicable a otros artículos del hogar post-consumo como juguetes.

El HDPE se utiliza en un gran número de aplicaciones industriales y el HDPE post-industrial es una fuente importante de HDPE que se recolecta y recicla. La Guía de Diseño de la APR (APR Design®) puede ser una referencia cuando se diseñan aplicaciones industriales con HDPE, pero no todas las guías pueden ser aplicables cuando se está considerando la posibilidad de reciclar estos artículos de uso comercial.

El programa Champions for Change® de la APR alienta a los fabricantes de productos de consumo, empaque de plástico y componentes de botellas a trabajar con los protocolos de la APR para determinar si las nuevas modificaciones a un envase de plástico reciclado regularmente afectarán negativamente al proceso de reciclado antes de introducir la modificación.



The Association of  
Plastic Recyclers

THE APR INTERACTIVE DESIGN GUIDE® CATEGORIES AT A GLANCE - HDPE

Scope Reminder: For Items processed through both an automated MRF and Plastics Reclaimer

FEATURE	RECYCLABILITY CATEGORIES				LINK TO		
	APR DESIGN GUIDE™ PREFERRED	Link to Definitions			DETAILS	SCREENING/BENCHMARK TEST (indicative only - see definition of Screening and Benchmark tests)	DEFINITIVE TEST
		REQUIRES TESTING	DETRIMENTAL TO RECYCLING	RENDERS PACKAGE NON-RECYCLABLE PER APR DEFINITION			
<b>BASE POLYMER:</b>							
Post consumer Polyolefin content	X						
<b>BARRIER LAYERS, COATINGS &amp; ADDITIVES</b>							
EVOH Layers	X						
Non-HDPE layers and coatings other than EVOH		X				HDPE Benchmark Test	
Degradable additives		X				HDPE/PP Degradable additives Test	
Workhorse additives historically used without issue (see list in the guide)	X						
Additives not listed		X				HDPE Benchmark Test	
Total additive concentration causing material to sink				X		PO Float Test	
<b>COLOR</b>							
Unpigmented	X						
Optical brighteners			X				
translucent and opaque colors	X						
Black colorant				X			
<b>DIMENSIONS</b>							
More 2 dimensional than 3 dimensional (one dimension <=2")				X			
Three dimensions < 3"				X			
Greater than 2 gallons in volume			X				
<b>CLOSURES AND DISPENSERS</b>							
Polyethylene	X						
Polypropylene			X				
Closure systems without liners	X						
EVA and TPE liners in plastic closures	X						
Pumps and spray dispensers containing metal parts			X				
Metal parts and foils			X				
Floating silicone polymer parts			X				
PVC			X				
PS or thermoset	X						
<b>LABELS, INKS AND ADHESIVES</b>							
Inks		X					
Direct printing other than date coding		X				PP/HDPE Bleeding Label Test - TBD	
In-mold labels of a compatible polymer	X					HDPE Benchmark Test	
Full bottle sleeve labels designed for sorting	X						
Adhesives		X				PP/HDPE adhesive Test - TBD (3 outcomes: wash releasable, not wash releasable-compatible, not wash releasable-non compatible)	
<b>Labels with Non Wash releasable, HDPE Compatible Adhesives</b>							
PP, PE labels	X						
Paper labels			X				
Metal foil labels			X				
PVC or PLA labels				X			
PS labels			X				
<b>Labels with Wash Releasable Adhesives</b>							
PP, PE labels	X						
Paper labels			X				
Metal foil labels	X						
PVC labels			X				
PLA labels	X						
PS labels	X						
<b>ATTACHMENTS</b>							
PP - PE Tamper evident safety sleeves	X						
PETG Tamper evident safety sleeves	X						
PVC Tamper evident safety sleeves			X				
Non-PP attachments		X				HDPE Benchmark Test	
Metal and metal containing		X				Eddy current and magnetic test for attachments- TBD	
Plastic with a density > 1.0 except PVC	X						
Welded attachments		X				HDPE Benchmark test	
PP			X				
RFID's			X				
PLA	X						
PVC			X				

The information contained herein represents a snapshot in a point in time of the capabilities of a dynamic industry. The APR encourages and anticipates development in both package design features and the recycling infrastructures ability to process features, particularly in the areas of size and color.

This document is intended to be used as a summary and quick reference of some selected items within the Design Guide for Plastics Recyclability. In no manner is it intended or implied to be a replacement for the actual document.

- **El contenido de poliolefina post-consumo es preferible.** Es deseable el uso de HDPE post-consumo en todos los envases hasta la cantidad máxima técnica y económicamente factible.

#### ➤ **CAPAS DE BARRERA, RECUBRIMIENTOS Y ADITIVOS**

El uso de capas y recubrimientos que no sean de HDPE puede ser perjudicial para el reciclado de HDPE si no se implementa de acuerdo con los protocolos de prueba de la APR. Cuando se utilicen, su contenido debe minimizarse al máximo posible para maximizar el rendimiento de HDPE, limitar la contaminación potencial y reducir los costos de separación.

- **Las capas de EVOH son preferibles.** El EVOH es un material de capa común, usado para aumentar las propiedades de barrera del HDPE. No es separable en el proceso de reciclado y, por lo tanto, se convertirá en parte del HDPE reciclado. Aunque el EVOH mezclado con HDPE no está libre de problemas (puede causar expansión cuando se extruye o cuando se moldea y contribuir a la formación de labios de troquel), es generalmente aceptado. El EVOH se ha desempeñado exitosamente en pruebas de lineamientos críticos anteriores. Algunos usuarios de HDPE reciclado han experimentado problemas de moldeo en valores cercanos al 3%. Su uso debe ser minimizado para mantener el mejor rendimiento del HDPE reciclado para usos futuros.
- **Las capas y recubrimientos de HDPE que no sean de EVOH requieren de pruebas para determinar la categoría de reciclabilidad apropiada de APR.** Las pruebas deben demostrar que las capas y recubrimientos se separarán y se retirarán del HDPE en el proceso de reciclado o no tendrán efectos adversos sobre el HDPE reciclado en usos futuros. Cuando se utilicen, su contenido debe minimizarse en la mayor medida posible. Algunas capas y recubrimientos se han encontrado que son compatibles con el HDPE o se separan fácilmente en sistemas de reciclado convencionales

Un protocolo de prueba se encuentra en desarrollo:  
Prueba Estandarizada de HDPE

- **Los aditivos degradantes (foto, oxo o bio) requieren de ser evaluados para determinar la categoría de reciclabilidad apropiada de la APR.** Los nuevos productos están diseñados para cumplir con estándares particulares de calidad y durabilidad, dadas las propiedades típicas del HDPE reciclado. Los aditivos diseñados para degradar el polímero, por definición, disminuyen la vida del material en el uso primario. Si no se eliminan en el proceso de reciclado, estos aditivos también acortan la vida útil del producto fabricado a partir del HDPE reciclado, lo que puede comprometer la calidad y durabilidad.

Los aditivos degradantes no deben de ser usados sin antes hacer pruebas para demostrar que su inclusión no afectará la vida útil del material ni las propiedades de cualquier producto hecho con el HDPE reciclado que incluya al aditivo. Estos aditivos deben de poder separarse o ser removidos del HDPE en el proceso de reciclado o bien no tener efecto adverso en el RPET en sus usos futuros. Cuando sean utilizados, su contenido debe ser minimizado lo más posible.

Existe una prueba de protocolo disponible:  
Prueba de Aditivos Degradantes HDPE/PP

- **Los aditivos de batalla usados históricamente son preferibles.** La mayoría del HDPE en un envase contiene algún tipo de aditivos. No se ha demostrado que los aditivos de batalla usados comúnmente causen problemas significativos con el proceso de reciclado o usos adicionales del HDPE reciclado. Los aditivos de batalla comúnmente aceptables incluyen:

- Estabilizadores térmicos – Estos aditivos mejoran típicamente el procesamiento adicional del polímero y, por lo tanto, son preferibles para el reciclado.
- Estabilizadores UV – Estos aditivos mejoran típicamente el procesamiento adicional del polímero y, por lo tanto, son preferibles para el reciclado.
- Agentes nucleantes
- Agentes antiestáticos
- Lubricantes
- Cargas – tenga en cuenta que muchas cargas son densas, por lo que se debe prestar especial atención a la densidad total de la mezcla
- Pigmentos
- Modificadores de impacto
- Agentes químicos para el soplado.

El uso de aditivos debe minimizarse para mantener el mejor rendimiento del HDPE reciclado para usos futuros.

- **Los aditivos no mencionados requieren de ser evaluados para determinar la categoría apropiada de reciclabilidad de la APR.** La APR reconoce que pueden ser necesarios otros tipos de aditivos para el desempeño de un envase en particular, pero no se abordan en este documento. De especial preocupación son los aditivos que hacen que el HDPE reciclado altere su color o cambie la viscosidad después de la refundición, o aditivos densos que aumentan la densidad de la mezcla haciendo que se hunda, por consiguiente, convirtiendo el envase en no-reciclable según la definición de la APR. La APR alienta a los usuarios a evaluar el aditivo según el protocolo de prueba apropiado antes de su implementación. Las pruebas deben demostrar que los aditivos no causarán alteración del color inaceptable, cambios de viscosidad, o cambios de densidad.

Un protocolo de prueba se encuentra en desarrollo:

Prueba Estandarizada de HDPE - TBD

- **La concentración de aditivos que hace que la mezcla general se hunda, hace que el envase sea no-reciclable según la definición de APR.** Muchos de los aditivos y cargas utilizados con el HDPE son muy densos y cuando se mezclan con el polímero aumentan la densidad total de la mezcla. Cuando su porcentaje de peso alcanza el punto en que la densidad de mezcla es mayor que 1.00, la mezcla se hunde en agua en lugar de flotar. La densidad es una propiedad importante y los tanques de flotación son herramientas de separación críticas usadas por los recicladores. Por lo tanto, un material que se hunde será considerado desperdicio por un reciclador de polipropileno y cualquier HDPE en la mezcla se perderá. El protocolo de prueba de la APR debe consultarse para determinar si una mezcla se hunde.

Un protocolo de prueba se encuentra en desarrollo:

Prueba de Flotación PO

## ➤ COLOR

- **El HDPE sin pigmentar es preferible.** El material natural tiene el valor más alto como una corriente de reciclado ya que tiene la más amplia variedad de aplicaciones de uso final. Es el proceso más rentable a través del sistema de reciclado.
- **Los abrillantadores ópticos son perjudiciales para el reciclado.** Los abrillantadores ópticos no se eliminan en el proceso de reciclado y pueden crear una fluorescencia inaceptable para los próximos usos de HDPE reciclado. Es



difícil identificar el material con este efecto negativo hasta que ya es muy tarde en el proceso de reciclado, en el que se ha dado una gran cantidad de costo añadido a un material de bajo valor debido al aditivo.

- **Los colores translúcidos y opacos son preferibles.** El HDPE se colorea comúnmente por lo cual existen mercados de gran volumen para el material coloreado y es económico procesarlo.
- **El color negro convierte a un envase en no-reciclable según la APR.** No hay ninguna propiedad mecánica inherente en el HDPE negro que lo hace no-reciclable. El problema radica en la selección y la física detrás de la identificación del polímero. La tecnología de clasificación NIR (cercano infrarrojo) utilizada en las plantas separadoras de materiales, no es capaz de identificar un polímero con un color negro puro ya que el negro absorbe toda la luz. Hay tonos de negro que pueden ser detectados por NIR, y una etiqueta de HDPE de un color diferente en un empaque podría ayudar a la detección por NIR. No es factible utilizar la clasificación manual para distinguir un polímero negro de otro puesto que hay demasiados objetos.

Por lo tanto, en una planta separadora de materiales MRF o PRF, es muy difícil separar la mayoría de los materiales de HDPE de color negro y dirigirlos hacia una paca de HDPE para su reciclado. En la planta de reciclado, el tanque de flotación no separará el HDPE negro puesto que muchos polímeros negros flotan con el HDPE.

Aunque la APR fomenta y anticipa el desarrollo en la captura de plásticos negros en la planta de separadora de materiales, esta tecnología no existe hoy en día. Cabe señalar que el negro es un color comúnmente usado en el HDPE, particularmente en botellas de aceite y artículos industriales. Estos elementos quedan fuera del alcance de la guía de diseño, ya que normalmente no se recolectan a través del programa de recolección que es el enfoque de esta guía. El HDPE negro, si se recolecta en una fuente separada o corriente post-industrial, puede ser reciclado.

## ➤ DIMENSIONES

- El tamaño y la forma son parámetros críticos para la separación en las plantas separadoras de materiales, y esto debe ser tomado en cuenta al diseñar los envases para que puedan ser reciclados. El proceso de la planta de separación se basa primeramente en el tamaño y la forma, y luego en el tipo de material. Las mallas dirigen al papel y elementos ligeros bidimensionales similares a una corriente; las botellas y artículos más pesados tridimensionales van a otra corriente; mientras que los pedazos de vidrio y artículos más pequeños pero pesados, se dejan caer por gravedad en otra corriente más, la cual puede o no pasar por una selección adicional. Los elementos grandes y voluminosos, son típicamente separados manualmente al inicio del proceso de separación en la planta.
- **Objetos planos más bidimensionales que tridimensionales son considerados como no-reciclables según la definición de APR.** Además de que no son capturados en la corriente de plásticos, causan contaminación en la corriente de papel. Estos objetos deben de tener una profundidad mínima de 5 cms (2 pulgadas) de manera que se cree una forma tridimensional para su selección adecuada. Esta situación es independiente del tipo de polímero. La APR promueve y anticipa que se tendrán desarrollos en el diseño de las plantas de proceso de separación y en la tecnología para mejorar la captura y recuperación de plásticos delgados; sin embargo, en este momento la tecnología para separarlos no existe o no ha sido implementada en la mayoría de las plantas separadoras.
- **Objetos menores a 7.5 cms (3 pulgadas) en cualquiera de sus dimensiones hacen al envase no-reciclable según la APR.** La malla estándar de la industria deja pasar material menor a los 7.5 cms hacia una corriente de materiales no plásticos, causando contaminación a esta corriente o directamente al residuo. Estos objetos pequeños se pierden en la corriente de materiales plásticos reciclados. Es posible que algunos envases pequeños viajen junto con otros objetos mayores cuando las mallas están cubiertas por películas plásticas o bien están saturadas por operar por

arriba de su capacidad de diseño. El estar cubiertas por películas reduce el tamaño efectivo de las mallas y el operarlas por arriba de su capacidad, crea un colchón de objetos grandes entre los cuales los objetos pequeños viajan. Las guías de diseño recomiendan el uso de mallas libres de película y operando a su capacidad de diseño para la determinación de la categoría de reciclabilidad. La APR promueve y anticipa el desarrollo de tecnología para mejorar el proceso de recuperación de envases pequeños pero en la actualidad estos objetos no son recuperados.

- **El polietileno o el polipropileno son preferibles para objetos de un volumen mayor a 7.5 litros (2 galones).** La maquinaria de reciclado, particularmente el equipo de separación automática, no es lo suficientemente grande para aceptar envases mayores a 7.5 litros (2 galones). Debido a que los envases más grandes bloquean los sistemas, la mayoría de las plantas separadoras de materiales emplean la selección manual antes de la línea automática para eliminar los objetos grandes. Estos artículos se recuperan en una corriente de envases rígidos voluminosos que se venden y procesan como polietileno, ya que la gran mayoría de los artículos rígidos voluminosos están compuestos por este polímero. Otros polímeros afectan negativamente o se pierden por el procesamiento de polietileno.

## ➤ TAPAS Y DISPENSADORES

- **Las tapas de polietileno son preferibles.** Dado que el polietileno es el mismo polímero que el cuerpo del envase, las tapas y dispensadores fabricados con él serán capturados y procesados con el HDPE. Esto aumenta el rendimiento de los recicladores y reduce los posibles desperdicios.
- **Las tapas de polipropileno son perjudiciales para el reciclado.** Dado que el polipropileno flota en el agua como el polietileno, no se separa en el tanque de flotación de las plantas de reciclado. Cuando se mezcla con el HDPE afecta negativamente a las propiedades de impacto y puede hacer que el material sea quebradizo. A pesar de que cantidades muy pequeñas de PP, como las que aportan las etiquetas, son aceptadas regularmente por las plantas de reciclado de HDPE, las tapas y dispensadores comprenden un mayor porcentaje en peso del envase y, por lo tanto, un mayor efecto negativo. La APR reconoce que el polipropileno es quizá el material más utilizado para tapas.
- **Los sistemas de tapas sin liners son preferibles.** Debido al tamaño y grosor, la mayoría de los liners se pierden en el proceso de reciclado reduciendo así ligeramente el rendimiento. Las tapas sin liners no presentan esta merma.
- **Los liners para tapas hechos de alcohol etil-vinílico (EVA) o de elastómero termoplástico (TPE) son preferibles.** El EVA y el TPE flotan en agua y se separarán en el proceso de reciclado con el polietileno y el polipropileno que flotan. Dado que el EVA y el TPE son compatibles con estos polímeros, y de hecho mejoran sus propiedades, son preferibles.
- **Las bombas y los dispensadores de aerosol que contienen partes metálicas son perjudiciales para el reciclado.** Aunque el metal se elimina fácilmente en el proceso de flotación, los resortes metálicos se desenrollan durante el reciclado y se entrelazan en las mallas diseñadas para separar el agua del material y, por lo tanto, arruinan la malla. Esto agrega un costo significativo y tiempo de inactividad al proceso de reciclado. La APR fomenta el uso de válvulas check de polímero y resortes, siempre que sea técnicamente posible. El cuerpo del dispensador de aerosol o bomba debe ser también el mismo polímero que el cuerpo de la botella, siempre que sea técnicamente posible, para aumentar el rendimiento y disminuir la contaminación del HDPE reciclado.
- **Las tapas que contienen metal o películas metálicas son perjudiciales para el reciclado.** Aunque el metal se elimina fácilmente en el proceso de flotación, la mayoría de las plantas de reciclado tienen el equipo de la detección del metal diseñado para proteger su maquinaria de corte. Por lo tanto, el envase nunca llega al tanque de flotación. Los artículos metálicos grandes adheridos a los envases de HDPE pueden hacer que el paquete sea dirigido al metal o a la corriente de residuos en el proceso de reciclado, causando pérdida de rendimiento.

- **Las tapas que contienen polímero de silicón flotante son perjudiciales para el reciclado.** Este material pasa a través del tanque de flotación junto con el HDPE y es difícil de eliminar con otros métodos, causando de este modo contaminación en el producto final. Cabe señalar que el silicón que se hunde no experimenta este problema.
- **El uso de tapas de PVC es perjudicial para el reciclado.** El PVC es relativamente fácil de retirar en el tanque de flotación puesto que hunde, mientras que el HDPE flota. Sin embargo, el tanque de flotación es imperfecto e incluso una cantidad muy pequeña de PVC con el HDPE reciclado hace grandes cantidades de él inutilizables mientras que el PVC se degrada a temperaturas más bajas que aquellas a las cuales HDPE se procesa.
- **Las tapas hechas de poliestireno y plásticos termofijos son preferibles.** Ambos materiales son más pesados que el agua y se hunden en el tanque de flotación, separándose del HDPE. Tampoco dañan ni desgastan la maquinaria de corte en el proceso de reciclado. Pequeñas cantidades de estos materiales que pasan a través del proceso de flotación, se pueden filtrar por fusión del HDPE reciclado en la etapa de extrusión. Sin embargo, estos materiales se pierden en la corriente de residuos en el proceso de reciclado y se consideran menos preferibles que un aditamento alternativo que flote que sea compatible con el HDPE.

#### ➤ **ETIQUETAS, TINTAS Y ADHESIVOS**

- **Las tintas de las etiquetas requieren de ser evaluadas para determinar la categoría apropiada de reciclabilidad de la APR.** Algunas tintas de etiquetas deslavan el color durante el proceso de reciclado, alterando el color del HDPE con el que tienen contacto y disminuyen significativamente el valor para reciclado. Dado que la mayor parte del HDPE reciclado está coloreado, el impacto del deslavado de las tintas puede no ser significativo; sin embargo, dado que el uso final no se conoce de antemano, se deben elegir las tintas de etiqueta que no deslaven el color cuando se reciclen. Se debe consultar el protocolo de prueba de la APR para determinar si una tinta deslava.

Una prueba se encuentra en desarrollo:

Prueba de Deslavado de Etiquetas PP/HDPE

- **La impresión directa diferente del código de fecha de producción requiere de ser evaluada para determinar su compatibilidad con el sistema de reciclado.** Las tintas utilizadas en impresión directa tienden a deslavarse o a alterar el color del HDPE durante el proceso de reciclado, o a introducir contaminantes incompatibles. En cualquier caso, el valor del HDPE disminuye. Algunas tintas utilizadas en impresión directa no causan estos problemas. La tinta específica tiene que ser evaluada para determinar su efecto.

Una prueba se encuentra en desarrollo:

Prueba Estandarizada para HDPE

- **Las etiquetas en molde de un polímero compatible son preferibles.** Las etiquetas en molde no se eliminan en el proceso de reciclado ya que están unidas con la pared del envase. Fluirán a través del proceso de reciclado con el HDPE y se mezclarán con el HDPE reciclado. La falta de adhesivo es beneficiosa para el reciclado ya que no puede afectar el color u otras propiedades mecánicas. El polímero de la etiqueta y la tinta deben ser compatibles con el HDPE para no afectar negativamente a sus propiedades.
- **Las etiquetas envolventes de todo el cuerpo del envase diseñadas para la separación son preferibles.** Un aspecto positivo de las etiquetas envolventes es la falta de adhesivo que requiere eliminación en el proceso de reciclado. Sin embargo, las etiquetas envolventes de todo el cuerpo del envase cubren una gran cantidad de la superficie de la botella con un polímero que no es el mismo que el cuerpo de la botella. Debido a esto, una etiqueta envolvente de todo el cuerpo diseñada sin tomar en cuenta la separación puede hacer que un separador automático dirija una

botella de HDPE a otra corriente de material donde se pierde al proceso. Además, algunos materiales envolventes incompatibles que no pueden separarse del HDPE en el tanque de flotación, pueden contaminar el HDPE reciclado producido. Las etiquetas envolventes de todo el cuerpo diseñadas para la clasificación automática y que se hunden en agua son preferibles, con la excepción del PVC, donde incluso pequeñas cantidades residuales que llegan a través del proceso flotación destruirán el HDPE reciclado en el proceso de extrusión. También se prefieren las etiquetas envolventes de poliolefina diseñadas para la separación automática, ya que los niveles pequeños de material completamente incompatibles esperados de los residuos de etiquetas tienen un impacto negativo mínimo.

- **Los adhesivos requieren de ser evaluados para determinar la categoría apropiada de reciclabilidad de la APR.** Las pruebas deben demostrar que los adhesivos se desprenderán limpiamente del HDPE con el lavado en el proceso de reciclado o que son compatibles con el HDPE. Sin embargo, las condiciones típicas del proceso de reciclado de HDPE no son suficientemente agresivas para eliminar todo el material adhesivo, y se espera que quede una cierta cantidad de adhesivo residual en el HDPE reciclado. El adhesivo que no se elimina del HDPE durante el paso de lavado es una fuente de contaminación y de alteración del color cuando se recicla el HDPE. Por estas razones, se recomienda un uso mínimo de adhesivo.

La APR está desarrollando una prueba de adhesivo PP/HDPE para clasificar el adhesivo ya sea como amigable al lavado, no amigable al lavado y compatible con HDPE, o no compatible con el HDPE. El adhesivo no amigable con el lavado, incompatible, es perjudicial para el reciclado.

Una prueba se encuentra en desarrollo:  
Prueba de Adhesivo para PP/HDPE

**Combinaciones de Etiquetas-Adhesivos:** La clasificación y reciclabilidad de los sustratos de etiquetas depende del tipo de adhesivo que se utilice con ellos. En general, es preferible un sustrato de etiqueta que se hunda en agua y que se use con un adhesivo que se libere en el sistema de lavado de las plantas de reciclado, ya que el sustrato se eliminará en el tanque de flotación. Un sustrato de etiqueta que es compatible con el HDPE también es preferible, sin importar cuál sea el adhesivo. Por lo tanto, los sustratos de etiqueta se clasifican por el tipo de adhesivo utilizado con ellos.

- **Las etiquetas de polipropileno o poliestireno son preferibles.** Las etiquetas de HDPE son el mismo polímero que el producto final y el PP a los niveles muy pequeños esperados del residuo de la etiqueta tiene un impacto negativo mínimo. Por lo tanto, estas etiquetas que permanecen con el HDPE a lo largo del proceso de reciclado, independientemente de si se separan o no, aumentan el rendimiento y tienen un impacto de calidad negativo mínimo para la planta de reciclado.
- **Las etiquetas de papel son perjudiciales para el reciclado.** El sistema de proceso de HDPE involucra agua y agitación. El papel que se desprende del envase cuando se somete a estas condiciones se convierte en pulpa, la cual no se hunde intacta, sino que permanece suspendida en el líquido, añadiendo carga a los sistemas de filtración y tratamiento de agua. El papel que permanece adherido al HDPE viaja con el HDPE al extrusor de la planta de reciclado donde el material se carboniza y causa defectos de color. Incluso después del filtrado de material fundido, el olor a quemado y la decoloración permanecen con el HDPE reciclado afectando de esta manera negativamente su reutilización potencial. Las etiquetas de papel que no forman pulpa usadas con adhesivos que no se desprenden agravan el problema, ya que la etiqueta entera entra en el extrusor. Las etiquetas que no forman pulpa, que son lo suficientemente pesadas como para hundirse y lo suficientemente duraderas como para soportar el proceso de lavado, pueden mitigar este problema.

- **Las etiquetas de película metálica son perjudiciales para el reciclado cuando se usan con un adhesivo que no se libera en el lavado y es preferible cuando se usa con un adhesivo que se libera en el lavado.** En la planta separadora de materiales, incluso las etiquetas metalizadas muy delgadas pueden ser identificadas como metal por el equipo de separación y hacer que toda la botella sea dirigida a la corriente de metal, creando así una pérdida de rendimiento. El equipo de separación en el proceso de reciclado está diseñado para detectar y eliminar el metal del HDPE. Si estas etiquetas son pequeñas, no se detectan o se dejan pasar cuando se usan con un adhesivo que no se libera en el lavado, hacen que el HDPE pegado se hunda, donde se pierde en tanque de flotación o pasa al extrusor y se eliminan con filtrado del material fundido. Cuando se usan con un adhesivo que se libera en el lavado, estas etiquetas se hunden rápidamente en el tanque de flotación donde son eliminadas.
- **Las etiquetas de PVC labels convierten al envase en no-reciclable según las normas de la APR, cuando se usan con un adhesivo que no se desprende en el lavado, y son perjudiciales para el reciclado cuando se usan con un adhesivo que se desprende en el lavado.** El PVC, cuando se usa con un adhesivo que no se desprende en el lavado, entra en el extrusor con el HDPE, donde son incompatibles. El PVC se degrada a temperaturas de extrusión de HDPE y hace que grandes cantidades del HDPE reciclado sean inutilizables. Cuando se usa con un adhesivo que se desprende en el lavado, estas etiquetas se hunden en el tanque de flotación donde se eliminan. Pero debido a que el tanque de flotación es imperfecto, incluso una cantidad muy pequeña de PVC que entre en el extrusor causa severos problemas de calidad y rendimiento, este material es perjudicial.
- **Las etiquetas de PLA hacen que el empaque sea no-reciclable según las normas de la APR, cuando se usan con un adhesivo que no se desprende en el lavado, y son preferibles cuando se usan con un adhesivo que se desprende en el lavado.** El material de la etiqueta PLA, cuando se usa con un adhesivo que no se desprende en el lavado, entra en el extrusor con el HDPE donde son incompatibles. Cuando se usa con un adhesivo que se desprende en el lavado, el PLA se separa del HDPE antes del tanque de flotación donde se hunde y se elimina. A pesar de que el proceso del tanque de flotación es imperfecto, las pequeñas cantidades de PLA que entran en el proceso de extrusión no son catastróficas.
- **Las etiquetas de poliestireno son perjudiciales para el reciclaje cuando se usan con un adhesivo que no se desprende en el lavado y son preferibles cuando se usan con un adhesivo que se desprende en el lavado.** El PS, cuando se usa con un adhesivo que no se desprende en el lavado, permanece con el HDPE y entra en el extrusor donde se mezcla con el HDPE. El PS no es compatible con el HDPE y puede provocar un desgaste o reducir la resistencia al impacto para el usuario de HDPE reciclado. El material de la etiqueta del PS, cuando se usa con un adhesivo que se desprende en el lavado, se separa del HDPE antes del tanque de flotación donde se hunde y se elimina.

## ➤ ADITAMENTOS

- **Las fundas de seguridad de polipropileno o de polietileno son preferibles.** Las fundas de seguridad de HDPE son el mismo polímero que el producto final y el PE en los niveles muy pequeños esperados de los residuos de fundas de seguridad tiene un impacto negativo mínimo. Por lo tanto, estos aditamentos que permanecen con el HDPE a lo largo del proceso de reciclado aumentan el rendimiento y tienen un impacto de calidad negativo mínimo para el reciclador.
- **Las fundas de seguridad de evidencia de apertura de PETG son preferibles.** El PETG se hunde en el tanque de flotación donde se retira del HDPE. A diferencia del PVC, pequeñas cantidades de PETG que entren en el proceso de extrusión con el HDPE no son catastróficas ya que el PETG se puede filtrar del material fundido.
- **Los sellos de seguridad de evidencia de apertura de PVC son perjudiciales para el reciclado.** El PVC se hunde en el tanque de flotación, donde la mayor parte de éste se retira del HDPE. Debido a que el tanque de flotación es imperfecto, incluso una cantidad muy pequeña de PVC que entre en el extrusor causa problemas severos de

calidad y baja del rendimiento, este material es perjudicial. El PVC se degrada a temperaturas de extrusión de HDPE y hace que grandes cantidades del HDPE reciclado sean inutilizables.

- **Los aditamentos que no sean de HDPE requieren de ser evaluados para determinar la categoría apropiada de reciclabilidad de la APR.** Las pruebas deben demostrar que estos aditamentos no están pegados al empaque y están hechos de materiales que se hunden en agua para que se separen fácilmente del empaque durante la molienda y sometan a separación por flotación. Si se utilizan adhesivos para fijar aditamentos, su selección debe considerar los criterios dictados dentro de este documento.

Una prueba se encuentra en desarrollo:  
Prueba Estandarizada para HDPE

- **Los aditamentos de metal o que contengan algo metálico requieren de ser evaluados para determinar la categoría apropiada de reciclabilidad de la APR.** Los aditamentos metálicos o que contienen metal pueden hacer que los separadores NIR en las plantas separadoras de materiales identifiquen erróneamente un contenedor de HDPE como metal y lo dirijan a una corriente de metal, de la que son descartados. El equipo de separación en el proceso de reciclado está diseñado para detectar y eliminar el metal del HDPE, para proteger la maquinaria de corte. Los objetos grandes u objetos pegados al HDPE pueden dañar la maquinaria y hacer que el empaque entero sea no-reciclable. Los metales, si son pequeños, no se detectan o se dejan pasar, si se usan se usan con adhesivo que se desprende en el lavado o sin adhesivo, se hunden rápidamente en el tanque de flotación donde se retiran del HDPE.

La APR actualmente está desarrollando un protocolo de prueba de corriente de Eddy y prueba magnética para aditamentos metálicos y que contienen metal.

- **Los aditamentos de plástico con una densidad > 1.00, excepto para el PVC son preferibles.** Estos objetos se hunden en el tanque de flotación donde se retiran del HDPE y pequeñas cantidades residuales no afectan gravemente al producto final, ya que muchas de ellas están filtradas en el material fundido. El PVC es perjudicial como se discute en otra parte de este documento.
- **Los aditamentos soldados requieren de ser evaluados para determinar la categoría apropiada de reciclabilidad de la APR.** Cierta cantidad de un accesorio soldado no puede separarse del HDPE en el proceso de reciclado. Estos aditamentos pueden causar contaminación del HDPE reciclado y problemas de pérdida de rendimiento en ambos casos: ya sea cuando la sección molida que contiene ambos polímeros se hunde y lleva el HDPE con éste, o cuando la sección molida flota y transporta un material incompatible con el HDPE al proceso de extrusión. Las pruebas deben demostrar que la mezcla tiene una densidad inferior a 1.0, de modo que flote junto con el HDPE en el tanque de flotación y sea compatible con HDPE en el proceso de extrusión.
- **Los aditamentos de polipropileno son perjudiciales para el reciclado.** Debido a que el polipropileno flota en el agua, no se separa en el tanque de flotación de la planta de reciclado. Cuando se mezcla con el HDPE afecta negativamente a la rigidez ya a las propiedades de impacto. A pesar de que cantidades muy pequeñas de PE, como las que aportan las etiquetas, son aceptadas regularmente por los recicladores de HDPE, algunos aditamentos comprenden un mayor porcentaje de peso del envase y, por lo tanto, un mayor efecto negativo.
- **Los identificadores de radio frecuencia (RFID) en los envases, etiquetas y tapas, son perjudiciales para el reciclado.** Los identificadores de radio frecuencia (RFID) están impresos en metal plateado, lo que puede crear costosos problemas de eliminación de residuos. Mientras que son pequeños, pueden afectar el reciclado de HDPE de la misma manera que las etiquetas metálicas u otros aditamentos. El uso de identificadores de radio frecuencia

(RFID) se desaconseja, ya que puede limitar el rendimiento de HDPE, introducir contaminación potencial y aumentar los costos de separación y eliminación de residuos.

- **Los aditamentos de PLA son preferibles.** Como se ha comentado en las secciones sobre etiquetas y tapas, el PLA se hunde en el tanque de flotación y puede ser retirado del HDPE. A diferencia del PVC, pequeñas cantidades de PLA que entran en el proceso de extrusión no son catastróficas.
- **Los aditamentos de PVC son perjudiciales para el reciclado.** El PVC se hunde en el tanque de flotación donde la mayor parte de éste es eliminada del HDPE. Debido a que el tanque de flotación es imperfecto, incluso una muy pequeña cantidad de PVC que entre al extrusor causa problemas severos de calidad y rendimiento. El PVC se degrada a temperaturas de extrusión de HDPE y hace que grandes cantidades de HDPE reciclado sean inservibles.

➤ **CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE RESINA (RIC)**

Se promueve el uso correcto del símbolo del Código de Identificación de Resina del tamaño apropiado detallado en la norma ASTM D7611.



The Association of  
Plastic Recyclers